Institut für Wassergüte, Ressourcenmanagement und Abfallwirtschaft
Technische Universität Wien

Gefährdung durch Deponien und Altablagerungen im Hochwasserfall - Risikoanalyse und Minimierung

Projekt GEDES

Vorwort

Der vorliegende Endbericht mit dem Titel

„Gefährdung durch Deponien und Altablagerungen im Hochwasserfall – Risikoanalyse und Minimierung (GEDES)“

wurde im Rahmen des gleichnamigen Projektes vom Institut für Wassergüte, Ressourcenmanagement und Abfallwirtschaft der TU Wien und seinen Projektspartner erarbeitet. Die Institutionen der Projektspartner sowie die zuständigen Bearbeiter und Funktionen sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

Das Ziel des gegenständlichen Projektes war die Beurteilung der Hochwasserexposition von Deponien und Altablagerungen und der im Überflutungsfall davon ausgehenden Umweltgefährdungen.

Generell lassen sich die Ergebnisse des Projektes wie folgt zusammenfassen:
Knapp ein Drittel aller untersuchten Deponie- und Altablagerungsstandorte wurden als potentiell hochwassergefährdet eingestuft, wobei ein geringer Teil der Deponien und Altablagerungen über technische Hochwasserschutzmaßnahmen verfügt. Im Hochwasserfall ist in Abhängigkeit der lokalen Verhältnisse (z.B. Größe der Deponie bzw. Altablagerung, Flussmorphologie) und der sich daraus ergebenen Emissionen, die jene unter herkömmlichen Betriebsbedingungen um ein Vielfaches übersteigen (Faktor 10^2 bis 10^9), mit Beeinträchtigungen von Schutzgütern (Grundwasser, Naturschutzgebiete) zu rechnen.

Tabelle 1 – Projektskonsortium

Institution	Projektspartner	Funktion	Zuständigkeit
Institut für Wassergüte, Ressourcenmanagement und Abfallwirtschaft TU Wien	Dr. Johann Fellner DI David Laner Univ. Prof. Dr. Paul H. Brunner	Projektleitung und -koordination Beurteilung der Hochwassergefährdung der einzelnen Standorte Entwicklung von Stofffreisetzungsszenarien	Leitung und Koordination Arbeitspaket 1 (Teilbericht 1)
Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und konstruktiven Wasserbau Universität für Bodenkultur	Univ. Prof. Hans Peter Nachtnebel Ao. Univ. Prof. Hubert Holzmann DI Clemens Neuhold DI Ulrich Haberl DI Bianca Kahl Bakk. Andrea Bichler	Mitarbeit bei der Abschätzung der Hochwassergefährdung anhand von GIS-Abfragen Hochwasserabflusssimulationen und Detailuntersuchungen von gefährdeten Standorten	Arbeitspaket 1 (Teilbericht 1) Arbeitspaket 2 (Teilbericht 2)

Umweltbundesamt GesmbH	DI Christian Kolesar Robert Siller	Datenerhebung von Altablagerungsstandorten und Auswertung	Arbeitspaket 1 (Teilbericht 1)
Institut für Wirtschaftmathematik, TU Wien	Univ. Prof. Uwe Schmock Dipl.-Math. Barbara Dengler	Versicherungsmathematische Analysen	Arbeitspaket 2 (Teilbericht 3)
Amt der NÖ Landesregierung Abteilung Wasserwirtschaft	Dr. Fritz Reichel	Datenerhebung von Deponiestandorten	Arbeitspaket 1 (Teilbericht 1)
Amt der OÖ Landesregierung Abteilung Umwelt- und Anlagentechnik	Dr. Wolfgang Lantschbauer	Datenerhebung von Deponiestandorten	Arbeitspaket 1 (Teilbericht 1)

Danksagung

Das Projekt „Gefährdung durch Deponien und Altablagerungen im Hochwasserfall – Risikoanalyse und Minimierung (GEDES)“ wurde im Rahmen des Sicherheitsforschungsprogramms „KIRAS“ (initiiert durch das Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie) durchgeführt. Zusätzlich wurde das Projekt vom Bundesministerium für Land-, Forst-, Umwelt- und Wasserwirtschaft (BMLFUW) gefördert.
Die Autoren bedanken sich für die gewährte Unterstützung und das Management des Förderprogramms durch die österreichische Forschungsförderungsgesellschaft (FFG).

lebensministerium.at

Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie

FFG

KIRAS SICHERHEITSFORSCHUNGSPROGRAMM

Gefährdung durch Deponien und Altablagerungen im Hochwasserfall - Risikoanalyse und Minimierung (GEDES)

Dokumentation zum Arbeitspaket 1

Erhebung relevanter Deponie- und Altablagerungsstandorte (inklusive des freisetzbaren Stoffpotentials)

Institut für Wassergüte, Ressourcenmanagement und Abfallwirtschaft

David Laner
Johann Fellner
Paul H. Brunner

Gefördert im Zuge von KIRAS
und durch das Lebensministerium

Wien, 2008

Projektleitung
Johann Fellner (IWA)

Projektbearbeitung
David Laner (IWA)
Clemens Neuhold (IWHW)
Christian Kolesar (UBA)
Robert Siller (UBA)

Grafische Gestaltung und Layout
Inge Hengl (IWA)

Impressum
Technische Universität Wien
Institut für Wassergüte, Ressourcenmanagement und Abfallwirtschaft
A-1040 Wien, Karlsplatz 13/226
Tel.: +43 1 58 801 226 41 (Sekr.)
Fax.: +43 1 504 22 34
E-Mail: aws@iwa.tuwien.ac.at
http://www.iwa.tuwien.ac.at

Kurzfassung

Das Ziel des gegenständlichen Projektes ist es, die von Deponien und Altablagerungen im Hochwasserfall ausgehende Umweltgefährdung zu beurteilen. Dazu wurde im ersten Schritt (Arbeitspaket 1) erhoben wie viele Deponie- und Altablagerungsstandorte in Österreich überschwemmungsgefährdet sind und welche Emissionsfrachten in die Umwelt im Fall einer Überflutung zu erwarten sind.

Als Grundlage zur Abschätzung der Hochwassergefährdung dienten einerseits Informationen zu den Standorten von Deponien und Altablagerungen und andererseits Angaben zu Hochwasserrisikozonen (HORA), in denen flächendeckend für Österreich Hochwasserabflussgebiete mit Wiederkehrintervallen von 30, 100 und 200 Jahren ausgewiesen werden. In Abhängigkeit der Lage des Deponie- bzw. Altablagerungsstandortes zu den Hochwasserrisikozonen werden drei Kategorien von Hochwassergefährdungen unterschieden: gefährdet, eventuell gefährdet und wahrscheinlich nicht gefährdet. Gefährdete und eventuell gefährdete Standorte befinden sich entweder innerhalb eines Hochwasserabflussgebietes oder in untermittelbarer Nähe zu einem. Für Deponien- und Altablagerungen, die potentiell von einem Hochwasser betroffen sein können (d.h. sie wurden als gefährdet oder eventuell gefährdet klassifiziert), wurden anhand verschiedener Stofffreisetzungsszenarien mögliche Emissionspotentiale abgeschätzt. Die entwickelten Szenarien reichen von einer verstärkten Mobilisierung von Schadstoffen durch Lösungsprozesse bis hin zur vollständigen Erosion der Deponie. Die ermittelten Emissionspotentiale werden in der Folge zur Beurteilung der Umweltgefährdung von überfluteten Deponien herangezogen.

Aus einer Stichprobe von 131 Deponien und 961 Altablagerungen wurden etwas mehr als 30 % der Deponie- und Altablagerungsstandorte als potentiell hochwassergefährdet ausgewiesen, wobei sich ein Drittel dieser Standorte innerhalb eines potentiellen Hochwasserabflussgebietes mit 30-jährigem Wiederkehrintervall befindet. Die hochwassergefährdeten Standorte weisen nur zu einem geringen Anteil (vor allem noch in Betrieb befindliche Deponien) technische Hochwasserschutzmaßnahmen auf.

Mögliche Emissionen aus einer Hausmüllablagerung während eines Hochwasserereignisses schwanken je nach Stofffreisetzungsszenario und betrachtetem Stoff um 2 – 4 Größenordnungen, was die Unsicherheit im Zusammenhang mit dem Verständnis des Deponiekörpers im Überflutungsfall verdeutlicht. Allerdings ist festzuhalten, dass unabhängig vom betrachteten Szenario die Deponieemissionen während eines Hochwasserereignisses jene unter herkömmlichen (teilgesättigten) Verhältnissen um ein Vielfaches übersteigen (Faktor 10^2 bis 10^9).

Inwiefern diese Emissionen auch tatsächlich zu einer Umweltbeeinträchtigung führen, wird im Rahmen von Arbeitspakt 2 anhand von drei hochwassergefährdeten Standorten untersucht. Aus den Ergebnissen dieser Untersuchungen sind Rückschlüsse auf die generelle Umweltrelevanz des Themas zu erwarten.

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung 1

2 Ziele und Fragestellungen 3

3 Material und Methoden 5

3.1 Begriffsbestimmung 5

3.2 Erfasste Deponiestandorte und Altablagerungen 5

3.2.1 Deponien 5

3.2.2 Altablagerungen 6

3.3 Beurteilung der Hochwassergefährdung der erfassten Standorte 7

3.3.1 Deponien – Visuelle Beurteilung der potentiellen Hochwassergefährdung 7

3.3.2 Altablagerungen – Beurteilung der Hochwassergefährdung anhand automatisierter Abfragen des HORA-Datensatzes 8

3.4 Beurteilung der Gefährdung durch Grundwassereinstau 12

3.5 Abschätzung des „Stabilisierungsgrades“ und des möglichen Emissionspotential 13

3.6 Stofffreisetzungsszenarien 16

3.6.1 Entwicklung der Szenarien 16

3.6.2 Berechung der Stofffreisetzungen 21

4 Resultate und Diskussion 25

4.1 Potentielle Hochwassergefährdung der Standorte 27

4.1.1 Deponien 27

4.1.2 Altablagerungen 30

4.1.3 Aufgetretene Schäden an Deponien und Altablagerungen im Zuge des Hochwasserereignisses 2005 in Vorarlberg 32

4.2 Gefährdung der Standorte durch Grundwassereinstau 34

4.3 Stabilisierungsgrad und Emissionspotential 37

4.4 Stofffreisetzungsszenarien 40

4.4.1 Potentiell hochwassergefährdete Deponien 41

4.4.2 Potentiell hochwassergefährdete Altablagerungen 43

4.4.3 Diskussion der berechneten Emissionsfrachten 45

5 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen 47

6 Literatur 51

6.1 Rechtsquellen 54

7 Anhang 55
7.1 55
7.2 Erfasste Deponiestandorte..... 55
7.3 Erfasste Altablagerungsstandorte 58
7.4 Vergleich der Gefährdungsklassifikationen visuell – automatisiert 64
7.5 Potentielle Hochwassergefährdung von Deponien 66
7.6 Potentielle Hochwassergefährdung von Altablagerungen..... 67
7.7 Detailinformation zu potentiell hochwassergefährdeten Deponiestandorten 70
7.8 Detailinformation zu potentiell hochwassergefährdeten Altablagerungen 73
7.9 Mögliche Stofffreisetzungen aus potentiell hochwassergefährdeten Deponien 80
7.9.1 Mögliche Stofffreisetzungen aus potentiell hochwassergefährdeten Altablagerungen 84

1 Einleitung

In Österreich lagern auf existierenden Deponien etwa 50 Mio. Tonnen Siedlungsabfälle (Hausmüll) (Stand 2006: berechnet nach UBA (1998)) sowie ein Mehrfaches an Baurestmassen. Das Gefährdungspotential dieser Deponien wird einerseits vom ursprünglichen Stoffinventar der abgelagerten Abfälle und andererseits vom Wasser- und Stoffhaushalt der Ablagerung bestimmt.

Verschiedenste Studien der letzten Jahrzehnte zeigen, dass die Umweltgefährdung, die von konventionellen Hausmülldeponien ausgeht, über Jahrhunderte andauert (z.B.: Baccini et al., 1987; Stegmann & Heyer, 1995; Ehrig & Krümpelbeck, 2001). Aus neuesten Forschungsergebnissen (z.B.: Bendz, 1998; Döberl et al., 2002) ist weiters bekannt, dass der Wasserhaushalt und damit verbunden auch das aktuelle und zukünftige Emissionsverhalten von Deponie entscheidend durch die Heterogenität des Deponiekörpers beeinflusst wird. Diese Heterogenität bedingt, dass Deponien überwiegend auf Präferenzwegen durchströmt (z.B.: Zeiss & Major, 1993, Rosqvist, 1999) werden, was zur Folge hat, dass nur jenes Schadstoffpotential im unmittelbaren Bereich der präferentiellen Sickerwege mobilisiert wird (Fellner, 2004). Im Überschwemmungsfall ist allerdings davon auszugehen, dass sich die hydraulischen Verhältnisse im Deponiekörper drastisch ändern, zumindest partielle Wassersättigung eintritt, und ein großes, zuvor am Wasserhaushalt nicht partizipierendes Schadstoffpotential mobilisiert werden kann. Als Folge sind, wegen dem sehr großen in Deponien gelagerten Potential, massive Kontaminationen von Grund- und Oberflächenwässern möglich. Des Weiteren kann die im Überschwemmungsfall eintretende partielle Sättigung des Deponiekörpers zu Standsicherheitsproblemen führen. Der bei Sättigung in der Deponie auftretende Porenwasserdruck bewirkt eine drastische Reduzierung der Scherfestigkeit des abgelagerten Abfalls (Ziehmann, 2002). Als Folge sind Scher- oder Gleitbrüche der Deponie mit Massenbewegungen ähnlich derer bei Hangrutschungen zu erwarten. Derartige Massenbewegungen wurden bereits auf mehreren Deponien, die teils mit katastrophalen Folgen verbunden sind (z.B.: Deponie Hekimbası bei Istanbul mit 39 Toten), beobachtet.

Bisweilen bestehen jedoch keine Untersuchungen über das mechanische als auch chemische Verhalten des Deponiekörpers im Fall der vollständigen Wassersättigung. Alle bisherigen Forschungsarbeiten zum Thema Deponie beschränkten sich auf den Regelbetrieb und ließen Ausnahmezustände wie beispielsweise Überschwemmungen außer Acht.

Trotz des Errichtungsverbotes von Deponien in Hochwasserabflussgebieten (gemäß §12 der Deponieverordnung, 1996) sind Überschwemmungen von Deponien und Altlasten aus folgenden Gründen wahrscheinlich:

- In der Vergangenheit (vor in Kraft treten der DVO 1996) wurden Deponien (jetzige Altablagerungen) teilweise im Hochwasserabflussgebiet errichtet.
- Das Ausschlussgebiet für die Errichtung beschränkt sich auf eine Fläche, die bei 30-jährlichen Hochwässern überflutet wird. Aufgrund der langen Aufenthaltsdauer (Jahrhunderte bis Jahrtausende) des Bauwerks Deponie ist selbst bei einem 100-jährlichen „Hochwasserschutz" des Standortes mit einer mehrmaligen Überschwemmung des Deponiekörpers zu rechnen.
- Klimatische Veränderungen können zu einer Häufung von Hochwasserereignissen und damit auch zu einer Ausweitung der statistisch mit einer bestimmten jährlichen Häufigkeit überfluteten Gebiete führen, was wiederum bedeutet, dass Flächen die bisher (mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit) als „überschwemmungssicher" galten zukünftig von Hochwässern betroffen sein können.

2 Ziele und Fragestellungen

Das Ziel des gegenständlichen Projektes ist es potentiell hochwassergefährdete Deponie- und Altablagerungsstandorte in Österreich zu erheben und die im Fall einer Deponieüberflutung ausgehende Umweltgefährdung abzuschätzen. Letzteres wird am Beispiel einzelner überflutungsgefährdeter Deponiestandorte (im Zuge von Arbeitspaket 2) dokumentiert.

Konkret soll dabei untersucht werden:

- Wie viele Deponien und Altablagerungen in Österreich mittel- bis langfristig als überschwemmungsgefährdet anzusehen sind?
- Wie viele Standorte davon durch Hochwasserschutzmaßnahmen geschützt sind?
- Welches Schadstoffpotential im Überschwemmungsfall freigesetzt werden könnte?
- *Welche negativen Auswirkungen auf Schutzgüter im Schadensfall zu erwarten sind (exemplarisch für 3 gefährdete Standorte)? (Gegenstand von Arbeitspaket 2)*

3 Material und Methoden

3.1 Begriffsbestimmung

Deponie – Altablagerungen

Altablagerungen sind nach dem Altlastensanierungsgesetz (ALSAG, BGBl. Nr. 299/1989) Ablagerungen von Abfällen, die befugt oder unbefugt durchgeführt wurden (Ablagerungszeitraum: überwiegend vor 1989).
Unter Deponien sind folge dessen all jene Standorte angeführt, die entsprechend der Deponieverordnung betrieben wurden und in denen vorwiegend nach der Einführung des ALSAG, also nach 1989, Abfälle abgelagert wurden.

3.2 Erfasste Deponiestandorte und Altablagerungen

3.2.1 Deponien

Für die Abschätzung der Hochwassergefährdung wurden sowohl in Betrieb befindliche Deponien als auch für bereits geschlossene Deponien erfasst, wobei sich die Standortrecherche auf Deponien konzentrierte, auf denen überwiegend Abfälle mit hausmüllähnlicher Zusammensetzung abgelagert wurden. Zusätzlich zu den „klassischen" Hausmülldeponien (Massenabfalldeponien gemäß DVO 1996) wurden auch Standorte von Reststoffdeponien erfasst.

Ausgangspunkt für die Recherche der Deponiestandorte bildeten Veröffentlichungen des Umweltbundesamtes. Konkret wurden dabei alle Deponien erfasst, die seit der Erstellung des Bundesabfallwirtschaftsplan 1992[1] (BAWP 1992) in verschiedensten Berichten des UBA dokumentiert wurden (Lunzer et al. 1998, Rolland & Oliva 2004, BAWP 2006). Des Weiteren wurden Informationen zu Deponien auch anhand von Abfragen der Anlagendatenbank des Umweltbundesamtes, aus den Wasserbüchern der jeweiligen Bundesländer, sowie aus dem Altlastenkataster erhoben. Außerdem fanden sich in zahlreichen Publikationen auf Länderebene Daten zu Deponiestandorten (z.B. Land Kärnten

[1] *Im BAWP 1992 sind ca. 70 Deponiestandorte in Tirol aufgelistet, die zum Großteil in dieser Studie nicht berücksichtigt wurden. Diese klassischen „Gemeindedeponien" wurden nur im BAWP 1992 erwähnt und es sind kaum Informationen zu deren genauer Lage, Ablagerungshistorie, technischer Ausführung usw. verfügbar. Da die betreffenden Deponien nun bereits seit Jahrzehnten geschlossen sind, sollten sie großteils, sofern relevant, im Altlastenkataster des Umweltbundesamtes erfasst worden sein und daher durch die Recherchen des Umweltbundesamtes erfasst werden (vgl. BMLFUW 2007).*

2000, Flögl 2002, Landesrechnungshof Tirol 2002, Burgenländischer Müllverband 2005, Land Niederösterreich 2005, Land Vorarlberg 2005a). In einigen Fällen konnte anhand der verfügbaren Quellen die genaue Lage der Deponie nicht eruiert werden, für diese Standorte wurden die jeweiligen Deponiebetreiber einzeln kontaktiert.

Die zusammengestellte Liste von 131 Deponiestandorten in Österreich (siehe Anhang 7.1), erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit, vor allem im Hinblick auf bereits geschlossene Deponien und Reststoffdeponien. Es sind in dieser Liste primär jene geordneten Deponien erfasst, die seit der Veröffentlichung des Bundesabfallwirtschaftsplans 1992 dokumentiertet wurden (siehe Literaturquellen oben). Zum Teil beinhaltet die Aufstellung auch Deponien, die als Altablagerung zu klassifizieren sind. Jene Standorte werden folglich auch in Abschnitt 3.2.2 angeführt. Die „Doppelerfassung" ergibt sich daraus, dass diese Standorte in den verwendeten Literaturquellen als Deponien ausgewiesen wurden. Generell sollen Deponiestandorte, die bereits vor 1.7.1989 geschlossen wurden, sofern relevant, durch die Abfragen aus den Datenbanken des Umweltbundesamtes erfasst werden (siehe den folgenden Abschnitt).

3.2.2 Altablagerungen

Mit 1. Jänner 2007 waren rund 5.000 Altablagerungen in der Datenbank des Umweltbundesamtes erfasst (Skala et al. 2007). Die Daten wurden zum Teil im Zuge von Projekten zur systematischen Erfassung von Altablagerungen erhoben oder von den jeweils zuständigen Ämtern der Landesregierungen direkt an das Lebensministerium gemeldet. Es wird geschätzt, dass in Österreich insgesamt 7.450 Altablagerungen existieren. Dies würde eine derzeitigen Erfassungsgrad von 67 % bedeuten (Skala et al. 2007), wobei der Erfassungsgrad in den östlichen Bundesländern deutlich höher ist als den westlichen Teilen Österreichs.

Für das gegenständliche Projekt wurden alle dem Umweltbundesamt bekannten Altablagerungen mit einem Volumen von größer 25.000 m³ betrachtet, mit Ausnahme von Ablagerungen mit überwiegenden Anteilen an Bodenaushub und Abraummaterial sowie Bauschutt (vorwiegend mineralische Abfälle). Unter Verwendung der genannten Kriterien (Volumen und abgelagertes Material) wurden Altablagerungen mit hausmüllähnlichen Abfällen (inkl. Informationen über deren geographische Lage) für die weiteren Bearbeitungsschritte selektiert.

3.3 Beurteilung der Hochwassergefährdung der erfassten Standorte

Die Abschätzung der potentiellen Hochwassergefährdung von Deponien und Altablagerungen erfolgt anhand des Datensatzes „Hochwasserrisikoflächen Austria (HORA)“ der vom Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW 2006) zur Verfügung gestellt wird. In HORA werden Überschwemmungsgebiete für Hochwasserabflüsse der Jährlichkeiten T=30 (Zone 1), T=100 (Zone 2) und T=200 (Zone 3) für ganz Österreich ausgewiesen[2]. Die Hochwasserrisikozonen stellen das Gefährdungspotential bei Versagen der bestehenden Schutzmaßnahmen (z.B. bei einem Dammbruch) dar. Eventuell vorhandene Hochwasserschutzmaßnahmen werden also in diesem ersten Schritt der Beurteilung der Hochwassergefährdung nicht berücksichtigt. Obwohl HORA zur großmaßstäblichen Ermittlung von Hochwasserrisikoflächen konzipiert wurde, besteht die Möglichkeit auch auf kleinmaßstäblicher Ebene eine Grobabschätzung der Hochwassergefährdung einzelner Deponiestandorte vorzunehmen.

Die Erhebung der potentiellen Hochwassergefährdung erfolgt für jeden Deponiestandort visuell, durch die Betrachtung des Luftbildes inklusive der dargestellten Hochwasserrisikoflächen (siehe Abschnitt 3.3.1). Für die sehr viel größere Anzahl an Altablagerungsstandorten erfolgt eine automatisierte Abfrage des Überflutungsrisikos, durch das Verschneiden von Punktkoordinaten mit ausgewiesenen Hochwasserrisikoflächen in einer eigenen GIS-Anwendung (siehe Abschnitt 3.3.2). Um eine einheitliche Gefährdungsklassifikation vorzunehmen, werden die Zuordnungskriterien aus der visuellen Beurteilung auf die Ergebnisse der automatisierten Abfragen umgelegt (siehe dazu Abbildung 3-2) und entsprechende Zuordnungskriterien abgeleitet.

3.3.1 Deponien – Visuelle Beurteilung der potentiellen Hochwassergefährdung

Die Hochwassergefährdung der erfassten Deponiestandorte wird anhand von Geografischen Informationssystemen mit entsprechenden Daten zu Hochwasserabflussgebieten visuell ermittelt. Die Gefährdungsklassifikation im Zuge der Grobabschätzung erfolgt auf Basis des web-basierten Informationssystems „Hochwasserrisikoflächen Austria (eHORA)“ (siehe http://gis.lebensministerium.at/ehora/). Für jeden erfassten Deponiestandort wird dabei das Luftbild aus eHORA ausgewertet und anhand der eingezeichneten Hochwasserrisikoflächen, die potentielle Hochwassergefährdung beurteilt. Auf diese Weise ist eine erste Abschätzung der poten-

[2] *Teile von Ballungszentren wie beispielsweise Wien, Graz und Linz wurden von HORA ausgenommen, d.h. für in diesen Ballungsräumen sind teilweise keine Abschätzungen möglich.*

tiellen Hochwassergefährdung der erhobenen Deponiestandorte, basierend auf den HORA-Daten, möglich[3].

Tabelle 3-1: Gefährdungsklassifikation für Deponien basierend auf der visuellen Beurteilung anhand von eHORA

Kategorie	Zuordnungskriterien
wahrscheinlich nicht gefährdet	Standorte, die nicht in der Nähe oder zumindest nicht in unmittelbarer Nähe von ausgewiesenen Hochwasserabflussgebieten liegen.
eventuell gefährdet	Die Deponie liegt unmittelbar neben einem HW-Abflussgebiet oder wird von Hochwässern mit einer Jährlichkeit von 100 oder 200 Jahren bereits teilweise überflutet.
gefährdet	Die Deponie wird bereits durch Hochwässer mit einer Jährlichkeit von 30 Jahren zumindest teilweise überflutet.

Die Grobabschätzung der Hochwassergefährdung der erfassten Deponiestandorte erfolgt anhand der gewählten Gefährdungsklassifizierung, wobei die Kategorien „wahrscheinlich nicht gefährdet", „eventuell gefährdet" und „gefährdet" unterschieden werden (siehe Tabelle 3-1). Als potentiell gefährdete Standorte gelten Deponien die einer der Kategorien „eventuell gefährdet" oder „gefährdet" zugeordnet werden können. Die darunter befindlichen Deponien, auf denen primär Abfälle mit hausmüllähnlicher Zusammensetzung abgelagert wurden, werden in weiterer Folge im Zuge von Detailerhebungen genauer betrachtet. Ziel dieser Erhebungen ist es Information über die noch vorhandene Reaktivität der abgelagerten Abfälle („Stabilisierungsgrad") zu gewinnen und darauf basierend eine Abschätzung für das im Überschwemmungsfall freisetzbare Stoffpotential vorzunehmen.

3.3.2 Altablagerungen – Beurteilung der Hochwassergefährdung anhand automatisierter Abfragen des HORA-Datensatzes

Die für Deponien beschriebene Gefährdungsklassifikation basiert auf einer visuellen Beurteilung anhand des webbasierten GIS „eHORA". Für die Grobabschätzung der Hochwassergefährdung von Altablagerungen, deren Anzahl die Menge an Deponiestandorten bei weitem übersteigt, empfiehlt es sich eine automatisierte Bearbeitung bzw. Abfrage des HORA Datensatzes anzuwenden. Das heißt die Beurteilung erfolgt zwar basierend auf demselben Datensatz, aber durch automatische Bearbeitung. Es wird nicht jeder Standort visuell beurteilt, sondern die Standortkoordinaten mit den ausgewiesenen Hochwasserrisikoflächen aus HORA

[3] *Eine Detailbetrachtung der Hochwassergefährdung der Deponiestandorte, erfolgt im Zuge von Arbeitspaket 2, in dem unter anderem Hochwasserabflusssimulationen für wenige ausgewählte Deponien durchgeführt werden und die tatsächlichen Gefahren durch eine Überflutung dieser Standorte abgeschätzt werden.*

verglichen und festgestellt ob sich die Altablagerung bzw. Teile davon innerhalb der Hochwasserrisikoflächen liegen. Diese Vorgehensweise ist notwendig, da eine visuelle Einzelbeurteilung jedes Standortes, aufgrund der hohen Anzahl an Altablagerungen, einen enormen Zeitaufwand erfordern würde.
Anhand der automatisierten Abfragen ist es sowohl möglich einzelne Punktkoordinaten die direkt in einem potentiellen Hochwasserabflussgebiet liegen auszuweisen, als auch festzustellen ob sich in einem bestimmten Umkreis um die Koordinaten eine Hochwasserrisikofläche befindet (siehe z.B. Abbildung 3-1 und auch Abbildung 3-2). Hier muss allerdings angemerkt werden, dass sich die Abfrage eines beliebigen (Umkreis)-Radius immer auf die HQ200-Risikofläche[4] bezieht. Das erklärt beispielsweise, warum es möglich ist dass Koordinaten, die sich in einem HQ30-Risikogebiet befinden, bei einer Abfrage mit Radius 50 m nicht erfasst werden können.[5]

Um eine konsistente Klassifizierung der potentiellen Hochwassergefährdung, sowohl für Deponien als auch für Altablagerungen zu ermöglichen, ist es notwendig die visuelle Klassifizierung auf die Ergebnisse der automatisierten Abfragen des HORA-Datensatzes umzulegen (siehe Abbildung 3-2 und Tabelle 3-2).

[4] HQ200-Riskiofläche entspricht der Flächendifferenz aus den Überflutungsflächen bei einem 200-jährlichen Hochwasserereignis und einem 100-jährlichen Hochwasserereignis; anlog dazu ist die HQ100-Risikofläche zu verstehen: Flächendifferenz der Überflutungsflächen bei einem 100-jährlichen Hochwasserereignis und einem 30-jährlichen Hochwasserereignis (siehe Abbildung 3-1)

[5] Es wäre beispielsweise möglich, dass durch den Radius 50 m die HQ200-Risikofläche noch nicht erreicht wird, falls die HQ30- bzw. HQ100-Risikoflächen eine entsprechende Ausdehnung aufweisen.

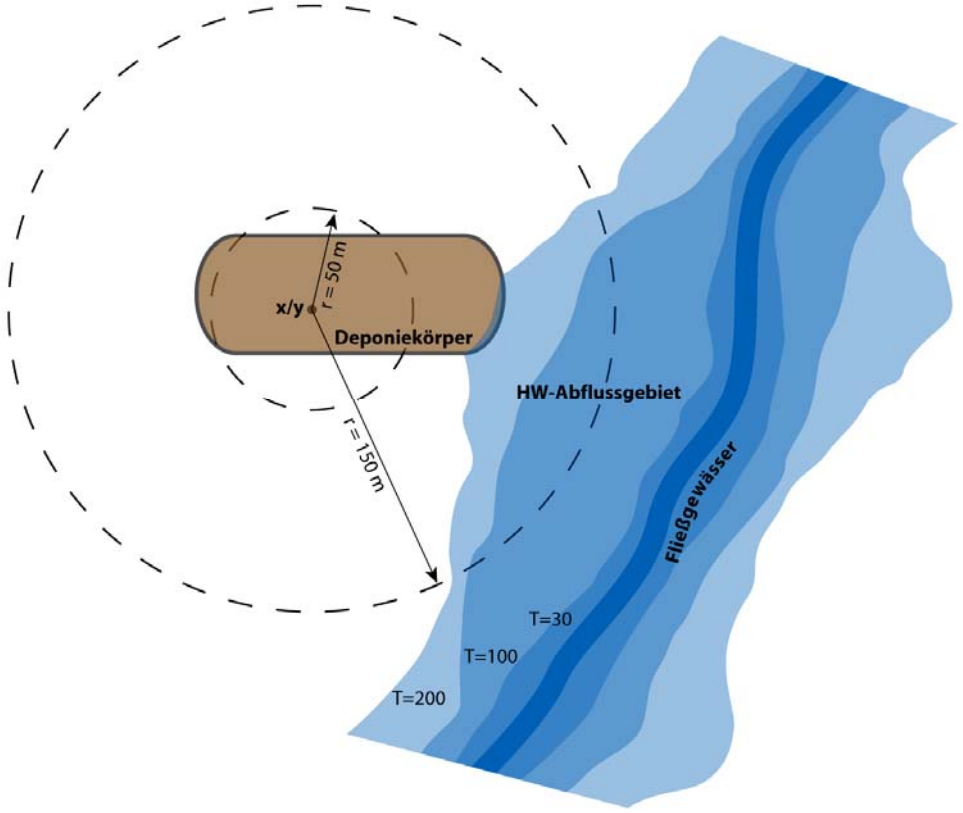


Abbildung 3-1 Schematische Darstellung der automatisierten Abfrage von Hochwasserrisikozonen (HORA) basierend auf Deponie-Punktkoordinaten

Bei der automatisierten Abfrage von Deponiepunktkoordinaten hinsichtlich ihrer Lage in Hochwasserabflussgebieten werden nur etwa ein Viertel aller visuell als potentiell hochwassergefährdeter Deponiestandorte erfasst (siehe auch Abbildung 3-2). Der Grund dafür ist aller Voraussicht, dass die angegebenen Punktkoordinaten oft dem Mittel- bzw. Hochpunkt einer Deponie entsprechen und dieser Teil des Deponiekörpers im Hochwasserfall nicht überflutet wird. Tiefer liegende Deponiebereiche (rund um den Hochpunkt der Ablagerung) können jedoch sehr wohl von einer Überschwemmung betroffen sein (siehe dazu Abbildung 3-1). Die automatisierte Abfrage mit einer virtuellen „Deponiefläche" in Form eines Kreises mit einem Radius von 150 m (Mittelpunkt des Kreises ist Punktkoordinate der Deponie, siehe Abbildung 3-1) beinhaltet bereits 90 % der aufgrund der visuellen Klassifizierung als „potentiell hochwassergefährdet" ausgewiesenen Standorte. Vergrößert man diesen Radius auf 400 m so werden zwar alle potentiell hochwassergefährdeten Standorte erfasst, andererseits steigt aber auch die Anzahl an Standorten, die in der visuellen Beurteilung nicht als potentiell hochwassergefährdet eingestuft wurden, überproportional an (siehe Abbildung 3-2). So sind nur mehr etwa 75 % der Standorte aus dem Abfrageergebnis auch anhand der visuellen Klassifizierung als potentiell hochwassergefährdet ausgewiesen

worden, die verbleibenden 25 % wurden in der Einzelbeurteilung als wahrscheinlich nicht gefährdet beurteilt. Der Radius von 400 m wird daher für Altablagerungen als Obergrenze für die Abschätzung der Hochwassergefährdung angesetzt, eine potentielle Hochwassergefährdung wird aber nur für Standortkoordinaten angenommen, die im Umkreis von 150 m ein potentielles Hochwasserabflussgebiet aufweisen[6] (siehe Tabelle 3-2). Für diese Standorte kann aufgrund des Vergleiches visuellen Beurteilung mit automatisierten Abfragen für Deponien mit hoher mit hoher Wahrscheinlichkeit von einer potentiellen Hochwassergefährdung ausgegangen werden[7]. Eine detaillierte Aufstellung zum Vergleich der visuellen Beurteilung mit den Ergebnissen der automatisierten Abfragen findet sich im Anhang unter Punkt 7.3.

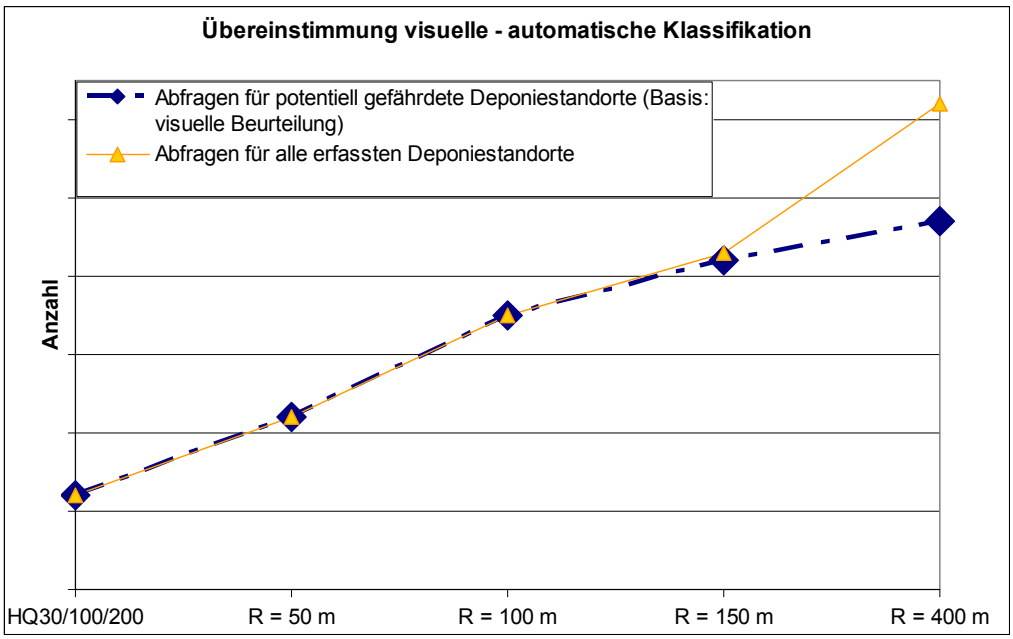


Abbildung 3-2: Abfrageergebnisse für alle potentiell gefährdeten Deponiestandorte (Basis: visuelle Beurteilung) im Vergleich mit Abfrageergebnissen für alle erfassten Deponiestandorte

Basierend auf den Ergebnissen der automatisierten Abfrage im Vergleich zur visuellen Beurteilung, wird die in Tabelle 3-2 angegebene Klassifikation zur Ausweisung der Hochwassergefährdung von Altablagerungen vorgeschlagen. Die Unterteilung erfolgt anhand definierter Abfragekriterien für die angeführten

[6] Da Altablagerungen im mittel eine geringere Ausdehnung besitzen als Deponien, wären bei einer Abfrage mit Radius 400 m wahrscheinlich, mehr „wahrscheinlich nicht gefährdete Standorte" enthalten, als dies bei Deponien der Fall ist.

[7] 98 % der Standorte aus der Koordinatenabfrage mit 150 m Radius wurde auch im Zuge der visuellen Klassifizierung als „potentiell hochwassergefährdet" beurteilt.

Gefährdungskategorien, wobei sich diese mit der Klassifizierung der Hochwassergefährdung von Deponien deckt.

Tabelle 3-2: Gefährdungsklassifikation für Altablagerungen basierend auf automatisierten Abfragen des HORA-Datensatzes

Kategorie	Zuordnungskriterien
wahrscheinlich nicht gefährdet	Als wahrscheinlich nicht gefährdet werden alle Standorte ausgewiesen, die mehr als 150 m von einem Hochwasserabflussgebiet der Jährlichkeit T = 200 entfernt sind.
eventuell gefährdet	Eventuell hochwassergefährdet sind alle Altablagerungen die im Umkreis von max. 150 m ein HW-Abflussgebiet aufweisen.
gefährdet	Als gefährdet werden Altablagerungen ausgewiesen, die direkt in einem Hochwasserabflussgebiet liegen. Diese Kategorie kann durch eine Unterscheidung hinsichtlich der verschiedenen Wiederkehrintervalle noch weiter unterteilt werden.

Als potentiell gefährdete Standorte gelten auch bei Altablagerungen jene Standorte, die den Kategorien „gefährdet“ und „eventuell gefährdet“ zugehören. Die Detailerhebungen, die Stabilisierungsabschätzung und die Ermittlung der möglichen Stofffreisetzungen im Überschwemmungsfall beschränken sich aber in der Folge nur auf Standorte der Kategorie „gefährdet“. Die Standorte der Kategorien „wahrscheinlich nicht gefährdet“ und „eventuell gefährdet“ werden der Vollständigkeit halber angeführt, sind jedoch nicht Gegenstand weiterer Analysen. Die im Vergleich zu den Deponien unterschiedliche Vorgangsweise (hier wurden auch eventuell gefährdete Standorte einer Detailbetrachtung unterzogen) begründet sich durch die Vielzahl an Altablagerungsstandorten, deren Punktkoordinaten bereits in einer Hochwasserrisikofläche liegen.

3.4 Beurteilung der Gefährdung durch Grundwassereinstau

Zusätzlich zur Beurteilung der Hochwassergefährdung von Deponien und Altablagerungen hausmüllähnlicher Zusammensetzung, wird für Deponie- bzw. Altablagerungsstandorte das Risiko eines Grundwassereinstaus abgeschätzt. Erste Informationen hinsichtlich der Gefährdung durch Grundwassereinstau liefern Informationen über den mittleren jährlichen Flurabstandes des Grundwassers (aus HAÖ 3.0 2007) für die erhobenen Standorte. Basierend auf dieser Abfrage können Standorte über Grundwasserkörpern mit geringmächtigen Überdeckungen ausgewiesen werden. Diese Auflistung stellt einen ersten Anhaltspunkt für das potentielle Risiko eines Grundwassereinstaues dar.

Für Ablagerungsstandorte mit ausreichenden Informationen über die Lage, die Sohlkoten und die technische Ausgestaltung (Basisdichtung) können durch eine

Kombination dieser Daten mit Angaben des Grundwassermessstellennetzes über die Lage und Höchststände von Grundwasserkörpern grundwassergefährdete Altablagerungsstandorte identifiziert werden. Die beschriebenen Untersuchungen können im Rahmen des vorliegenden Projektes nur für 46 gefährdete Altablagerungen durchgeführt werden, da nur für diese Standorte die notwendigen Informationen direkt verfügbar sind. Für die erhobenen Deponiestandorte und andere Altablagerungsstandorte erlaubt die schlechte Datenlage hinsichtlich der Grundwasserspiegelhöhen solche Auswertungen nicht. Eine grobe Schätzung des Grundwasserspiegels anhand eines digitalen Höhenmodells und des mittleren Flurabstandes wäre zwar möglich, würde aber durch die große Unschärfe verfügbarer Höhenmodelle (z.B. BEV-Modell ± 6 m) kaum Aussagen über die Gefährdung durch einen Grundwassereinstau zulassen. Zusätzlich besitzen die meisten in Betrieb befindlichen Deponien ein Basisdichtungssystem und weisen somit einen Schutz vor Grundwassereinstau auf.
Aus den genannten Gründen kann das Risiko eines Grundwassereinstaues hier nur für ausgewählte Altablagerungen abgeschätzt werden. Eine detailliertere Analyse des Grundwassereinstaurisikos erfolgt für die Modellstandorte in Arbeitspaket 2.

3.5 Abschätzung des „Stabilisierungsgrades“ und des möglichen Emissionspotential

Die Abschätzung des „Stabilisierungsgrades“, der ein Maß für die vorhandene Restreaktivität der abgelagerten Abfälle darstellt, erfolgt nach der Methode zur Charakterisierung des Stabilisierungsgrades großer Altablagerungen von Döberl et al. (2006). Die Methode dient dazu das zukünftige Emissionspotential von großen Altablagerungen hausmüllähnlicher Zusammensetzung abzuschätzen.

Im Wesentlichen wird das Emissionspotential demnach von drei Faktoren bestimmt:

- vom Stoffpotential, das zum Zeitpunkt der Ablagerung vorhanden war.
- von der Wassermenge, die in den Deponiekörper eingedrungen ist, da Wasser für den Ablauf biochemischer als auch chemisch-physikalischer Prozesse von essentieller Bedeutung ist. Für einen bestimmten Homogenitätsgrad der Wasserströmung in einer Ablagerung gilt, je mehr Wasser den Deponiekörper durchflossen hat, desto geringer ist sein zukünftiges Emissionspotential.
- von der Wasserverteilung im Deponiekörper. Je heterogener eine Ablagerung und damit die Wasserströmung ist, desto höher ist auch das konservierte Restemissionspotential.

Um das Emissionspotential abschätzen zu können, müssen einerseits Daten zu Deponietechnik, Ablagerungshistorie und deponierten Abfällen, sowie andererseits zu den lokalen klimatischen Verhältnissen erhoben werden. Diese Informationen werden zur Ermittlung von Maßzahlen zur Beschreibung des Restemissionspotentials der betreffenden Deponien und Altablagerungen heran gezogen (siehe Kapitel 4.2). Obwohl alle verfügbaren Quellen (siehe Kapitel 3.2) ausgewertet wurden, waren zahlreiche Anfragen an Behörden und Deponiebetreiber erforderlich, um die benötigten Daten zu erheben. In einigen Fällen war eine vollständige Erfassung der Daten nicht möglich. Für diese Standorte müssen im Bedarfsfall weitere Recherchen angestellt und teilweise vereinfachende Annahmen getroffen werden.

Einen wesentlichen Faktor für die Bestimmung des vorhandenen Emissionspotentials in Altablagerungen hausmüllähnlicher Zusammensetzung stellt das korrigierte Wasser-Feststoff-Verhältnis $(W/F)_{korr}$ dar. Diese Verhältniszahl $(W/F)_{korr}$ berücksichtigt die Heterogenität der Wasserströmung im Deponiekörper und erlaubt folge dessen eine Abgrenzung zwischen dem direkt, aufgrund der gegenwärtigen Wasserwegigkeit, zur Verfügung stehenden Emissionspotenzial und dem, bei der derzeitigen Wasserströmung, nicht direkt verfügbaren Emissionspotential.

Das korrigierte W/F-Verhältnis wird basierend auf dem W/F-Verhältnis nach Allgaier & Stegmann (2003) durch die Berücksichtigung des Homogenitätsgrades der Wasserströmung ζ berechnet. Da laut Döberl et al. (2006) ein Zusammenhang zwischen der Homogenität der Wasserströmung und der Ablagerungsmächtigkeit besteht, kann ζ über die Schütthöhe abgeschätzt werden (siehe Abbildung 3-3), wobei mit zunehmender Schütthöhe der Homogenitätsgrad der Wasserströmung abnimmt.

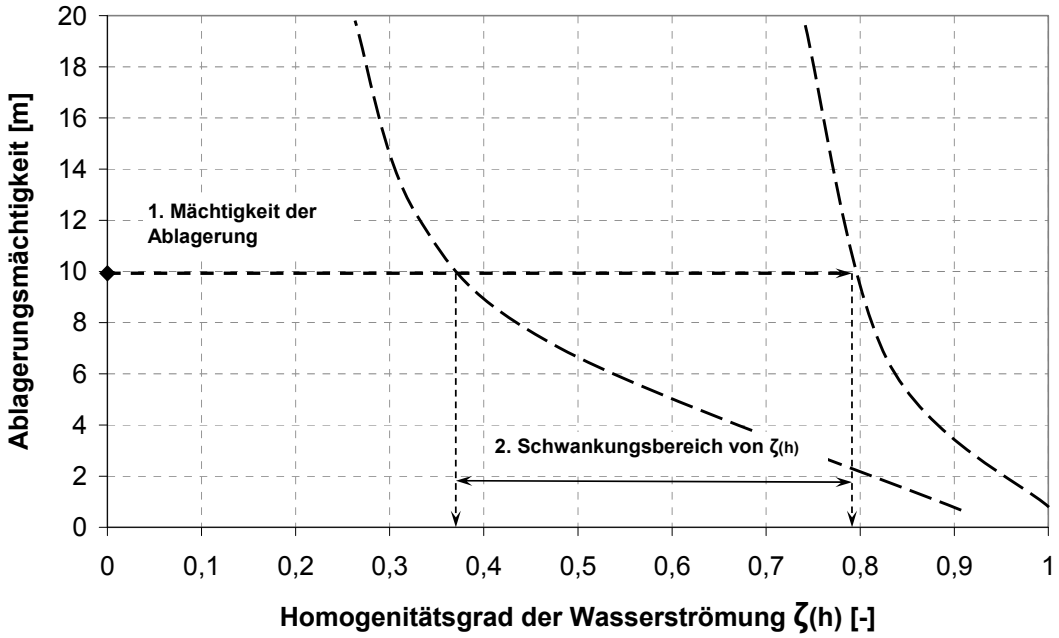


Abbildung 3-3: Homogenitätsgrad der Wasserströmung in Abhängigkeit von der Ablagerungsmächtigkeit (Quelle: Döberl et al. 2006)

Zur Berechnung von $(W/F)_{korr}$ benötigt man daher die mittlere Mächtigkeit einer Ablagerung, die Einbaudichte ρ_{FS}, den mittleren Wassergehalt w des Abfalls, die mittlere Ablagerungsdauer a und die infiltrierte Wassermenge I.
Um die Vorgangsweise zur Ermittlung von $(W/F)_{korr}$ kurz zu erläutern, ist im Folgenden die Berechnung exemplarisch für die Deponie Schüttbach angeführt:

Mittlere Schütthöhe = 10 m, Einbaudichte ρ_{FS} = 1000 kg/m^3, mittlere Wassergehalt des Abfalls w = 40 kg H_2O/100 kg Abfall
→ Trockenmasse m_{TS} = 6000 kg/ m^2

a = 20 Jahre, I = 383,6 l/m²·Jahr (berechnet aus mittlerem Jahresniederschlag und mittlerer aktueller Gebietsverdunstung)
→ W/F_{unkorr} = (I*a)/ m_{TS}) = 1,3 l/kg TS

Der Homogenitätsgrad wird anhand von Abbildung 3-3 mit folgendem Schwankungsbereich abgeschätzt: 0,35 ≤ ζ(h) ≤ 0,80
→ $(W/F)_{korr}$ = 3,7 l/kg TS (mit ζ = 0,35)
→ $(W/F)_{korr}$ = 1,6 l/kg TS (mit ζ = 0,80)

Anhand des Homogenitätsgrades der Wasserströmung lässt sich auch der Volumenanteil der Ablagerung abschätzen, dessen Emissionspotenzial sich seit der Deponierung kaum reduziert hat:

Der Volumenanteil des nicht wasserdurchströmten Bereiches (1- ζ) liegt somit zwischen 20 % (für ζ = 0,80) und 65 % (für ζ = 0,35).

Durch die Kennzahl $(W/F)_{korr}$ kann das verfügbare Emissionspotential des wasserdurchströmten Anteils (ζ) abgeschätzt werden (Döberl et al. 2006):

- Ein $(W/F)_{korr} \leq 1,5$ weist auf eine potentiell emittierende Ablagerung hin. Es ist noch mehr als zwei Drittel des ursprünglich abgelagerten Emissionspotenzials vorhanden.
- Ein $(W/F)_{korr}$ von 1,5 bis 5,0 deutet auf eine aktuell emittierende Ablagerung hin. Das direkt verfügbare Emissionspotential liegt bei 20 bis 70 % des ursprünglich vorhandenen Stoffinventars.
- Ein $(W/F)_{korr} \geq 5,0$ beschreibt eine Ablagerung, bei der weniger als 20 % des ursprünglich abgelagerten Emissionspotentials vorhanden sind. Der wasserdurchströmte Bereich einer solchen Ablagerung kann als weitgehend stabilisiert angesehen werden.

$(W/F)_{korr}$ erlaubt keine Rückschlüsse auf das Emissionspotential des nicht wasserdurchströmten Bereichs der Ablagerung (=nicht direkt verfügbares Emissionspotential). Es ist davon auszugehen, dass in diesem Bereich der Ablagerung (1- ζ) das zum Zeitpunkt der Deponierung vorhandene Emissionspotential nahezu vollständig konserviert wurde. Bei einer Änderung der Wasserverteilung im Deponiekörper bzw. bei veränderter Wasserwegigkeit kann dieser Anteil mobilisiert und emittiert werden. Eine solche Änderung der Wasserströmungsverhältnisse in einer Deponie/Altablagerung ist im Falle einer Überflutung gegeben. Es ist davon auszugehen, dass vormalig nicht wasserdurchströmte Teile der Ablagerung mit Wasser versorgt werden, Abbauprozesse dadurch aktiviert werden und es folge dessen zu einer verstärkten Stofffreisetzung kommt. Aufgrund der plötzlichen Änderung der Wasserverteilung im Ablagerungskörper bei Überflutung bzw. Einstau, spielt der Anteil des nicht wasserdurchströmten Bereiches einer Ablagerung eine wesentliche Rolle bei der Abschätzung des freisetzbaren Stoffpotentials im Hochwasserfall (siehe dazu Kapitel 3.6).

3.6 Stofffreisetzungsszenarien

3.6.1 Entwicklung der Szenarien

Im Hochwasserfall können in einer Deponie Bereiche, die nicht wasserdurchströmt („trocken“) werden, mit Wasser versorgt werden und somit am Emissionsgeschehen der Deponie teilhaben. Diese Bereiche beinhalten noch einen Großteil

des ursprünglich abgelagerten Stoffinventars und besitzen daher ein erhebliches Emissionspotential (siehe Fellner 2004).
Um die im Überflutungsfall freisetzbare Stoffmenge abschätzen zu können, sind Informationen zum abgelagerten Stoffinventar, zum Stabilisierungsgrad bzw. zur Homogenität der Wasserströmung innerhalb der Ablagerung, sowie zum eluierbaren Stoffanteil notwendig.

Untersuchungen zum freisetzbaren Stoffpotential aus gefluteten Deponien sind bisher nur von Grischek (2001) bekannt. Diese Arbeit beschäftigt sich mit dem Einstau aschehältiger Alt-Deponien mit saurem Grundwasser, wobei vor allem der Stoffaustrag bei unterschiedlichen Milieubedingungen (pH-Werte) untersucht wurde. Da der Fokus dieser Studie somit auf der Untersuchung des Säurepufferungsverhaltens anorganischer Abfälle lag, können die gewonnenen Erkenntnisse nicht auf die Überflutung von Deponien mit Abfällen hausmüllähnlicher Zusammensetzung umgelegt werden.
Der Abbau organischer Substanz unter Deponiebedingungen im Falle wassergesättigter Verhältnisse wurde von Hao et al. (2007) anhand von Deponiesimulationsreaktoren untersucht. Diese Studie liefert Hinweise, dass es bei Übersättigung (Wassergehalt des Abfalls größer als dessen Feldkapazität[8]) verstärkt zum Abbau organischer Substanz aus Abfällen kommt. Da die Untersuchungen von Hao et al. (2007) primär das Ziel verfolgten, verschiedene Betriebsarten von Reaktordeponien zu testen, lassen sich aus den Ergebnissen nur sehr eingeschränkt Rückschlüsse auf die Verhältnisse in überfluteten Deponien ziehen. Beispielsweise wurden die Versuche mit frischem, vorsortiertem, locker gelagerten Abfall durchgeführt; Bedingungen, die nicht repräsentativ sind für reale Deponien.

Aufgrund der begrenzten Übertragbarkeit der Ergebnisse der erwähnten Arbeiten auf die gegenständliche Problematik, wird im Zuge des vorliegenden Projektes versucht, basierend auf den theoretisch aus abgelagerten Abfällen freisetzbaren Stoffmengen (siehe Tabelle 3-3) über die Entwicklung von Stofffreisetzungsszenarien eine mögliche Bandbreite an Emissionsfrachten abzuschätzen. Die freisetzbaren Stoffmengen wurden anhand der Resultate von Belevi & Baccini (1989), die basierend auf Auslaugversuchen mobilisierbare Stoffmengen aus deponierten Abfällen (ca. 10 - 15 Jahre alt) bestimmt haben. Für die Zusammensetzung der Abfälle zum Ablagerungszeitpunkt wurde, wenn verfügbar, auf österreichische Daten von Fehringer et al. (1997) zurückgegriffen.

---

[8] *Unter der Feldkapazität versteht man jene maximale Wassermenge, die ein poröses Medium (zB. Boden, oder Abfall) entgegen der Schwerkraft halten kann.*

Die entwickelten Szenarien sind nicht als Abbild der Realität zu verstehen, sondern sollen lediglich Anhaltspunkte für die Beurteilung der Umweltrelevanz von Deponieemissionen im Hochwasserfall liefern.

Tabelle 3-3: Mobilisierbare Stoffmengen aus durchschnittlichem Hausmüll

Stoff	Stoffkonzentration in Hausmüll		Mobilisierbarer Anteil (Quelle: [2])	Mobilisierbare Stoffmenge
	[mg/kg TS]	Quelle	[%]	[mg/kg TS]
C	360.000	[1]	0,7 – 2,4	2.520 – 8.640
N	7.000	[1]	5 – 8	350 – 560
P	1.000	[2]	0,5 – 3,3	5 – 33
Cl	8.700	[1]	14 – 21	1.218 – 1.827
Fe	50.000	[2]	0,04 – 0,08	20 – 40
Cu	400	[2]	0,3 – 1,7	1,2 – 6,8
Zn	1100	[1]	1,2 – 8	13,2 – 88
Pb	810	[1]	0,03 – 0,6	0,243 – 4,86
Cd	11	[1]	0,06 – 0,22	0,0066 – 0,0242
[1] Fehringer et al. (1997) [2] Belevi & Baccini (1989)				

Unsicherheiten bezüglich der freigesetzten Stofffracht bestehen sowohl hinsichtlich der Menge an freigesetzten Stoffen, als auch hinsichtlich des zeitlichen Emissionsverlaufes. In Abbildung 3-4 sind mögliche Emissionsverläufe im Zuge bzw. als Folge eines Hochwassers schematisch dargestellt. Aus den Darstellungen wird deutlich, dass für verschiedene Stoffgruppen ein unterschiedliches Emissionsverhalten zu erwarten ist. Da es bisher keine Studien zur Analyse des Stoffhaushaltes von überfluteten Deponien gibt, sind die qualitativen Angaben in Abbildung 3-4 als Hypothese zu sehen. Das Emissionsverhalten überfluteter Deponien ist sowohl während des Einstaues als auch danach weitgehend unbekannt.

Für folgende Fragestellungen bezüglich des Wasser- und Stoffhaushaltes überfluteter Deponien besteht daher aus Sicht der Autoren dringender Forschungsbedarf:

- Wie verändert sich die Wasserverteilung in einer Deponie im Fall einer oberflächlichen Überflutung bzw. durch einen Grundwassereinstau?
    - Gibt es Deponiebereiche die während des Einstaues nicht bzw. kaum mit Wasser in Kontakt treten (z.B. durch Gaseinschlüsse oder in Folge sehr geringer Durchlässigkeiten)?

- Welche Emissionen treten während eines Hochwasserereignisses (bzw. während eines Grundwassereinstaues) auf und welche erst mit einer bestimmten Verzögerung?

  - Wie verhalten sich diese im Vergleich zu den Emissionen während des Regelbetriebes?

- In welchem Umfang wird durch die Wassersättigung ehemals „trockener" Ablagerungsbereiche der Abbau organischer Verbindungen durch Mikroorganismen stimuliert?
  - Wann und in welchem Umfang treten Emissionen in Folge des initiierten Abbaues organischer Substanz auf?
    - Wie wirkt sich das auf die Sickerwasserzusammensetzung aus?
    - Wie verändern sich die Deponiegasemissionen nach einer Überflutung?
  - Kommt es durch den Abbau organischer Verbindungen in vormals „trockenen" Bereichen zu einer Verringerung des pH-Wertes und damit zu einer erhöhten Schwermetallfreisetzung?

- Welchen Einfluss hat die Überflutung einer Deponie auf ihr langfristiges Verhalten (z.B. Emissionen, Standsicherheit)?

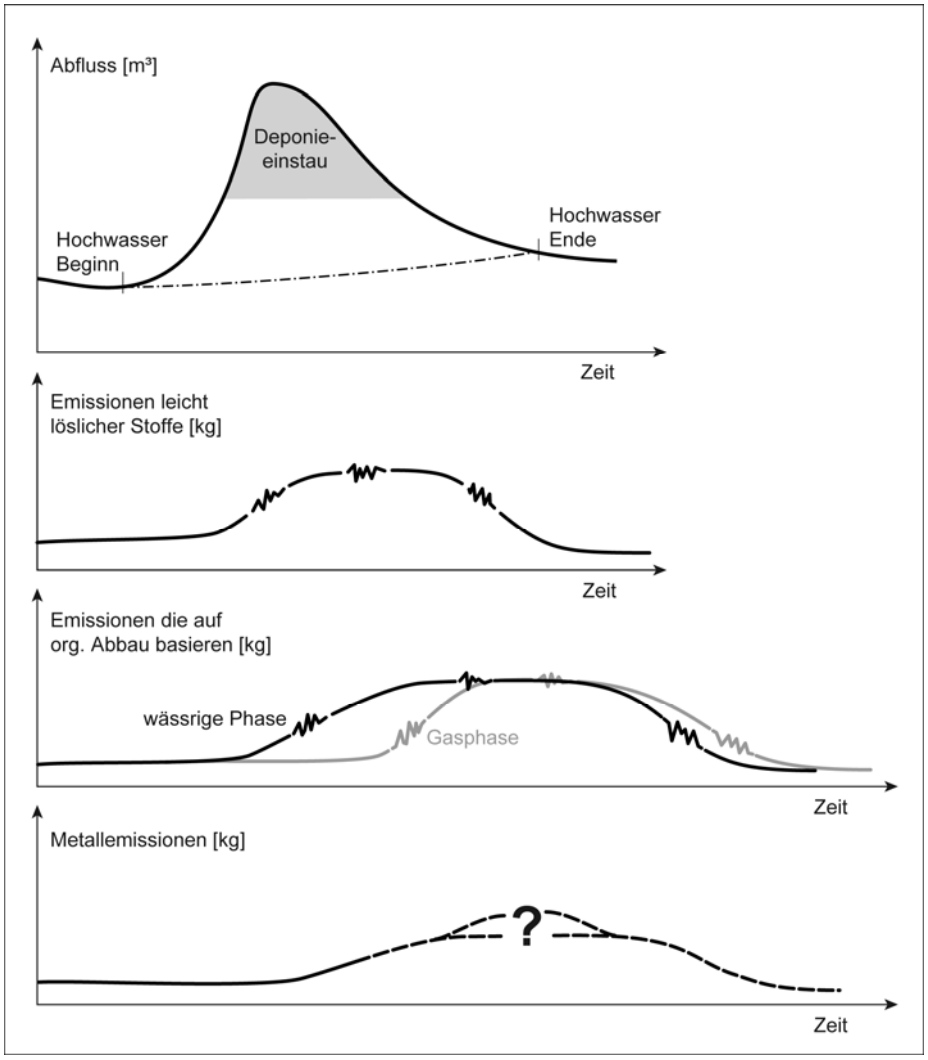


Abbildung 3-4: Schematische Darstellung der Emissionen aus einer überfluteten Deponie (Hypothese)

Aus dem bestehenden Forschungsbedarf lässt sich ableiten, dass eine eingehende Betrachtung des Wasser- und Stoffhaushaltes überfluteter Deponien für eine zuverlässige Prognose der kurz-, mittel- und langfristigen Emissionen jedenfalls notwendig ist.

Die oben angeführten Fragestellungen sind jedoch nicht Gegenstand des vorliegenden Projektes, in dem es mit Hilfe der entwickelten Szenarien ermöglicht werden soll, die Umweltrelevanz der Stofffreisetzungen im Überflutungsfall beurteilen zu können. Die Ermittlung der Stofffreisetzung während eines Hochwasserereignisses beschränkt sich auf die Annahme eines bestimmten Anteiles des gesamten Stoffpotentiales, der während der Überflutung mobilisiert und ausgetragen wird. Die mögliche Initiierung organischer Abbauprozesse, damit verbundene Änderungen in den Milieubedingungen im Reaktor, sowie nicht unmittelbar während der Überflutung auftretende Emissionen werden im Rahmen

dieser Arbeit nicht betrachtet. Diese Fragestellungen gilt es im Rahmen zukünftiger Forschungsvorhaben zu beantworten.

Um der weitgehenden Unkenntnis über das Deponieverhalten und die Stofffreisetzung im Hochwasserfall Rechnung zu tragen, wurden 4 verschiedene Stofffreisetzungsszenarien entwickelt, die die Bandbreite an Emissionen im Überflutungsfall abdecken sollen:

- **Szenario A (Hohe Stofffreisetzung)**
  Der Deponiekörper weist eine äußerst heterogene Wasserdurchströmung auf; während der Überflutung wird das maximal mobilisierbare Stoffpotential (gemäß Belevi & Baccini 1989) ausgetragen.
  $(1 - \zeta)_{\rightarrow max}$; mobilisierbare Stoffmenge $M_{O\ \rightarrow max}$

- **Szenario B (Geringe Stofffreisetzung)**
  Der Deponiekörper weist eine weitgehend homogene Wasserdurchströmung auf; während der Überflutung wird das minimal mobilisierbare Stoffpotential (gemäß Belevi & Baccini 1989) ausgetragen.
  $\zeta_{\rightarrow max}$; mobilisierbare Stoffmenge $M_{O\ \rightarrow min}$

- **Szenario C (Mittlere Stofffreisetzung)**
  Der Deponiekörper weist eine mittlere Homogenität der Wasserdurchströmung auf; während der Überflutung wird die mittlere mobilisierbare Stoffmenge (vgl. Tabelle 3-3) ausgetragen.
  $\zeta_{\rightarrow MW}$; mobilisierbare Stoffmenge $M_{O\ \rightarrow MW}$

- **Szenario D (Stabilitätsverlust und vollständiger Abtrag)**
  Der Deponiekörper wird während des Überflutungsereignisses instabil und daraufhin wegerodiert (siehe dazu Kapitel 4.1.3).
  Das gesamte noch vorhandene Stoffpotential der Ablagerung bzw. Deponie wird während des Überflutungsereignisses freigesetzt

3.6.2 Berechung der Stofffreisetzungen

Szenario A, B und C

Die emittierte Stoffmenge während eines Hochwasserereignisses für einen Stoff i aus einer bestimmten Deponie wird für die Szenarien A - C folgendermaßen berechnet:

$$S_{M,\,i} = V_A * \rho_A * (1-w) * (1 - \zeta)_{Szenario} * M_{O,Szenario}$$

$S_{M, i}$	freigesetzte Stoffmenge des Stoffes i
V_A	Ablagerungsvolumen der betreffenden Deponie
ρ_A	Ablagerungsdichte des Abfalls
(1-w)	Anteil der Trockensubstanz
$(1 - \zeta)_{Szenario}$	Anteil der Deponie der kaum wasserdurchströmt ist (je nach Szenario)
$M_{O,i, Szenario}$	Mobilisierbare Menge von Stoff i bezogen auf das jeweilige Szenario

Aus der oben angeführten Formel erkennt man, dass zur Berechnung der Stofffreisetzung im Zuge der Szenarien A, B und C ausschließlich der Anteil des Deponiekörpers herangezogen wird, der vorher kaum mit Wasser in Kontakt getreten ist. Das Emissionspotential dieses Deponiebereichs hat sich seit der Ablagerung nicht bzw. nur geringfügig reduziert und wird daher für die Berechung der Szenarien A, B und C als dominante Emissionsquelle angesetzt. Im Überflutungsfall sind zwar auch Emissionen aus dem wasserdurchströmten Bereich (ζ) zu erwarten, diese sind aber erwartungsgemäß wesentlich geringer, da hier bereits ein Teil der ursprünglich vorhandenen Stoffe ausgetragen wurde. In Anbetracht der ohnehin sehr großen Unsicherheiten bei der Ermittlung der freigesetzten Stoffmengen, stellt diese Annahme eine zulässige Vereinfachung dar. Außerdem kann davon ausgegangen werden, dass die Verwendung der mobilisierbaren Stoffmenge aus Belevi & Baccini (1989) eine Obergrenze für die, im Überflutungsfall mögliche, Stofffreisetzung darstellt[9].

Szenario D

Höhere Stofffreisetzungen könnten allerdings im Zuge von Erosion während des Hochwassers (vgl. Curtis & Whitney 2003) oder aufgrund von Instabilitäten des Deponiekörpers (vgl. Ziehmann 2002) auftreten. Im Rahmen von Szenario D wird von einer vollständigen Freisetzung des noch im Abfallkörper vorhandenen Stoffpotentials ausgegangen. Es wird angenommen, dass durch die Sättigung des Deponiekörpers die Ablagerung instabil wird und im Laufe des Hochwassers ein Abtrag erfolgt. Die Abschätzungen zum noch vorhandenen Stoffpotential wurden basierend auf Döberl et al. (2002) vorgenommen. Die im Deponiekörper verbliebenen Stoffmengen beziehen sich in diesem Fall auf eine 15 Jahre alte Ablagerung und werden im Rahmen von Szenario D geringfügig vermindert, da das mittlere Alter der Ablagerungen im Bereich von 18 (Deponien) bzw. 35 (Altablagerungen) Jahren liegt:

[9] Die mobilisierbaren Stoffmengen aus Belevi & Baccini (1989) beruhen auf mehrstufigen Auslaugversuchen mit destilliertem Wasser und darin suspendiertem pulverisiertem Abfall. Im Überflutungsfall kommt es nicht zu einem derart intensiven Kontakt von Wasser und abgelagertem Abfall.

Als grobe Näherung wird angenommen, dass sich noch 80 % des Kohlenstoffs, 90 % des Stickstoffs, 90 % des Chlorides, 95 % des Phosphors und jeweils 99 % der Schwermetalle Eisen, Blei, Kupfer, Zink und Cadmium im abgelagerten Abfall befinden. Die Berechnung der Stofffreisetzung für Szenario D basiert auf folgender Formel:

$$S_{M,\,i} = V_A * \rho_A * (1-w) * A_i * C_i$$

$S_{M,\,i}$	freigesetzte Stoffmenge des Stoffes i
V_A	Ablagerungsvolumen der betreffenden Deponie
ρ_A	Ablagerungsdichte des Abfalls
(1-w)	Anteil der Trockensubstanz
A_i	vorhandener Anteil von Stoff i bezogen auf die ursprünglich deponierte Menge
C_i	Stoffkonzentration im Hausmüll (aus Tabelle 3-3)

Die verwendeten Werte für A_i stellen im Vergleich zu Döberl et al. (2002, Seite 139) eine eher konservative Schätzung dar. In Anbetracht der großen Unsicherheiten bei der Berechnung der Stofffreisetzungen ist eine genauere Abschätzung des noch vorhandenen Stoffanteils in der Ablagerung nicht zweckmäßig. Letztendlich sind die Ergebnisse für die Stofffreisetzungsszenarien als erste Orientierung zu sehen, in welchem Bereich sich Emissionen aus Deponien und Altablagerungen im Hochwasserfall bewegen können.

4 Resultate und Diskussion

Die erhobenen Standorte von Deponien und Altablagerungen (siehe Tabelle 7-1 (Deponien) bis Tabelle 7-5 (Altablagerungen) im Anhang) stellen die Grundlage zur Abschätzung der potentiellen Hochwassergefährdung dar.
Insgesamt wurden 131 Deponiestandorte erhoben (siehe Kapitel 3.2), von denen sich etwas mehr als die Hälfte noch in Betrieb befindet. Die erstellte Liste beinhaltet naturgemäß nicht alle Deponien in Österreich. Es kann jedoch davon ausgegangen werden, dass nahezu alle relevanten (größeren) Deponien inkludiert sind. Das Ziel der Erfassung war es auch nicht eine umfassende Auflistung aller Standorte zu erstellen, sondern an einem Großteil der Deponiestandorte in Österreich die Relevanz des Themas „Hochwassergefährdung von Deponien" zu überprüfen. Die Beurteilung der potentiellen Hochwassergefährdung für die erfassten Standorte, soll also Rückschlüsse auf die generelle Situation in Österreich erlauben, wobei die Repräsentativität dieser Stichprobe von 131 Deponien gegeben erscheint, da die Auswahl der Standorte der oben beschriebenen Erhebungsmethodik folgt und somit ein „neutraler" Querschnitt zu erwarten ist[10].

Anhand der Recherchen des Umweltbundesamtes wurden 961 Altablagerungen mit einer Größe > 25.000 m^3 an abgelagertem Hausmüll erfasst. Aufgrund der Erhebungsmethodik für Deponien, sind einige Deponiestandorte auch als Altablagerungen ausgewiesen. In vielen Fällen bezieht sich die Doppelnennung auf eine ehemalige Altablagerung, die saniert wurde und später als geordnete Deponie weitergeführt wurde. In anderen Fällen sind aber auch „eigentliche" Altablagerungen als Deponien erfasst worden, weil sie im BAWP 1992 als Deponie ausgewiesen wurden und somit in die Liste mit aufgenommen wurden. Im Hinblick auf eine repräsentative Stichprobe zur Abschätzung der Hochwassergefährdung stellt diese Redundanz aber keine Einschränkung dar, da sie rein zufällig aufgrund der Erhebungsmethodik entstand.

Die ausgewiesenen 131 Deponiestandorte (Abbildung 4-1) und 961 Altablagerungen (Abbildung 4-2) bilden in weiterer Folge die Grundlage zur Beurteilung der potentiellen Hochwassergefährdung von Hausmüllablagerungen in Österreich.

---

10 *Da in den letzten Jahren vermehrt Überlegungen hinsichtlich der Hochwassergefährdung von Deponiestandorten eine Rolle spielen (siehe DVO 1996), kann davon ausgegangen werden, dass bei älteren, inzwischen geschlossenen, Deponien (die zum Großteil nicht als Deponien in dieser Studie erfasst werden) der Anteil hochwassergefährdeter Standorte sogar überproportional höher ist, als der, in dieser Studie ermittelte.*

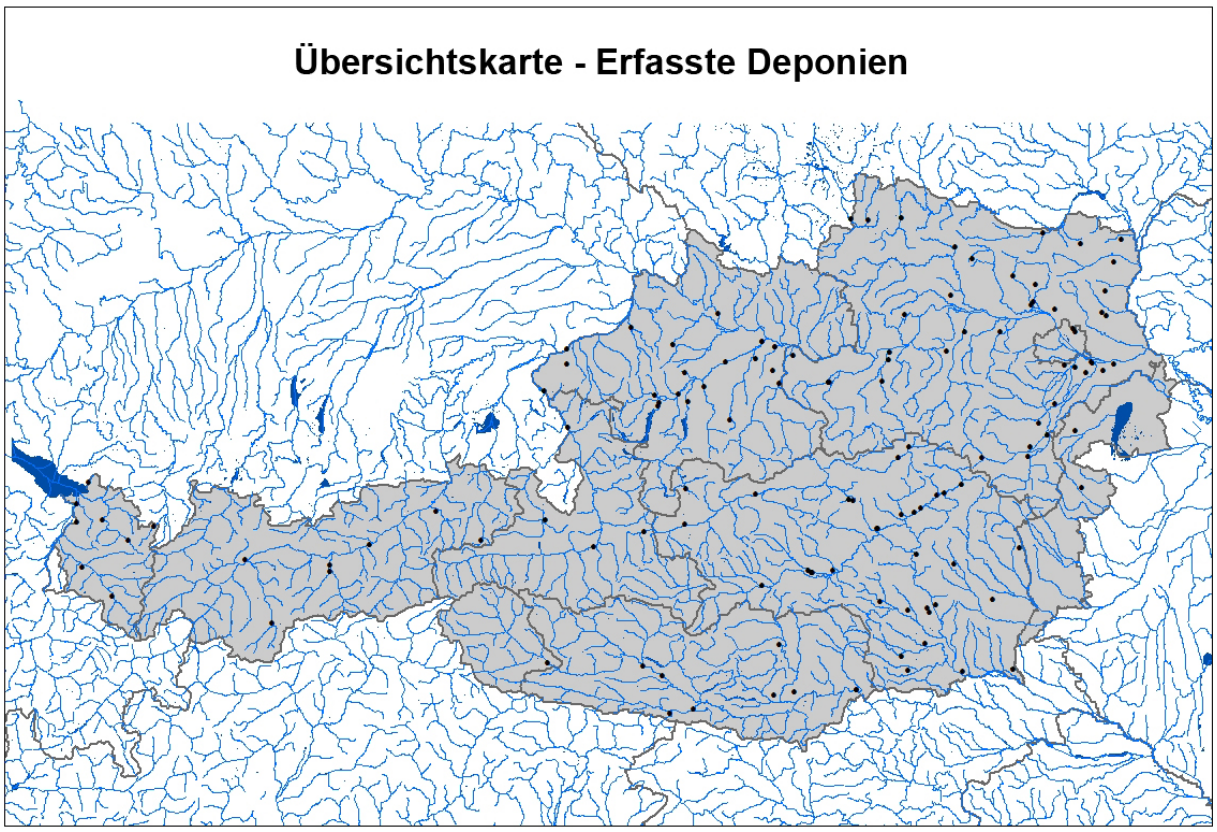


Abbildung 4-1: Erfasste Deponiestandorte und bedeutende Fließgewässer in Österreich

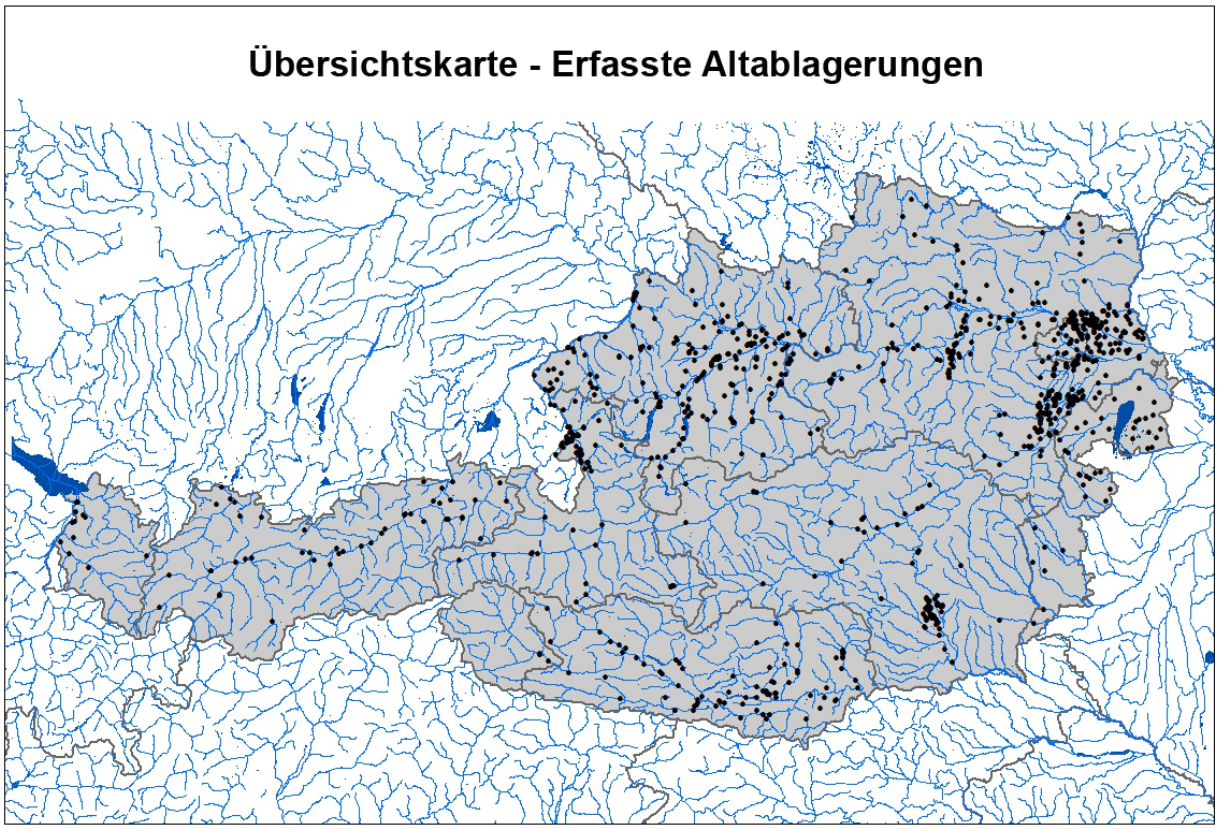


Abbildung 4-2: Erfasste Altablagerungen und bedeutende Fließgewässer in Österreich

4.1 Potentielle Hochwassergefährdung der Standorte

4.1.1 Deponien

Basierend auf den in Tabelle 3-1 angeführten Zuordnungskriterien wird anhand von HORA für alle erfassten Standorte das Hochwasserrisiko überprüft. Daraus wird die Anzahl an potentiell überflutungsgefährdeten Deponiestandorten abgeschätzt (siehe dazu Tabelle 7-7 im Anhang). Hier ist zu erwähnen, dass bei der vorgenommenen Klassifizierung technische Hochwasserschutzmaßnahmen vorerst nicht berücksichtigt werden. Der Anteil der Deponien mit objektbezogenen Hochwasserschutz wird später (soweit eruierbar) gesondert ausgewiesen.

Von den erhobenen 131 Deponiestandorten werden bei der visuellen Grobabschätzung anhand von eHORA 47 Standorte als potentiell hochwassergefährdet ausgewiesen. Das entspricht etwa einem Drittel aller erfassten Deponiestandorte, wobei 37 Massenabfall- und Hausmülldeponien und 10 Reststoffdeponien als potentiell hochwassergefährdet gelten.
Die erhobenen Reststoffdeponien, auf denen kein Hausmüll abgelagert wurde bzw. wird dienten dazu die generelle Relevanz der Hochwassergefährdung von Deponien abzuschätzen, sind aber nicht mehr Gegenstand der weiteren Analysen und der Detailbetrachtung, da der Fokus dieser Studie auf Ablagerungen mit hausmüllähnlicher Zusammensetzung liegt.

Die erfassten Massenabfalldeponien sind in Abbildung 4-3 und Abbildung 4-4 je nach Hochwasserrisiko den verschiedenen Gefährdungsklassen zugeteilt. In Abbildung 4-3 bezieht sich diese Aufteilung auf die Anzahl der Standorte, in Abbildung 4-4 erfolgt die Aufteilung bezogen auf das abgelagerte Abfallvolumen. Wie bereits erwähnt sind 37 Standorte potentiell hochwassergefährdet (27 – eventuell gefährdet, 10 gefährdet), was einem Anteil von ca. 36 % entspricht. Bezogen auf das abgelagerte Volumen befinden sich ca. 34 % der abgelagerten Abfälle in potentiell hochwassergefährdeten Standorten. D.h. die durchschnittliche Deponiegröße von potentiell gefährdeten Standorten unterscheidet sich kaum von nicht gefährdeten Standorten.
Aus Abbildung 4-3 geht weiters hervor, dass der Anteil potentiell gefährdeter Deponien bei in Betrieb befindlichen Deponien höher ist als bei den bereits geschlossenen. Diese Aussage trifft in erster Linie auf die Kategorie „eventuell gefährdet“ zu, für die Kategorie „gefährdet“ ist hingegen kaum ein Unterschied feststellbar. Es sei hier aber nochmals explizit darauf hingewiesen, dass bei dieser Aufstellung technische Hochwasserschutzmaßnahmen unberücksichtigt bleiben.

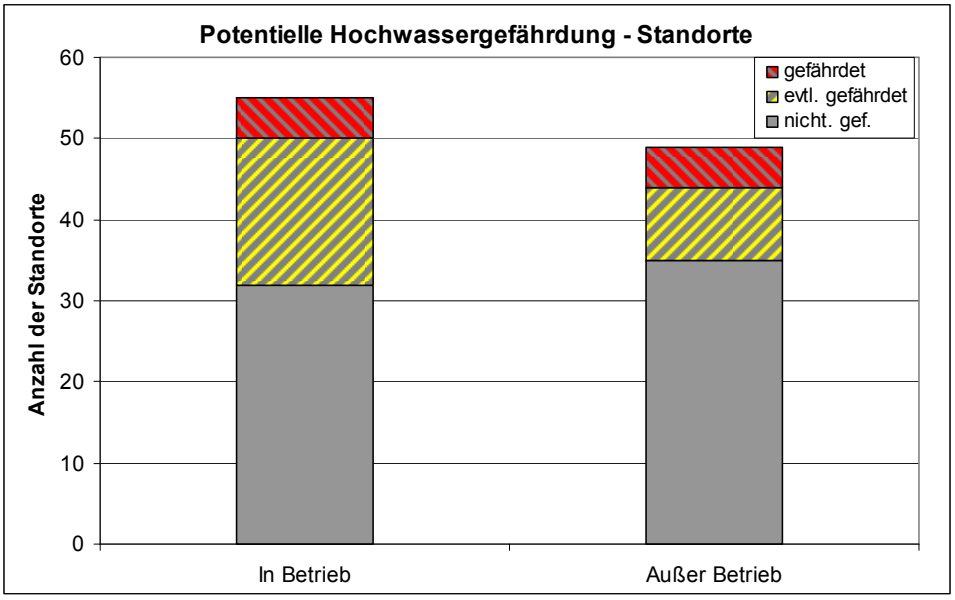


Abbildung 4-3: Anzahl der Massenanfalldeponien (unterteilt in geschlossene und in Betrieb befindliche), die hochwassergefährdet sind (unterteilt in gefährdet und eventuell gefährdet)

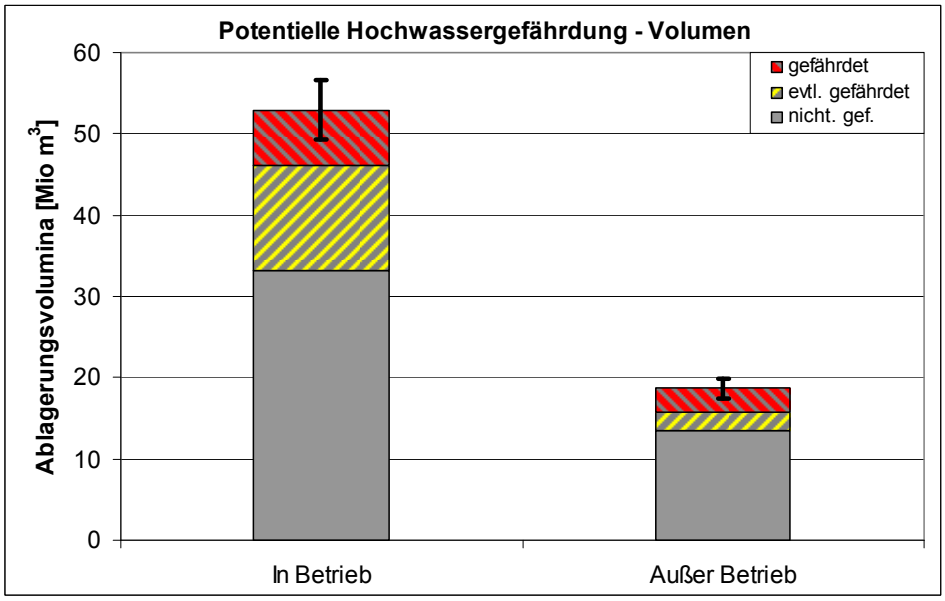


Abbildung 4-4: Masse der auf Massenabfalldeponien abgelagerten Abfälle (unterteilt in geschlossene und in Betrieb befindliche), die hochwassergefährdet sind (unterteilt in gefährdet und eventuell gefährdet)

Aus dem Vergleich von Abbildung 4-3 und Abbildung 4-4 wird ersichtlich, dass die aktiven Deponien größere Ablagerungsvolumina aufweisen als die geschlossenen Deponien. Das gilt sowohl insgesamt als auch für die potentiell gefährdeten Deponien. Des Weiteren lässt sich aus den Abbildungen erkennen, dass zwischen der Größe der Deponie und ihrer Hochwassergefährdung kein Zusammenhang besteht.

Laut österreichischer Deponieverordnung (siehe DVO 1996 (idgF 2004)) sind Hochwasserabflussgebiete bis zu einem HQ_{500} als Deponiestandorte für Massenabfall- und Reststoffdeponien nicht geeignet, daher ist davon auszugehen, dass für einige Deponiestandorte objektbezogene Hochwasserschutzmaßnahmen vorgesehen wurden. Da diese in der Abschätzung der potentiellen Hochwassergefährdung nicht berücksichtigt werden konnten, erfolgte die Erhebung der entsprechenden Daten direkt bei den Deponiebetreibern. Aufgrund der erhaltenen Rückmeldungen ergibt sich die folgende Auswertung (siehe Abbildung 4-5) zum technischen Hochwasserschutz potentiell hochwassergefährdeter Deponiestandorte (für Massenabfall- und ehemalige Hausmülldeponien).

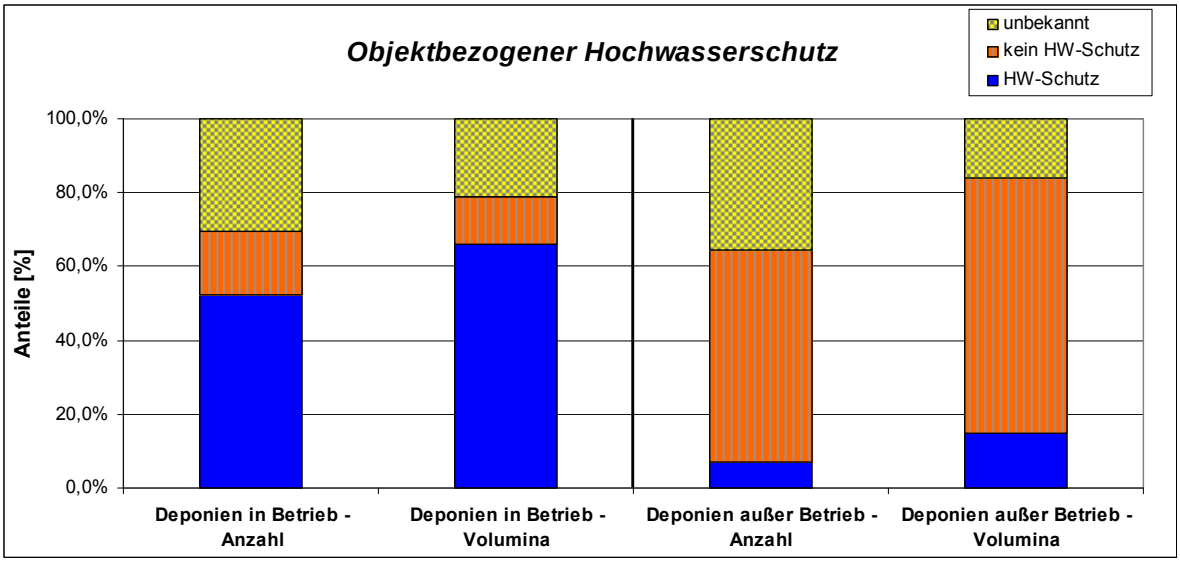


Abbildung 4-5: Anteile der potentiell hochwassergefährdeten Deponien mit bestehendem technischen Hochwasserschutz, bezogen auf deren Anzahl sowie auf die entsprechenden Ablagerungsvolumina

Aus Abbildung 4-5 lässt sich erkennen, dass ca. die Hälfte der in Betrieb befindlichen Massenabfalldeponien einen technischen Hochwasserschutz besitzt. Ein Sechstel der potentiell hochwassergefährdeten Standorte besitzt keinen Hochwasserschutz und ein Drittel der Betreiber aktiver Massenabfalldeponien erteilte keine Auskunft zum Hochwasserschutz. Insgesamt ist daher festzuhalten, dass auch für in Betrieb befindliche Deponien in potentiellen Hochwasserrisikozonen in einigen Fällen kein ausreichender Hochwasserschutz besteht. Hinsichtlich der geschützten Ablagerungsvolumina, wird deutlich, dass große Deponien eher einen Hochwasserschutz besitzen als kleine Deponien. Das gilt auch für Deponien, die sich nicht mehr in Betrieb befinden. Allerdings ist hier der Anteil der Deponien die einen Hochwasserschutz besitzen mit 7 % wesentlich geringer als bei in Betrieb befindlichen Deponien (52 %). Aus Abbildung 4-5 geht schließlich hervor, dass auch unter Berücksichtigung eines eventuell vorhandenen Hochwasserschutzes, mehr als

die Hälfte der potentiell gefährdeten Deponiestandorte als hochwassergefährdet zu bezeichnen sind. Zusätzlich ist zu berücksichtigen, dass technische Hochwasserschutzmaßnahmen auf ein maximales Abflussereignis dimensioniert sind und unabhängig davon, auch bei kleineren Ereignissen eine bestimmte Versagenswahrscheinlichkeit besitzen.

Generell verdeutlichen die Ergebnisse, die Relevanz des Themas „Hochwassergefährdung von Deponien", und zwar sowohl für in Betrieb befindliche Anlagen als auch für Alt-Standorte. Insgesamt werden rund ein Drittel der Standorte als potentiell hochwassergefährdet ausgewiesen, wobei ca. 10 % der Kategorie „gefährdet" und etwas mehr als 20 % der Kategorie „eventuell gefährdet" zugeordnet werden können. Bestehende Hochwasserschutzmaßnahmen für gefährdete Standorte wurden zwar recherchiert (weniger als die Hälfte der Standorte besitzen einen Hochwasserschutz), allerdings wird diese Information Rahmen der weiteren Analysen nicht berücksichtigt. Letztendlich ist eine Abschätzung der tatsächlichen Hochwassergefährdung ohnehin für jeden Standort einzeln vorzunehmen.

4.1.2 Altablagerungen

Die Altablagerungsstandorte, die den Kategorien „gefährdet" und „eventuell gefährdet" zugeordnet wurden und somit als potentiell hochwassergefährdet zusammengefasst werden können, sind im Anhang tabellarisch dargestellt (siehe Tabelle 7-8 und Tabelle 7-9). Von 961 gemeldeten Altablagerungen hausmüllähnlicher Zusammensetzung wurden 113 (ca. 12 %) als gefährdet und 165 (ca. 18 %) als eventuell gefährdet ausgewiesen, insgesamt sind demnach ca. 30 % der Altablagerungsstandorte potentiell hochwassergefährdet[11].

In Abbildung 4-6 ist die Hochwassergefährdung der erhobenen Altablagerungen grafisch dargestellt. Die oben erwähnten Prozentzahlen beziehen sich auf die Anzahl der Standorte. Bezogen auf das Volumen sind nur ca. 20 % der Altablagerungen als potentiell hochwassergefährdet zu bezeichnen. Der Unterschied zur Auswertung anhand der Standortanzahl (30 % potentiell gefährdet) basiert in erster Linie darauf, dass die drei größten erfassten Altablagerungen ca. 30 % der gesamten abgelagerten Abfallmenge beinhalten und sich nicht in Hochwasserrisikozonen

[11] Es ist allerdings anzumerken, dass einige Altablagerungen, die ein potentielle Hochwasserabflussgebiet im Umkreis von 400 m um die Punktkoordinaten aufweisen, in einer Einzelbetrachtung auch als potentiell hochwassergefährdet auszuweisen wären. Für die Grobabschätzung wurde die potentielle Hochwassergefährdung aber mit einem Radius von 150 m beschränkt (siehe Abbildung 3-2 und Erläuterungen).

befinden. Ohne Berücksichtigung dieser drei Standorte wären etwa 26 % der abgelagerten Volumina als potentiell hochwassergefährdet zu bezeichnen, also noch immer etwas weniger als im Bezug auf die Standortanzahl. Daraus lässt sich ableiten, dass kleinere Altablaberungen tendenziell eher hochwassergefährdet sind als große Ablagerungen.

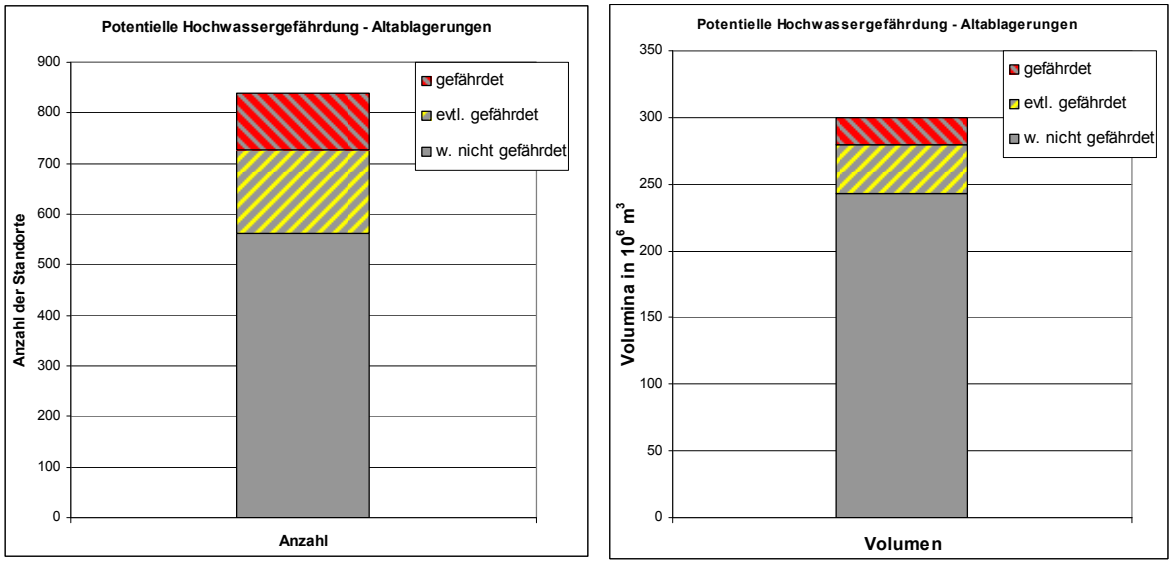


Abbildung 4-6: Anzahl der gemeldeten Altablagerungen hausmüllähnlicher Zusammensetzung (links) sowie die darauf abgelagerte Abfallmenge (rechts), die als hochwassergefährdet eingestuft wurden (unterteilt in gefährdet und eventuell gefährdet)

Objektbezogene Hochwasserschutzmaßnahmen sind für Altablagerungen nicht zu erwarten und wurden deshalb auch nicht erhoben. Ob und inwieweit Altablagerungen durch technischen Hochwasserschutz betroffen sind, wird im Bedarfsfall für ausgewählte Standorte der Detailmodellierung (Arbeitspaket 2) festgestellt.

In Abbildung 4-7 sind die Standorte aus den einzelnen Hochwassergefährdungskategorien noch weiter unterteilt. Es lässt sich erkennen, dass der Großteil der „gefährdeten" Standorte (Lage in einer Hochwasserabflusszone) im HQ30-Bereich liegt. Die Altablagerungsstandorte aus der Kategorie „eventuell gefährdet" weisen im Umfeld von 150 m (bezogen auf den Ablagerungsmittelpunkt) ein Hochwasserabflussgebiet (bis HQ200) auf. Altablagerungen, die eine Hochwasserrisikozone in einer Entfernung von 150 m bis 400 m aufweisen (grau-weiß schraffiert), werden im Anhang in Tabelle 7-10 zusätzlich angeführt, um zu verdeutlichen dass auch für diese Standorte jedenfalls eine Einzelüberprüfung wäre, um die potentielle Hochwassergefährdung wirklich beurteilen zu können. Dies ist allerdings im Rahmen des vorliegenden Projektes aufgrund der begrenzten Ressourcen nicht möglich.

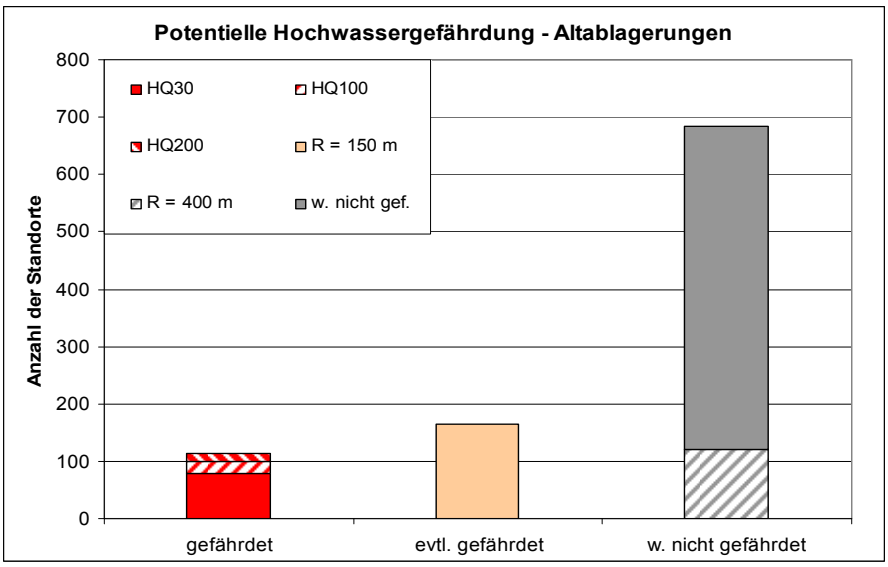


Abbildung 4-7: Anzahl der Altablagerungsstandorte in den jeweiligen Hochwasser-gefährdungskategorien unterteilt nach verschiedenen Abfragekriterien

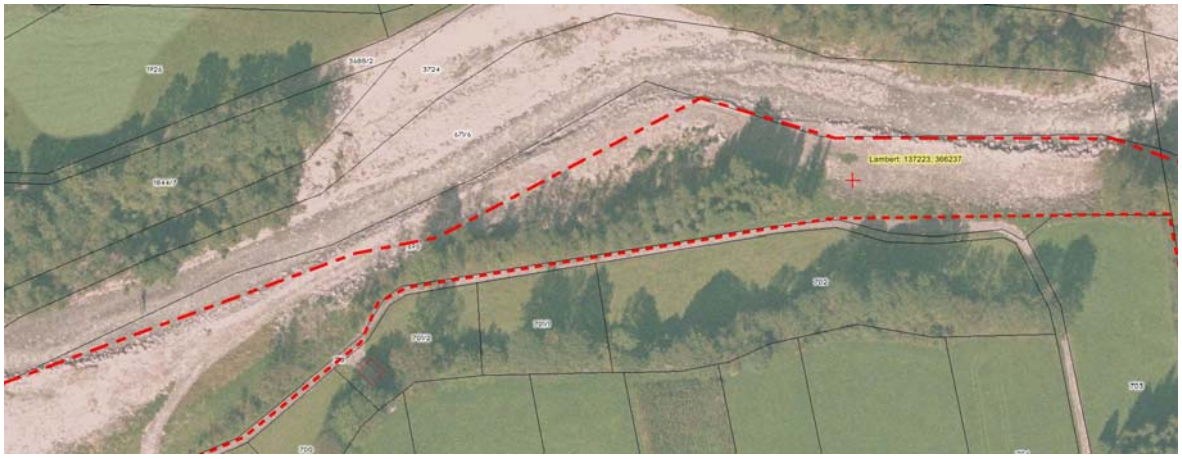
Insgesamt wurde für etwas 30 % der erfassten Altablagerungen festgestellt, dass sie in bzw. in der Nähe eines potentiellen Hochwasserabflussgebietes liegen. Das entspricht fast 280 Standorten. Aufgrund dieser hohen Anzahl an potentiell gefährdeten Altablagerungen, beschränken sich die Detailanalysen in Kapitel 4.3 und Kapitel 4.4 „nur" auf die gefährdeten Altablagerungen (113 Standorte), d.h. es werden nur Standorte betrachtet, die sich direkt in einer Hochwasserrisikozone (lt. HORA) befinden.

4.1.3 Aufgetretene Schäden an Deponien und Altablagerungen im Zuge des Hochwasserereignisses 2005 in Vorarlberg

Im Jahr 2005 traten in Vorarlberg Hochwässerschäden an mehreren Hausmüllablagerungen auf (Schweiger 2007). Die betroffenen Ablagerungen hatten Volumina zwischen 10.000 und 80.000 m^3. Die Schwere der Schäden reichte von oberflächlichen Erosionserscheinungen bis zum nahezu vollständigen Abtrag von Ablagerungen (Schweiger 2007). Da keine offizielle Dokumentation der Schäden an Müllkörpern im Zuge der Naturereignisdokumentation 2005 (Land Vorarlberg 2005b) vorliegt, wurde versucht anhand von Luftbildern der betroffenen Standorte vor und nach dem Ereignis einen Eindruck vom Ausmaß der Schäden zu gewinnen.
Eindeutig zu erkennen waren Verlagerungsprozesse vor allem bei einer Hausmüllablagerung (ca. 15.000 m^3) an der Alfenz (siehe Abbildung 4-8). An diesem Standort wurde ein Großteil des deponierten Materials während des Hochwasserereignisses wegerodiert und auf Überflutungsflächen bzw. am Rand des Flussbettes abgelagert. Insgesamt konnte während des Hochwasserereignisses an drei Standorten der Austrag und die Verlagerung von Hausmüll beobachtet werden.

Hausmüllablagerung an der Alfenz, 2001

Hausmüllablagerung an der Alfenz, 2006



Ausgetragener Deponiekörper an der Alfenz (Aufnahme von Markierung (oben) Richtung NO), 4.11.2005.

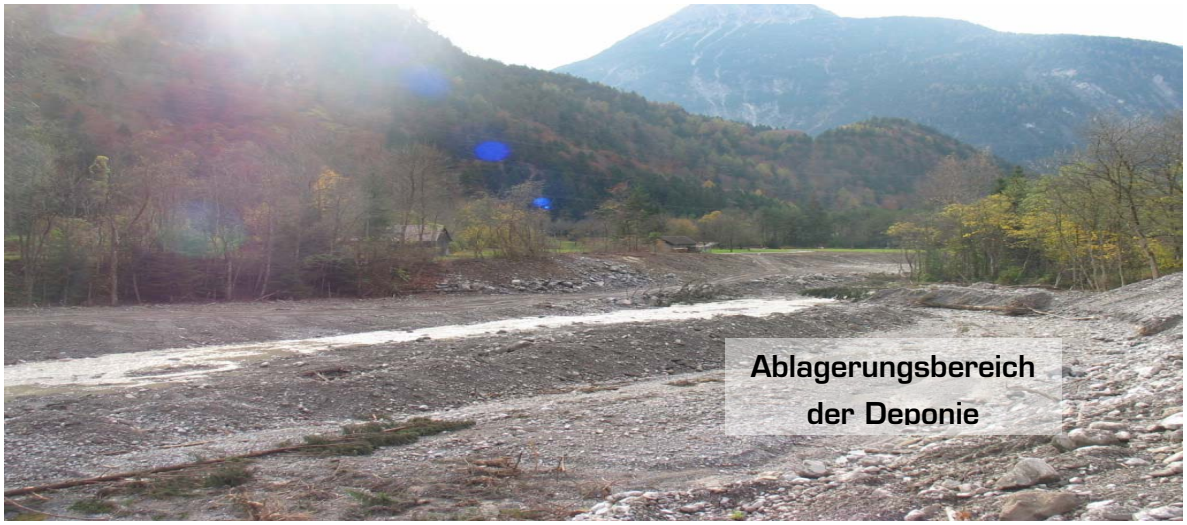


Abbildung 4-8: Luftbild der Hausmüllablagerungen vor dem Hochwasserereignis 2005 (oben) und nach dem Hochwasser – Luftbildaufnahme aus dem Jahr 2006 (Mitte) und Foto von der Markierung (rotes Kreuz) in Richtung NO direkt nach dem Ereignis (unten).

An einigen Standorten wurde mittels Steinschlichtungen versucht, den gesättigten Müllkörper vor der Erosion durch den Hochwasser führenden Fluss bzw. Wildbach zu schützen (Schweiger 2007). Ein Vergleich von Luftbildern der betroffenen Standorte aus den Jahren 2001 und 2006 zeigt die Spuren des Hochwasserereignisses 2005. Dokumentierte Erosionsschäden an Deponien im Zuge von Hochwasserereignissen finden sich in der Literatur unter anderem auch in Curtis & Whitney (2003).

4.2 Gefährdung der Standorte durch Grundwassereinstau

Das Risiko eines Grundwassereinstaues an den verschiedenen Standorten konnte nur für wenige hochwassergefährdete Altablagerungen genauer untersucht werden. Für alle anderen erfassten Standorte wurde eine erste Grobabschätzung anhand einer „Verschneidung" der Standortkoordinaten mit Informationen zum mittleren Flurabstand des Grundwasserspiegels vorgenommen. Generell kann davon ausgegangen werden, dass bei geringer Überdeckung in vielen Fällen eine Gefährdung durch Grundwassereinstau gegeben sein könnte. Diese Abfrage ist aber nur als grobe Indikation zu sehen und gibt keine Auskunft über das tatsächliche Risiko eines Grundwassereinstaues.
In Abbildung 4-9 und Abbildung 4-10 sind die erfassten Deponie- und Altablagerungsstandorte gemeinsam mit Informationen zum mittleren Flurabstand des Grundwasserspiegels dargestellt. Für jene Standorte in den grau hinterlegten Bereichen sind keine Informationen zum mittleren Flurabstand des GW-Spiegels verfügbar. Sie wurden daher in der Auswertung (siehe Abbildung 4-11) nicht berücksichtigt.

Aus Abbildung 4-11 ist ersichtlich, dass die Überdeckung des Grundwasserkörpers an Altablagerungen generell etwas geringer ist als an Deponiestandorten. So befinden sich die Hälfte der Deponien und zwei Drittel der Altablagerungen an Standorten einem Grundwasserflurabstand von weniger als 10 m. Ein mittlerer Flurabstand des Grundwasserspiegels von weniger als 2 m ist an ca. 1 % der Deponie- und ca. 3 % der Altablagerungsstandorte anzutreffen. Diese Standorte wären in weiterer Folge jedenfalls hinsichtlich der Gefährdung durch Grundwassereinstau zu überprüfen.

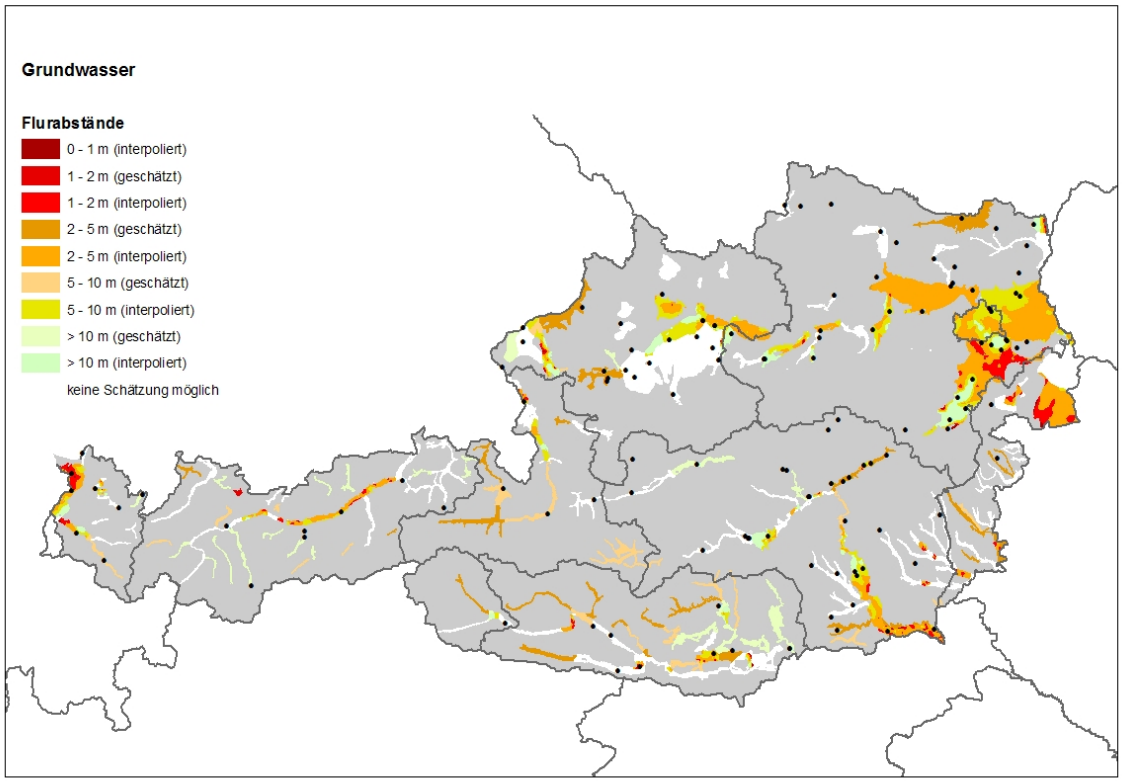


Abbildung 4-9: Erfasste Deponiestandorte und mittlere Flurabstände des Grundwasserspiegels

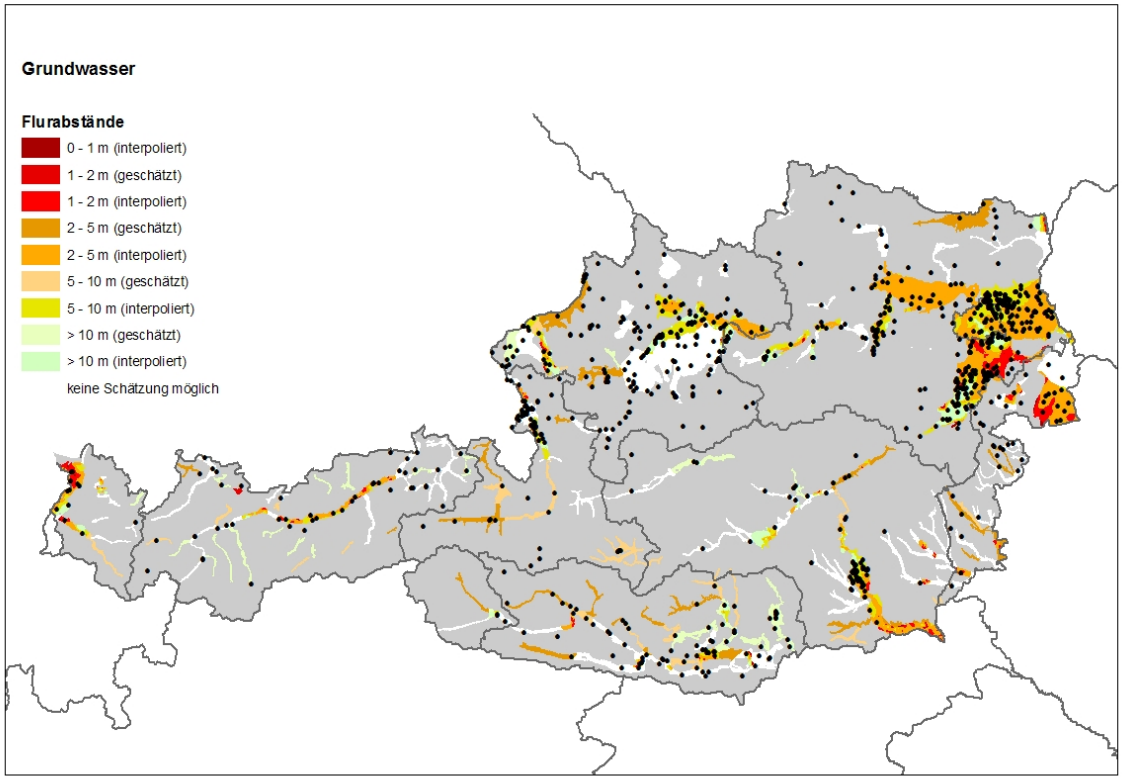


Abbildung 4-10: Erfasste Altablagerungsstandorte und mittlere Flurabstände des Grundwasserspiegels

Die obigen Analysen lieferten erste Anhaltspunkte bezüglich der Gefährdung der erfassten Standorte durch Grundwassereinstau. Eine tiefer gehende Betrachtung der Problematik erfolgt im Rahmen des Projektes allerdings nur für ausgewählte hochwassergefährdete Altablagerungen, da nur für diese Standorte die Datengrundlage ausreichend ist, um das Risiko eines Grundwassereinstaues gesichert beurteilen zu können.

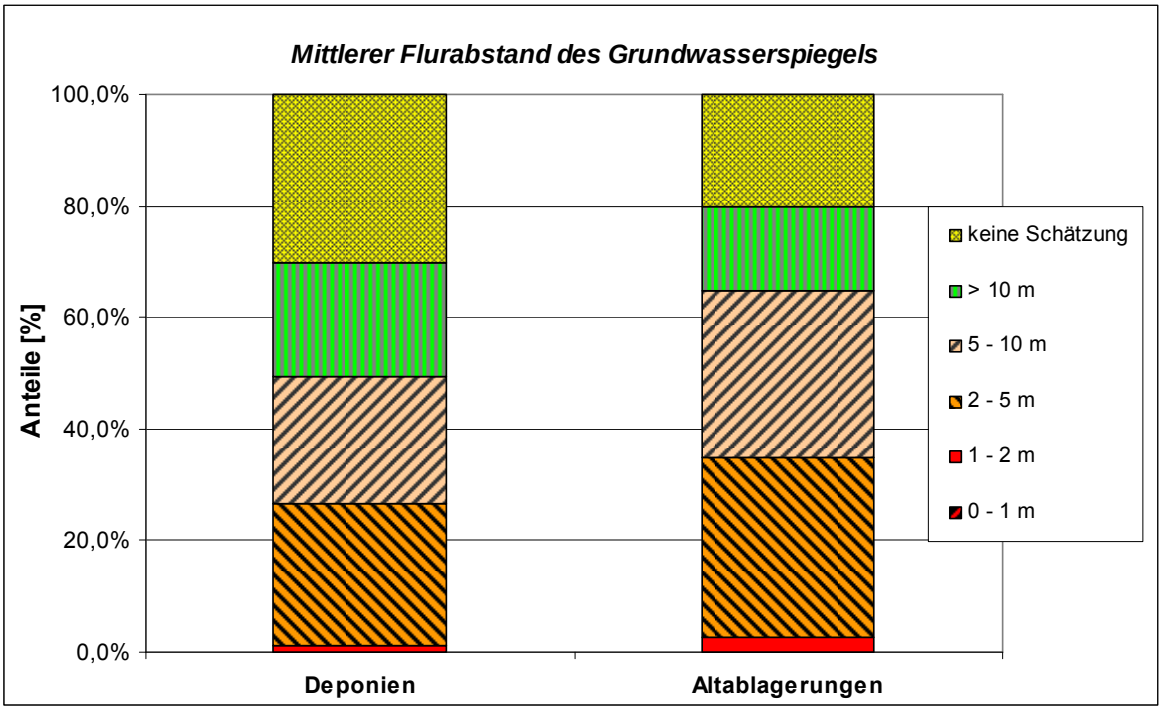


Abbildung 4-11: Mittlerer Flurabstand des Grundwasserspiegels an den erfassten Standorten

Durch die Kombination von der Höhe der Ablagerungssohle mit Angaben zum mittleren Grundwasserstand bzw. zum Grundwasserhöchststand konnte die Gefährdung eines Grundwassereinstaues für 46 hochwassergefährdete Altablagerungen genauer untersucht werden (siehe Abbildung 4-12). Es zeigt sich, dass mehr als zwei Drittel der ausgewählten Altablagerungen zumindest teilweise durch Grundwasser eingestaut sind bzw. eingestaut werden können. Für diese Ablagerungen ist davon auszugehen, dass die Wassersättigung des Deponiekörpers durch Grundwasser ein relevantes Gefährdungsszenario darstellt. Das Risiko eines Grundwassereinstaues besteht sicherlich auch für Standorte mit einem mittleren Abstand der Sohle vom Grundwasserkörper von weniger als 5 Metern. Letztendlich muss für jeden Standort individuell eine etwaige Gefährdung durch Grundwassereinstau abgeschätzt werden. Generell lässt sich jedoch feststellen, dass zumindest für potentiell hochwassergefährdete Altablagerungen auch in vielen Fällen ein Einstau durch das Grundwasser eine Gefährdung darstellt.

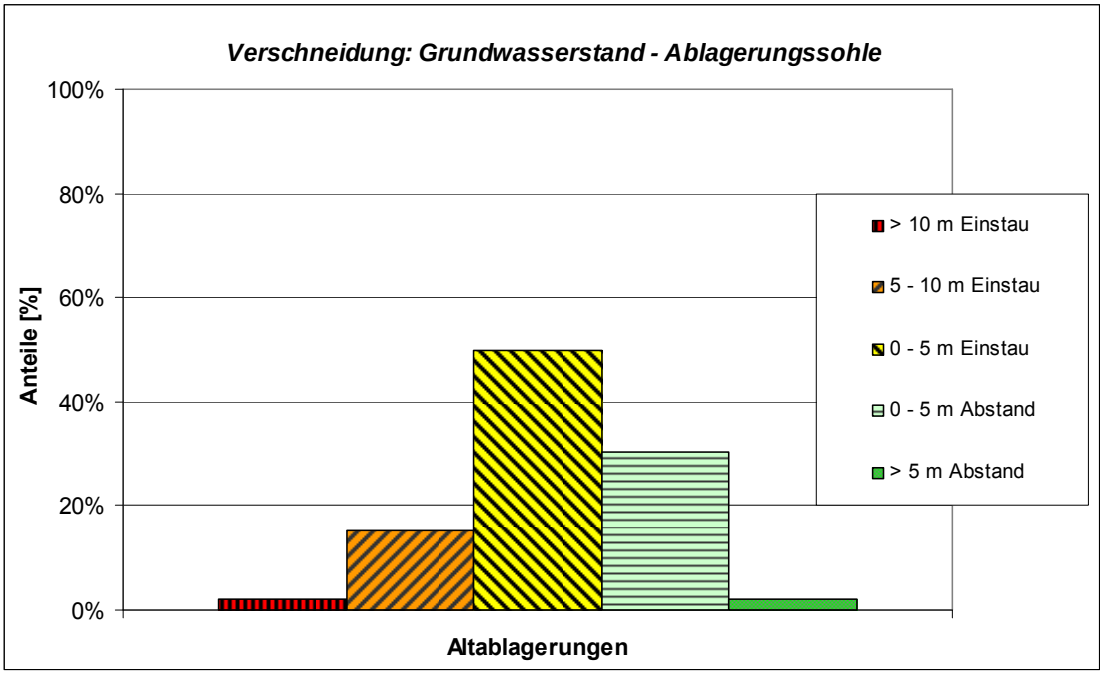


Abbildung 4-12: „Verschneidung" der verfügbaren Informationen zum mittleren Grundwasserstand mit den Sohlkoten der Altablagerungen (Für einige Altablagerungen lagen nur Angaben zum Höchstgrundwasserstand vor, in diesen Fällen wurde dieser verwendet).

Aus den obigen Analysen ergibt sich, dass die Gefährdung von Hausmüllablagerungen durch einen Grundwassereinstau ebenfalls von Bedeutung ist. Bei Deponien kann ein solcher Einstau eventuell von einem vorhandenen Basisdichtungssystem abgewehrt werden, im Falle von Altablagerungen ist aber ein solches System meist nicht vorhanden. Eine flächendeckende Beurteilung der Gefährdung durch Grundwassereinstau ist aufgrund der schlechten Datenlage zum Flurabstand des Grundwassers nicht möglich. Die Auswertung der vorhanden Informationen für hochwassergefährdete Altablagerungen zeigt allerdings, dass in vielen Fällen auch ein erhebliches Grundwassereinstaurisiko besteht. Weitergehende Analysen hinsichtlich dieser Problematik erfolgen in Arbeitspaket 2 für die jeweiligen Modellstandorte.

4.3 Stabilisierungsgrad und Emissionspotential

Die Abschätzung des vorhandenen Emissionspotentials für die Deponie- und Altablagerungsstandorte in Hochwasserrisikozonen erfolgt gemäß des Leitfadens aus Döberl et al. (2006). Zur Ermittlung der Heterogenität der Wasserströmung in den Ablagerungen und zur darauf basierenden Abschätzung des Stabilisierungsgrades wurden Daten zur Ablagerungshistorie, zur technischen Ausführung und zu den klimatischen Verhältnissen gesammelt. Für die, als potentiell gefährdet ausgewiesenen Deponiestandorte sind diese Informationen im Anhang in

Tabelle 7-11 und Tabelle 7-12 zusammengefasst. Der Datensatz der potentiell hochwassergefährdeten Deponien wurde vor der Berechnung nochmals auf die Zusammensetzung der abgelagerten Abfälle evaluiert, da sich im Zuge der Detailerhebungen herausstellte, dass einige Deponien nur geringe Anteile an Hausmüllablagerungen beinhalten und daher eine Berechnung des Stabilisierungsgrades nicht sinnvoll möglich ist. Daher wurde der ursprüngliche Datensatz potentiell hochwassergefährdeter Massenabfall- und Hausmülldeponien von 37 auf 30 Standorte mit vorwiegenden Hausmüllablagerungen reduziert (vergleiche Tabelle 7-7 und Tabelle 7-11). Die folgenden Betrachtungen für hochwassergefährdete Deponien inklusive für einen Modellstandort („Durchschnittsdeponie") (siehe Tabelle 4-1) beruhen somit auf diesen 30 Deponiestandorten. Für die Altablagerungen der Kategorie „gefährdet" finden sich die Daten im Anhang in Tabelle 7-14.

Es konnten für alle Ablagerungen, ausgenommen einer Alt-Deponie (#131), die notwendigen Informationen zur Berechung des Stabilisierungsgrades der Ablagerung erhoben werden. In einigen, wenigen Fällen war es notwendig fehlende Daten durch Annahmen zu ergänzen. Für fehlende Daten einzelner Ablagerungen wurde in der Regel der Medianwert der entsprechenden Obergruppe (zB. geschlossene Hausmülldeponie, in Betrieb befindliche Massenabfalldeponie) angesetzt[12].

Die Ermittlung der Homogenität der Wasserströmung und darauf aufbauend des korrigierten W/F-Verhältnisses erfolgt wie in Kapitel 3.5 beschrieben. Die Ergebnisse dieser Berechnungen finden sich im Anhang in Tabelle 7-13 für die ausgewählten Deponiestandorte und in Tabelle 7-15 für die betreffenden Altablagerungen. Die ermittelten Homogenitäten der Wasserströmung liegen für Deponien zwischen 0,25 und 0,95, wobei der Median bei 0,55 liegt. Das heißt, dass im Mittel etwas mehr als die Hälfte des Deponiekörpers von Wasser durchströmt wird. Die Homogenität der Wasserströmung bei Altablagerungen liegt zwischen 0,25 und 1,00, wobei der Median 0,76 beträgt. Es werden also im Mittel ca. drei Viertel der Ablagerung von Wasser durchströmt. Die homogenere Wasserströmung in Altablagerungen beruht auf der wesentlich geringeren mittleren Schütthöhe dieser Ablagerungen, die gemäß Döberl et al. (2006) einen wesentlichen Einfluss auf die Ausbildung der Wasserströmung hat.

---

[12] *Beispielsweise wird bei einer geschlossenen Massenabfall- bzw. Hausmülldeponie bei fehlender Ablagerungsdauer der Medianwert aller potentiell gefährdeten Ablagerungen dieser Art verwendet. Details finden sich in den jeweiligen Tabellen im Anhang.*

Die durchschnittlichen Kenndaten einer potentiell hochwassergefährdeten Deponie bzw. einer hochwassergefährdeten Altablagerung sind in Tabelle 4-1 dargestellt. Aus dieser Tabelle sind wesentliche Unterschiede zwischen den beiden Ablagerungstypen hinsichtlich der Berechnung des Stabilisierungsgrades und der Stofffreisetzung ersichtlich. Altablagerungen weisen im Mittel eine geringere Schütthöhe, eine längere Ablagerungsdauer und ein geringeres Volumen als Deponien auf. Die Unterschiede bezüglich der infiltrierten Wassermenge sind in erster Linie auf die Lage der erfassten Altablagerungen zurückzuführen, da ein großer Anteil im Osten Österreichs (in Gebieten mit einem trockeneren Klima) situiert ist[13] (siehe Abbildung 4-2).

Tabelle 4-1: Mittlere Daten für hochwassergefährdete Deponien und Altablagerungen mit hausmüllähnlichen Ablagerungen

	Schütthöhe	Ablagerungs-dauer	Infiltrierte Wassermenge	Homogenität (niedrig)	Homogenität (hoch)	Volumen
Deponie	**[m]**	**[a]**	**[mm/a]**	**[-]**	**[-]**	**[m³]**
Median	14	18	537	0,32	0,78	445000
Altablagerung						
Median	4	35	288	0,65	0,87	78000

Die Ergebnisse der Berechnung des korrigierten Wasser-Feststoff–Verhältnisses finden sich für Deponien im Anhang in Tabelle 7-13 und für Altablagerungen im Anhang in Tabelle 7-15. Für die Deponien liegen die Werte zwischen 0,1 und 31,8 mit einem Median von 2,1. Für die Altablagerungen ergeben sich Werte für $(W/F)_{korr}$ von 0,1 bis 41,3 mit einem Median von 1,4. Die großen Schwankungen von $(W/F)_{korr}$ ergeben sich einerseits aufgrund der unterschiedlich ausgeprägten Heterogenität der Wasserströmung und anderseits aufgrund der Unterschiede in den klimatischen Verhältnissen und damit direkt im Zusammenhang stehend die infiltrierten Wassermenge an den einzelnen Standorten. Anschließend werden stellvertretend nur die korrigierten Wasser-Feststoff-Verhältnisse und darauf aufbauend der Stabilisierungsgrad der beiden „durchschnittlichen" Modellablagerungen diskutiert. Die Interpretation der $(W/F)_{korr}$-Werte und damit die Abschätzung des Stabilisierungsgrades kann aber für jede Ablagerungen anhand der Tabellen im Anhang (Tabelle 7-13 bzw. Tabelle 7-15) und der Interpretationsanleitung in Kapitel 3.5 vorgenommen werden.

Basierend auf Tabelle 4-1 liegt der ermittelte $(W/F)_{korr}$ für die durchschnittliche Deponie zwischen 1,5 und 3,6 (im Mittel bei 2,5). Diese Werte deuten gemäß Döberl et al. (2006) auf eine aktuell emittierende Ablagerung hin, bei der das direkt verfügbare Stoffpotential zwischen 20 und 70 % beträgt. Für die durchschnittliche

[13] Das liegt auch daran, dass im Osten Österreichs der Erfassungsgrad der vorhandenen Altablagerungen deutlich höher ist als im Westen des Landes (vgl. Skala et al. 2007).

Altablagerung reicht das $(W/F)_{korr}$ von 4,8 bis 6,5 (der Mittelwert liegt bei 5,6). Diese Werte deuten auf eine Ablagerung hin bei der weniger als 20 % des ursprünglichen Emissionspotentials im wasserdurchströmten Bereich vorhanden sind. Die mittlere Altablagerung kann somit als weitgehend stabilisiert angesehen werden. Das $(W/F)_{korr}$ erlaubt aber keine Aussagen über das vorhandenen Emissionspotential in „trockenen" Bereichen der Ablagerung Allerdings ist gerade dieses Potential für die Stofffreisetzung im Überflutungsfall von wesentlicher Bedeutung.

Potentiell hochwassergefährdete Deponien sind im Mittel als derzeit emittierende Ablagerungen anzusehen, die noch einen Großteil ihres ursprünglichen Emissionspotentials beinhalten. Obwohl die hochwassergefährdeten Altablagerungen im Mittel bereits als weitgehend stabilisiert und wenig emittierend bezeichnet werden können, so bezieht sich diese Aussage nur auf den wasserdurchströmten Bereich der Ablagerung. Durch Wassersättigung vormals trockener Bereiche (bedingt durch die Heterogenität der Wasserströmung) kann es im Hochwasserfall trotzdem zu einem starken Anstieg der Emissionen kommen.

4.4 Stofffreisetzungsszenarien

Wie aus Kapitel 3.6.2 hervor geht, wird für die Ermittlung der möglichen Stofffreisetzungen während eines Hochwasserereignisses im Zuge der Szenarien A, B und C nur der nicht durchströmte Bereich einer Ablagerung herangezogen. Anhand des mobilisierbaren Stoffanteils (siehe Tabelle 3-3) und eines mittleren Heterogenitätsgrades der Wasserströmung werden für jede Ablagerungen die jeweiligen Stofffrachten berechnet. Für Szenario D erfolgt die Berechnung der Stofffreisetzung dagegen unter der Annahme, dass die Ablagerung (mechanisch) instabil wird und somit das gesamte vorhandene Stoffpotential während des Ereignisses durch Erosion emittiert wird. Die noch vorhandenen Stoffmengen werden gemäß den Angaben in Kapitel 3.6.2 abgeschätzt. Szenario D stellt eine Obergrenze hinsichtlich der möglicherweise auftretenden Emissionen während eines Hochwasserereignisses dar. Wie aus Kapitel 4.1.3 hervorgeht, kann dieses Szenario aber durchaus realen Verhältnissen entsprechen.

Die Stofffreisetzungen für die verschiedenen Szenarien sind im Anhang in Tabelle 7-16 für Deponien und in Tabelle 7-17 bis Tabelle 7-20 für Altablagerungen dargestellt. Die ermittelten Werte stellen eine grobe Abschätzung der freisetzbaren Stoffmenge aus Deponien und Altablagerungen mit hausmüllähnlichen Abfällen dar. Aufgrund der zahlreichen Annahmen (siehe Abbildung 3-4 und zugehörigen Text) stellen die Ergebnisse lediglich die Bandbreite der hochwasserinduzierter

Emissionen dar. Für eine realistischere Beurteilung der zu erwartenden Stofffreisetzung im Hochwasserfall ist ein detailliertes Verständnis des Stoff- und Wasserhaushaltes von überfluteten Deponien und Altablagerungen zwingend erforderlich (siehe dazu Kapitel 3.6.1).

4.4.1 Potentiell hochwassergefährdete Deponien

Die berechneten Werte der Stofffreisetzungsszenarien für Deponien sind im Anhang in Tabelle 7-16 zusammengefasst. Die ausgetragenen Stoffmengen im Hochwasserfall konnten, bis auf eine Deponie (#131), für alle potentiell hochwassergefährdeten Deponien berechnet werden. Die Stofffreisetzungen für die jeweiligen Deponien unterscheiden sich je nach Szenario um 2 bis 3 Größenordnungen. Die so ermittelten Emissionsfrachten stellen eine Basis für die Auswahl der Modellstandorte und die Detailmodellierung der Hochwasserabflussereignisse in Arbeitspaket 2 dar. Im Folgenden werden die Ergebnisse der verschiedenen Szenarien stellvertretend für die „durchschnittliche" potentiell hochwassergefährdete Deponie aus Tabelle 4-1 dargestellt (siehe Tabelle 4-2) und diskutiert. Informationen über die freigesetzten Stofffrachten aus den einzelnen Deponien sind dem Anhang (Tabelle 7-16)zu entnehmen.

Tabelle 4-2: Berechnete Stofffreisetzungen über den Wasserpfad für die „mittlere" potentiell hochwassergefährdete Deponie (siehe Tabelle 4-1)

Stoff	Szenario A	Szenario B	Szenario C	Szenario D
	[t]	[t]	[t]	[t]
C	1569	148	670	76896
N	102	21	55	1682
P	6	0,3	2	254
Cl	332	72	183	2091
Fe	7	1	4	13217
Cu	1	0,1	0,5	106
Zn	16	0,8	6	291
Pb	1	0,01	0,3	214
Cd	0,004	0,0004	0,002	3

Aus Tabelle 4-2 ist ersichtlich, dass sich die Stofffrachten während eines Hochwassers für die verschiedenen Szenarien je nach Stoff um 2 (z.B. C, N) bis 4 (z.B. Pb, Cd) Größenordnungen unterscheiden. Um diese Mengen mit den Emissionen einer Deponie unter normalen Bedingungen zu vergleichen, werden in Tabelle 4-3 Referenzwerte für die Emissionen der „durchschnittlichen" hochwassergefährdeten Deponie (aus Tabelle 4-1) angeführt. Die berechneten Werte beruhen auf Transferkoeffizienten für einzelne Stoffe (Döberl et al. 2002), welche für eine Deponie mit ähnlicher Charakteristik wie der „durchschnittlichen" hochwassergefährdeten Deponie ermittelt wurden (Ablagerungsdauer 15 Jahre, mittlere Schütthöhe 12 m). In Tabelle 4-3 sind einerseits Werte für den

Gesamtaustrag während der bisherigen Ablagerungsdauer und andererseits Werte für den mittleren Stoffaustrag unter Normalbedingungen pro Woche dargestellt. Als Vergleichszeitraum für Emissionen im Normalfall und im Überflutungsfall wurde eine Woche gewählt, da dieser Zeitraum in etwa der Dauer eines größeren Hochwasserereignisses entspricht.

Tabelle 4-3: Über den Wasserpfad ausgetragene Stoffmengen während des normalen Betriebes der durchschnittlichen hochwassergefährdeten Deponie basierend auf den Transferkoeffizienten aus Döberl et al. (2002).

Stoff	Transferkoeffizienten für die Emissionen au seiner Hausmülldeponie (lt. [3])	Gesamtaustrag (bisher)	Durchschnittlicher Austrag pro Woche
	Anteil bezogen auf ursprünglich vorh. Potential [-]	Emissionsfracht 18 a [t]	Emissionsfracht / Woche [kg / Woche]
C	0,01	1153	1232
N	0,04	75	80
P	0,001	0,27	0,29
Cl	0,04	93	99
Fe	0,0003	4,0	4,3
Cu	0,00003	0,003	0,0034
Zn	0,0002	0,06	0,06
Pb	0,00003	0,006	0,007
Cd	0,00003	0,00009	0,00009
[3] Döberl et al. (2002): Berechnung der ausgetragenen Stoffmengen anhand der Transferkoeffizienten für die Versuchsdeponie Breitenau nach 15 Jahren mittlerer Ablagerungsdauer.			

Die Emissionsszenarien A, B und C setzen im Zuge eines Hochwasserereignisses in etwa die gleiche Menge (± eine Größenordnung) an Stoffen frei, wie die mittlere Deponie über ihre gesamte bisherige Ablagerungsdauer. Bezogen auf die durchschnittliche Emissionsfracht in einer Woche bedeutet das, dass im Zuge eines Hochwasserereignisses bei Szenario A, B oder C ca. die 100 – 100.000 fache Fracht im Vergleich zum Normalbetrieb emittiert wird.

Das Emissionsszenario D (vollständige Erosion der Deponie) führt zu 100 (Kohlenstoff) bis 10^7 (Kadmium) mal höheren Stofffreisetzungen als während der gesamten bisherigen Ablagerungsdauer der Deponie. Bezogen auf die mittlere wöchentliche Stofffracht bedeutet das eine Steigerung der Emissionen um 4 bis 10 Größenordnungen. Die größten Änderungen hinsichtlich der Stofffreisetzungen sind dabei für Schwermetalle (Cd, Pb, Cu, Zn) zu beobachten, die aufgrund ihrer Toxizität eine besondere Gefährdung für die Umwelt darstellen können. Unter anderem wurde beispielweise auch bei der Dokumentation der Schadstoffbelastung durch das Hochwasser an der Elbe 2002 (Geller et al. 2004) die besonderer Relevanz dieser Stoffe festgestellt.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass auch bei konservativeren Szenarien (A-C) die Emissionen durch ein Hochwässer um ein hundert- bis zehntausendfaches im Vergleich zu normalen Bedingungen ansteigen. Im Falle eines Stabilitätsverlustes der Deponie (Szenario D) ist insbesondere für Schwermetalle mit einer Erhöhung der Emissionen um bis zu 10 Größenordnungen zu rechnen. Die freigesetzten Stoffmengen aus Deponien im Zuge einer Überflutung sind somit, basierend auf den entwickelten Szenarien, tausend- bis milliardenfach höher als unter normalen Bedingungen.

4.4.2 Potentiell hochwassergefährdete Altablagerungen

Die Ergebnisse der Szenarien zum freisetzbaren Stofffreisetzungspotential aus hochwassergefährdeten Altablagerungen sind im Anhang in Tabelle 7-17 bis Tabelle 7-20 angeführt. Von Altablagerung zu Altablagerung unterscheiden sich die im Hochwasserfall freigesetzten Stoffmengen je nach Szenario und betrachtetem Stoff um 2 – 3 Größenordnungen. Die Stofffreisetzungen für die einzelnen Altablagerungen sind unter anderem Ausgangspunkt für die Auswahl der Modellstandorte. Exemplarisch für alle untersuchten Altablagerungen werden im Folgenden die Ergebnisse der verschiedenen Stofffreisetzungsszenarien wiederum anhand der „durchschnittlichen" hochwassergefährdeten Altablagerung (Tabelle 4-1) diskutiert. In Tabelle 4-4 finden sich die berechneten Emissionsfrachten der „durchschnittlichen" Altablagerung (Ablagerungsdauer 35 Jahre, mittlere Schütthöhe 4 m). Die ausgetragenen Stoffmengen unterscheiden sich je nach Szenario und Stoff um 2 (z.B. C, N) bis 4 (z.B. Fe, Cd) Größenordnungen.

Tabelle 4-4: Berechnete Stofffreisetzungen über den Wasserpfad für die mittlere hochwassergefährdete Altablagerung (siehe Tabelle 4-1)

Stoff	Szenario A	Szenario B	Szenario C	Szenario D
	[t]	[t]	[t]	[t]
C	142	15	63	13478
N	9	2	5	295
P	0,5	0,03	0,2	45
Cl	30	7	17	366
Fe	0,7	0,1	0,3	2317
Cu	0,1	0,01	0,05	19
Zn	1	0,1	0,6	51
Pb	0,1	0,002	0,03	38
Cd	0,0004	0,00004	0,0002	0,5

Um die ermittelten Stofffreisetzungen im Hochwasserfall in Relation zu den Emissionen einer Altablagerung unter Normalbedingungen zu bringen, sind in Tabelle 4-5 entsprechende Vergleichswerte zusammengestellt. Die ausgetragenen Stoffmengen während der bisherigen Ablagerungsdauer der „durchschnittlichen"

hochwassergefährdeten Altablagerung wurden basierend auf den Abschätzungen zum Stoffaustrag von Belevi & Baccini (1989) ermittelt, wobei von einer intensiven Reaktorphase (hoher Austrag v. a. an C und N) ausgegangen wurde. Die Annahme eines relativ hohen Stabilisierungsgrades für die durchschnittliche Altablagerung begründet sich auch mit der geringen mittleren Schütthöhe, der dadurch bedingten homogeneren Wasserströmung und des entsprechenden korrigierten Wasser-Feststoff-Verhältnisses von 5,6.

Tabelle 4-5: Über den Wasserpfad ausgetragene Stoffmengen während des „normalen Betriebes" der durchschnittlichen hochwassergefährdeten Altablagerung.

Stoff	Transferkoeffizienten für die Emissionen au seiner Hausmülldeponie (Berechnung lt. [2] und [3])	Gesamtaustrag (bisher)	Durchschnittlicher Austrag pro Woche
	Anteil bezogen auf ursprünglich vorh. Potential (-)	Emissionsfracht 35 a [t]	Emissionsfracht / Woche [kg / Woche]
C	0,015	257	141
N	0,16	51	28
P	0,06	3	1,6
Cl	0,24	100	55
Fe	0,0008	2	1,0
Cu	0,0006	0,01	0,006
Zn	0,002	0,09	0,05
Pb	0,0003	0,01	0,005
Cd	0,0004	0,0002	0,0001
Anmerkung: Bei der Schätzung des noch vorhandenen Stoffpotentials nach der intensiven Reaktorphase wurde bereits von einer relativ hohen Stabilisierung der Altablagerung ausgegangen.			
[2] Belevi & Baccini (1989): Berechnung des Stoffaustrages nach der intensiven Reaktorphase anhand der angegeben Funktion c(t) und den Angaben zum vorhandenen Stoffpotential nach der intensiven Reaktorphase. [3] Döberl et al. (2002): Detail-Schätzung des noch vorhandenen Stoffpotentials nach der intensiven Reaktorphase für verschiedene Metalle basierend auf den ermittelten Transferkoeffizienten.			

Im Vergleich zu Szenario A, B und C ist die gesamte Emissionsfracht über den gesamten bisherigen Ablagerungszeitraum eine Größenordnung höher als die Stoffmengen, die während eines Hochwasserereignisses freigesetzt werden. Im Hinblick auf die durchschnittliche wöchentliche Emissionsfracht bedeutet ein Hochwasserereignis eine Erhöhung der ausgetragenen Stoffmenge um 2 (z.B. C) bis 4 (z.B. Pb) Größenordnungen Der relativ größte Anstieg an Emissionen ist auch hier für Metalle festzustellen.

Für Szenario D sind während eines Hochwassers die Emissionen aus der „durchschnittlichen" Altablagerung etwa 4 – 1000 Mal größer als die Summe der bisherigen Emissionen (über die gesamte Ablagerungsdauer). Bezogen auf die durchschnittlichen wöchentlichen Emissionen bedeutet dies eine Steigerung im Hochwasserfall um 4 (z.B. N) bis 7 (z.B. Pb) Größenordnungen. Auch hier sind die

größten Anstiege der Emissionsfrachten (6 – 7 Größenordnungen) für die Metalle zu beobachten.

Für Altablagerungen ergeben sich, basierend auf den untersuchten Stofffreisetzungsszenarien, Anstiege der durchschnittlichen wöchentlichen Emissionsfrachten im Hochwasserfall um 1 bis 7 Zehnerpotenzen im Vergleich zum „Normalzustand". Bei konservativeren Szenarien, erhöhen sich die Emissionen um bis zu 4 Größenordungen und bei einem Stabilitätsverlust der Altablagerung (Szenario D) um bis zu 7 Größenordnungen. Es ist also auch für relativ „stabile" (d.h. entfrachtete) Altablagerungen, wie die mittlere hochwassergefährdete Altablagerung, von einem Anstieg der Emissionsfrachten im Hochwasserfall je nach Stoff um einen Faktor 10 bis 1.000.000 auszugehen.

4.4.3 Diskussion der berechneten Emissionsfrachten

Die Berechnung der freigesetzten Stoffmengen für hochwassergefährdete Deponien und Altablagerungen anhand der entwickelten Szenarien zeigt, dass es im Hochwasserfall zu einer drastischen Erhöhung der Emissionen aus Hausmüllablagerungen kommen kann. Durch das größere (durchschnittliche) Ablagerungsvolumen und den geringeren Stabilisierungsgrad, ist das freisetzbare Stoffpotential für Deponien höher einzustufen als für Altablagerungen. Die Emissionsszenarien ergeben, im Vergleich zur wöchentlichen Emissionsfracht unter Normalbedingungen, für beide Ablagerungstypen einen Anstieg des Stoffaustrags um bis zu 7 (für Altablagerungen) bzw. 10 (für Deponien) Größenordnungen.

Die ermittelten Stofffreisetzungen beruhen auf zahlreichen Annahmen und Abschätzungen und stellen daher nur die Bandbreite an möglicherweise zu erwartenden Emissionen aus Hausmüllablagerungen im Hochwasserfall dar. Dennoch wird aus den Größenordnungen der berechneten Emissionsfrachten deutlich, dass eine sehr große Menge an Schadstoffen im Zuge eines Hochwassers freigesetzt werden kann. In welcher Form diese Stoffe ausgetragen werden und wie sie auf eventuell vorhandene Schutzgüter einwirken kann hier nicht beurteilt werden, wird aber zum Teil im Zuge von Arbeitspaket 2 untersucht. Überdies kann ebenfalls nicht beurteilt werden welche Auswirkungen eine Überflutung auf das mittel- und langfristigen Verhalten einer Deponie hat bzw. wie sich die geotechnischen Eigenschaften und die Wasserströmungsverhältnisse durch gesättigte Verhältnissen verändern können (siehe dazu Kapitel 3.6.1). Die Auswirkungen möglicher Änderungen geotechnischer und hydraulischer Eigenschaften des Deponiekörpers nach Abklingen des Hochwassers werden auch von Habersack & Moser (2003) als problematisch bezeichnet. Daher sollten diese und andere Fragestellungen in einem Folgeprojekt eingehend untersucht werden, um

zuverlässigere Aussagen über die Gefährdung durch Deponien und Altablagerungen im Hochwasserfall machen zu können.

Die Auswahl der betrachteten Stoffe ergibt sich aufgrund der Datenverfügbarkeit. Nichtsdestotrotz könnte es im Hochwasserfall auch zum verstärkten Austrag von Substanzen kommen, die nicht bzw. nur in vernachlässigbaren Mengen in einer Hausmüllablagerung vorkommen sollten. So wurde beispielsweise im Zuge des Rückbaues der Deponie „Helene Berger" festgestellt, dass sich tausende Fässer mit Giftmüll oder bedeutende Ablagerungen an Aluminiumschlacken in dieser Deponie befanden (siehe Dörrie et al. 2000). In der Dokumentation der Hochwasserereignisse im August 2002 in Österreich werden als Emissionsquellen für Chlorkohlenwasserstoffe (CKWs) auch überflutete Deponien und Altablagerungen angeführt (siehe Habersack & Moser 2003). Im Zuge der Dokumentation der Schadstoffbelastung durch das Hochwasserereignis an der Elbe 2002 wird ebenfalls festgestellt, dass durch die Sicherung bestehender Altlasten ein wesentlicher Beitrag zur Reduktion der Schadstofffreisetzung im Hochwasserfall geleistet werden kann (Geller et al. 2004). Andere Substanzen die für einzelne Ablagerungen von besonderer Bedeutung sein könnten sind zum Bespiel AOX, Fette und Öle oder Lösungsmittel. In dieser Studie können die Freisetzungen solcher Substanzen nicht mitberücksichtigt werden, da es keine Daten zum vorhandenen Potential in Deponien oder zu bereits beobachteten deponiebürtigen Emissionen im Zuge von Hochwässern gibt. Letztendlich müssen Gefährdungen durch spezielle Schadstoffe spezifisch für jede Deponie beurteilt werden. Generell ist davon auszugehen, dass diese Stoffen für manche Standorte ein relevantes Gefährdungspotential darstellen können.

Die im Hochwasserfall freisetzbaren Stoffmengen stellen für die Beurteilung des Gefährdungspotentials von überfluteten Hausmüllablagerungen (hinsichtlich der Einwirkungen auf Schutzgüter) eine wesentliche Grundlage dar. Konkret erfolgt die Modellierung der Einwirkung von freigesetzten Schadstoffen auf Schutzgüter am Bespiel von drei ausgewählten Standorten (Aufgabe von Arbeitspaket 2). Die Auswahl der Modellstandorte erfolgt dabei anhand der ermittelten Hochwassergefährdung des jeweiligen Standortes, der Nähe zu einem vorhandenen Schutzgut (z.B. Grundwassernutzung, sensitives Ökosystem…), dem ermittelten Stofffreisetzungspotential und der Datenlage zu Ablagerung und Gewässer. Die Kernaspekte der Detailbeurteilung der Gefährdung durch Hausmüllablagerungen im Hochwasserfall sind dabei einerseits die Modellierung des Abflussereignisses an sich und die Schadstoffausbreitung und -auswirkungen an vorhandenen Schutzgütern.

5 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Das Ziel dieser Studie bzw. des vorliegenden Arbeitspaktes war es festzustellen, wie viele Deponie- und Altablagerungsstandorte in Österreich potentiell hochwassergefährdet sind und welche Emissionsfrachten im Fall einer Überflutung zu erwarten sind. Im Vorgrund der Betrachtungen stand dabei eine erste Beurteilung der Relevanz des Themas „Gefährdungen durch Überflutungen von Deponien und Altablagerungen", wobei insbesondere die Emissionen während des Hochwasserereignisses betrachtet und beurteilt wurden. Mögliche Veränderungen im mittel- und langfristigen Emissionsverhalten von Deponien bzw. Altablagerungen als Folge von Überflutungen waren nicht Gegenstand der Untersuchungen.

Die Erhebung der Deponiestandorte erfolgte basierend auf Informationen des Lebensministeriums, Angaben aus dem Bundes-Abfallwirtschaftsplan 1992 und weiteren Literaturquellen auf Länderebene. Es wurden sowohl Massenabfalldeponien (bzw. Hausmülldeponien) als auch Reststoffdeponien erfasst. Der Schwerpunkt der Erhebungen lag aber auf Ablagerungen hausmüllähnlicher Zusammensetzung mit einem Mindestablagerungsvolumen von 25.000 m³. Die erhobenen Standorte bildeten in der Folge die Basis für die Beurteilung der Hochwassergefährdung von Deponien und Altablagerungen in Österreich.

Die Beurteilung der potentiellen Hochwassergefährdung der Standorte wurde anhand der Hochwasserrisikozonierung Austria (HORA) vorgenommen. In HORA werden für ganz Österreich flächendeckende Informationen zum Hochwasserrisiko zur Verfügung gestellt. Konkret werden Hochwasserabflussgebiete für Wiederkehrintervalle von 30, 100 und 200 Jahren ausgewiesen, wobei eventuell bestehende technische Schutzmaßnahmen nicht berücksichtigt werden (→ potentielle Hochwassergefährdung).

Im Rahmen des Projektes wurde die potentielle Hochwassergefährdung der untersuchten Deponie- bzw. Altablagerungsstandorte in die drei Kategorien aus Tabelle 5-1 eingeteilt, wobei die Standorte der ersten beiden Kategorien als potentiell hochwassergefährdet zusammengefasst werden.

Tabelle 5-1: Kategorien der Hochwassergefährdung (vgl. Tabelle 3-1und Tabelle 3-2)

Kategorie	Beschreibung
gefährdet	Ablagerung liegt zumindest teilweise innerhalb einer Hochwasserrisikozone mit einem Wiederkehrintervall von 30 Jahren (Standortkoordinaten liegen direkt in einer Hochwasserrisikozone)
eventuell gefährdet	Ablagerung in unmittelbarer Nähe oder teilweise in einer Hochwasserrisikozone mit einem Wiederkehrintervall von 100 oder 200 Jahren (Abstand der Standortkoordinaten von einer ausgewiesenen HORA-Zone unter 150 m)
wahrscheinlich nicht gefährdet	Ablagerung nicht in der Nähe einer ausgewiesenen Hochwasserrisikozone (Abstand der Standortkoordinaten von einer ausgewiesenen HORA-Zona größer 150 m)

Zusätzlich zur Überflutungsgefährdung durch Hochwässer wurde auch das Risiko eines Grundwassereinstaues beurteilt. Als erster Anhaltspunkt wurde versucht für alle Standorte den mittleren Flurabstand des lokalen Grundwasserkörpers zu erheben und diese Information mit der Sohlkote der Ablagerung zu kombinieren. Aufgrund der eingeschränkten Datenlage (sowohl hinsichtlich der Informationen über die Ablagerungen als auch über anstehende Grundwasserkörper) konnte die Beurteilung der Gefährdung durch Grundwassereinstau nur für wenige Standorte tatsächlich durchgeführt werden.
In Anschluss an die Beurteilung des Hochwasserrisikos der einzelnen Deponien und Altablagerungen wurde für gefährdete Standorte das noch vorhandenen Emissionspotentials abgeschätzt. Dazu wurden unter anderem Daten zur Ablagerungshistorie und –ausführung sowie zu den lokalen klimatischen Verhältnissen verwendet. Basierend auf diesen Informationen wurde über den Stabilisierungsgrad der Ablagerungen (gemäß Döberl et al. 2006) das noch vorhandene Emissionspotential abgeschätzt. Dies diente als Grundlage für die Ermittlung der möglichen Stofffreisetzungen im Hochwasserfall. Aufgrund fehlender Informationen über das Verhalten von Deponien im Hochwasserfall wurden verschiedene Stofffreisetzungsszenarien entwickelt, die von einer geringen Mobilisierungsrate des noch vorhandenen Stoffpotentials bis hin zur mechanischen Instabilität (z.B. Erosion) der Ablagerung reicht.

Die Beurteilung der potentiellen Hochwassergefährdung beruht auf einer Stichprobe von 131 erfassten Deponiestandorten und 961 relevanten Altablagerungen. Die Ergebnisse zeigen, dass ca. 1/3 der Deponiestandorte und ca. 30 % der Altablagerungen potentiell hochwassergefährdet sind. Unter Vernachlässigung aller Reststoffdeponien, die ursprünglich miterhoben wurden, sind von den betrachteten 103 Massenabfall- und Hausmülldeponien 37 Standorte (ca. 36 %) potentiell hochwassergefährdet, wobei 10 Standorte innerhalb des HQ30-Abflussbereiches liegen (= Kategorie „gefährdet“). Unter Berücksichtigung von bestehenden Hochwasserschutzmaßnahmen reduziert sich die Zahl von „gefährdeten“ Deponien auf 3.

Bei den Altablagerungen beträgt die Anzahl potentiell hochwassergefährdeter Standorte 278 (ca. 30 %), wovon 113 (ca. 12 %) als „gefährdet“ klassifiziert werden. Aufgrund der großen Anzahl an potentiell gefährdeten Altablagerunen werden für die Detailbetrachtungen (Stofffreisetzungsszenarien) nur “gefährdete“ Standorte berücksichtigt.

Hinsichtlich der Gefährdung der Standorte durch Grundwassereinstau konnten nur für einige potentiell hochwassergefährdete Altablagerungen Abschätzungen

gemacht werden. Für diese Standorte zeigt sich, dass in den meisten Fällen gemeinsam mit der Überflutungsgefährdung auch von einem erhöhten Grundwassereinstaurisiko auszugehen ist.

Exemplarisch für die Vielzahl an hochwassergefährdeten Deponie- und Altablagerungsstandorten sind im Folgenden die Ermittlung des vorhandenen Emissionspotentials und die darauf basierenden Stofffreisetzungsszenarien für die „durchschnittliche“[14] Deponie bzw. Altablagerung angeführt:

Die berechneten Emissionsfrachten während eines Hochwassers unterscheiden sich je nach Szenario und Stoff um 2 bis 4 Größenordnungen, wobei die größten Unterschiede für Metallemissionen festzustellen sind.
Um die im Hochwasserfall freigesetzten Stofffrachten mit den Emissionen unter herkömmlichen Bedingungen vergleichen zu können, werden sie mit der durchschnittlichen wöchentlichen Emissionsfracht über die Ablagerungsdauer in Bezug gesetzt. In Abbildung 5-1 sind Stickstoff- und Cadmiumemissionen für die einzelnen Stofffreisetzungsszenarien (A, B, C und D) und dem „Normalbetrieb“ der „durchschnittlichen“ Deponie bzw. Altablagerung dargestellt.

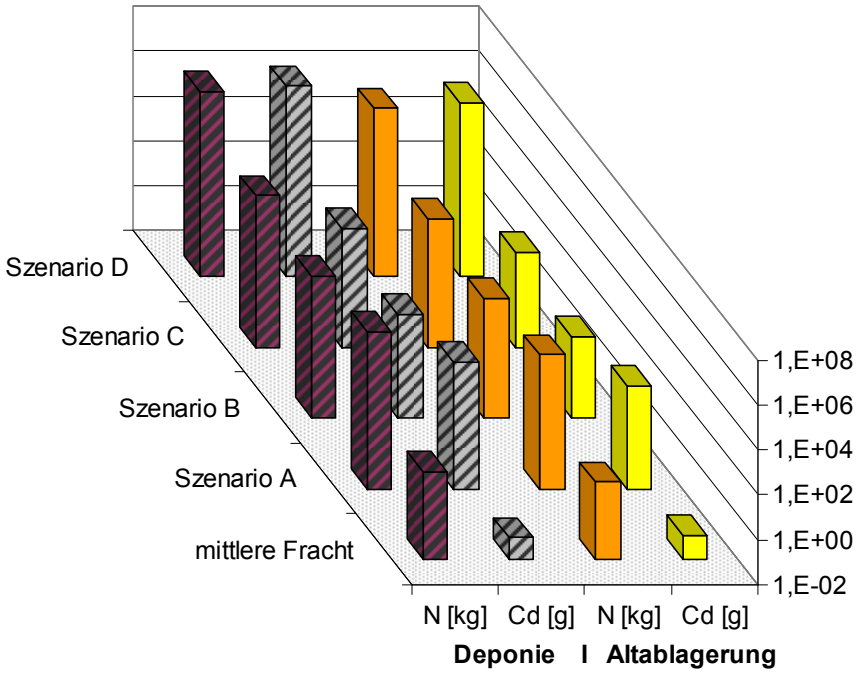


Abbildung 5-1: Emissionsfrachten ausgewählter Stoffe im Zuge eines Hochwassers im Vergleich zu den mittleren wöchentlichen Stofffreisetzungen unter normalen Betriebsbedingungen (links: für die durchschnittliche Deponie, rechts: für die durchschnittliche Altablagerung).

[14] *Median der „Standorteigenschaften“ (zB. Mächtigkeit, Volumen, Ablagerungshistorie, infiltrierte Wassermenge) aller hochwassergefährdeten Deponien bzw. Altablagerungen*

Die Ergebnisse zeigen einerseits

- den möglichen enormen Anstieg der Emissionen im Hochwasserfall im Vergleich zu herkömmlichen Bedingungen (um Faktor 10^2 bis 10^{10}) und andererseits
- die großen Unsicherheiten mit der die Abschätzung möglicher Emissionsfrachten im Hochwasserfall verbunden sind.

Wesentlich für die Größenordnung der Stofffreisetzung im Hochwasserfall ist die mechanische Stabilität der Ablagerung; geht diese verloren (zB. durch Erosion) ist mit einem millionen- bis milliardenfachen Anstieg der Emissionen (im Vergleich zu herkömmlichen Bedingungen) zu rechnen.

Die im Rahmen der entwickelten Stofffreisetzungsszenarien ermittelten Emissionen stellen in weiterer Folge die Basis zur Beurteilung der Umweltgefährdung durch überflutete Deponien und Altablagerungen dar. Konkret werden dabei die Ausbreitung der Emissionen und ihre Einwirkungen auf betroffene Schützgüter anhand von drei gefährdeten Deponie- bzw. Altablagerungsstandorten untersucht. Diese Thematik ist Gegenstand des Arbeitspaktes 2 und wird folge dessen im Endbericht dokumentiert.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass

- mehr als ein Drittel aller Hausmüllablagerungen in Österreich potentiell hochwassergefährdet sind,
- der Großteil dieser Ablagerungen keinen technischen Hochwasserschutz aufweist,
- die Deponieemissionen im Überflutungsfall aufgrund mangelnder Kenntnis des Verhaltens von vollständig wassergesättigten Abfallkörpern, nur mittels Szenarien abgeschätzt werden können,
- die Ergebnisse dieser Emissionsabschätzungen allerdings zeigen, dass die Stofffreisetzungen aus überfluteten Hausmüllablagerungen die Emissionen unter herkömmlichen Bedingungen (teilgesättigte Wasserverhältnisse) um einige Größenordnungen übersteigen, und
- es folge dessen gilt die Umweltauswirkungen der Emissionen an einzelnen Fallbeispielen zu untersuchen und somit die Relevanz des Themas „Umweltgefährdungen durch überflutete Deponien“ zu klären (Gegenstand von Arbeitspaket 2)

Sollte sich aus den Ergebnissen des Arbeitspaketes 2 die Relevanz deponiebürtiger Schadstoffemissionen im Hochwasserfall bestätigen, ist es für eine gesicherte Risikoanalyse der Umweltgefährdungen von überfluteten Deponien zwingend erforderlich, dass Verhalten von wassergesättigten Abfallschüttungen (Wasser- und Stoffhaushalt sowie geotechnische Eigenschaften) intensiv zu erforschen.

6 Literatur

Allgaier, G. & Stegmann R. (2003): Implementation of the parameter "Liquid/Solid-Ratio" (LS) into the risk assessment process for small old landfills – Results from the EU-Life Project EVAPASSOLD. Proceedings ConSoil 2003, Gent.

Baccini, P. & Brunner, P. H. (1991): Metabolism of the antroposphere. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.

Baccini, P., Henseler, G., Figi, R., Belevi H. (1987): Water and Element Balances of Municipal Solid Waste Landfills. Waste Management & Research, 5, 483 - 499.

Belevi, H. & Baccini, P. (1989): Long-Term Behaviour of Municipal Solid Waste Landfills. Waste Management & Research, 7, 43 - 56.

Bendz, D. (1998): Generation of Leachate and the Flow Regime in Landfills. Report No 1023. Department of Water Resources Engineering, Lund University, Schweden.

Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW) (2006): Hochwasserrisikozonierung Austria. Online verfügbar unter: http://gis.lebensministerium.at/ehora/.

Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW) (2007): Hydrologischer Atlas Österreichs (HAÖ) – Version 3.0.

Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie (1992): Materialien zum Bundes-Abfallwirtschaftsplan 1992 (BAWP 1992) – Band 3: Kommunale Abfälle. Wien.

Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt- und Wasserwirtschaft (2006): Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2006 (BAWP 2006). Wien.

Burgenländischer Müllverband (2005): Umwelterklärung 2005. Oberpullendorf.

Curtis, J. A. & Whitney, J. W. (2003): Geomorphic and Hydrologic Assessment of Erosion Hazards at the Norman Municipal Landfill, Canadian River Floodplain, Central Oklahoma. Environmental & Engineering Geoscience, Vol. IX, No. 3, 241–252.

Döberl, G., Fellner, J., Brunner, P. H., Allgaier, G., Stegmann, R. (2006): Eine neue Methode zur Charakterisierung des Stabilisierungsgrades großer Altablagerungen (EMSA). Endbericht zur Studie gefördert aus Mitteln des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien.

Döberl, G., Huber, R., Fellner, J., Cencic, O. & Brunner, P. H. (2002): Neue Strategien zur Nachsorge von Deponien und zur Sanierung von Altlasten (STRANDEZA), Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft, Technische Universität Wien.

Dörrie, T., Breuer, W., Nassour, A., Spillmann, P. (2000): Dokumentation zum Rückbau der Deponie „Helene Berger" in Niederösterreich. In: Wasserwirtschaftliche Sanierung von Bergbaukippen, Halden und Deponien – Proceedings zum 51, Berg- und Hüttenmännischen Tag (15. – 16. Juni 2000) an der TU Bergakademie Freiberg.

Ehrig, H.-J. & Krümpelbeck, I. (2001): The emission behaviour of old landfills in the aftercare phase. In: Christensen, T. H., Cossu, R. & Stegmann, R. (eds.): Proceedings Sardinia 2001, Eighth International Waste Management and Landfill Symposium, Vol. IV, Cagliari, CISA, 313-324.

Fehringer, R., Rechberger, H., Pesonen, H.-L. & Brunner, P.H. (1997): Auswirkungen unterschiedlicher Szenarien der thermischen Verwertung von Abfällen in Österreich (Projekt: ASTRA). Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft – Abteilung Abfallwirtschaft, Technische Universität Wien.

Fellner, J. (2004): A New Method for Modelling Water Flow and Water Storage in Municipal Solid Waste Landfills. Dissertation, Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft, Technische Universität Wien.

Flögl, W. (2002): Klimarelevanz der Deponien in Oberösterreich. Endbericht der Studie im Auftrag der Oberösterreichischen Landesregierung, Linz.

Geller, W., Ockenfeld, K., Böhme, M., Knöchel, A. (2004): Schadstoffbelastung nach dem Elbe-Hochwasser 2002. Endbericht des Ad-hoc-Projekts 'Schadstoffuntersuchungen nach dem Hochwasser vom August 2002 – Ermittlung der Gefährdungspotentiale an Elbe und Mulde'. UFZ - Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH, Magdeburg.

Grischek, H. (2001): Untersunchungen zum Säurepufferungsverhalten von Abfällen und zur Stofffreisetzung aus gefluteten Deponien. Band 15 der Beiträge zu Abfallwirtschaft/Altlasten. Dissertation am Institut für Abfallwirtschaft und Altlasten, Technische Universität Dresden.

Habersack, H. & Moser, A. (2003): Ereignisdokumentation - Hochwasser August 2002. ZENAR – Zentrum für Naturgefahren und Risikomanagement, Universität für Bodenkultur Wien.

Hao, Y. J., Wu, W. X., Wu, S. W., Sun, H., Chen, Y. X. (2007): Municipal solid waste decomposition under oversaturated condition in comparison with

leachate recirculation. Process Biochemistry, in press (doi:10.1016/j.procbio.2007.10.004).

Kärntner Landesregierung (2000): Kärntner Abfallbericht und Abfallwirtschaftskonzept erstellt durch das Amt der Kärntner Landesregierung, Abteilung 15 – Umweltschutz und Technik, Klagenfurt.

Landesrechnungshof Tirol (2002): Abfallbewirtschaftung in Tirol. Bericht des Landesrechnungshofes im Auftrag des Tiroler Landtages, Innsbruck.

Lunzer, H., Domenig, M., Rosian, J., Mostbauer, P., Häusler, G. (1998): Hausmülldeponien in Österreich. Umweltbundesamt, Wien.

Niederösterreichische Landesregierung (2005): Niederösterreichischer Abfallwirtschaftsbericht 2005. Erstellt durch das Amt der NÖ Landesregierung, Gruppe Raumordnung, Umwelt und Verkehr, St. Pölten.

Obersteiner, G., Binner, E., Mostbauer, P., Salhofer, S. (2007): Landfill modelling in LCA – A contribution based on empirical data. Waste Management 27, 58 – 74.

Rolland, Ch. & Oliva, J. (2004): Erfassung von Deponiegas Statusbericht Österreichischer Deponien. Endbericht erstellt im Auftrag des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt- und Wasserwirtschaft. Umweltbundesamt, Wien.

Rosqvist, H. (1999): Solute Transport through Preferential Flow Paths in Landfills. In Proceedings Sardinia 1999, Seventh International Waste Management and Landfill Symposium, Cagliari.

Schweiger, J. (2007): Korrespondenz mit Herrn Mag. Johannes Schweiger (Vorarlberger Landesregierung) via E-Mail (13.12.2007) und Telefon (12.12.2007).

Skala, Ch., Kanovsky, A., Ortmann, M., Schamann, M., Weihs, St., Jobstmann, H., Kolesar, Ch., Längert-Mühlegger, H. und Prokop, G. (2007): Altlastensanierung in Österreich - Effekte und Ausblick. Studie erstellt im Auftrag des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien.

Stegmann, R. & Heyer, K.-U. (1995): Langfristiges Gefährdungspotential und Deponieverhalten von Ablagerungen. [In:] BMBF (Hrsg.): Statusseminar Deponiekörper, Wuppertal.

Vorarlberger Landesregierung (2005a): Abfallwirtschaftsdaten Vorarlberg 2005. Bericht erstellt durch das Amt der Vorarlberger Landesregierung, Abteilung Abfallwirtschaft, Bregenz.

Vorarlberger Landesregierung (2005b): Das Starkregen- und Hochwasserereignis des August 2005 in Vorarlberg. Bericht des Amtes der Vorarlberger Landesregierung, Bregenz.

Zeiss, C. & Major, W. (1993): Moisture Flow through Municipal Solid Waste: Pattern and Characteristics. Journal of Environmental Systems, 22(3), 211 - 232.

Ziehmann, G. (2002): Setzung von Abfalldeponien - Theorie und Laborversuche zur Kennzeichnung von Einflussgrößen. Dissertation an der Technischen Universität Carolo - Wilhelmina, Braunschweig.

6.1 Rechtsquellen

Deponieverordnung (DVO): Verordnung des Bundesministers für Umwelt über die Ablagerung von Abfällen. BGBl. Nr. 164/1996 idF BGBl. II Nr. 49/2004.

Altlastensanierungsgesetz (ALSAG): Bundesgesetz vom 7. Juni 1989 zur Finanzierung und Durchführung der Altlastensanierung. BGBl. Nr. 299/1989 idF BGBl. I Nr. 24/2007.

7 Anhang

7.1 Erfasste Deponiestandorte

Tabelle 7-1: Massenabfalldeponien in Betrieb

#	Land	Bezeichnung	KG-Nr.	Gst-.Nr.
1	Bgld	Deponie Nord (Abschnitt 1,2,3)	30006	6803/1...
2	Bgld	Deponie Mitte	33059	2417/2...
3	Ktn	Deponie Schüttbach	73402	1632...
4	Ktn	Deponie Hörtendorf	72123	1374...
5	Ktn	Deponie Hart	77117	50...
6	Ktn	Deponie Höhenbergen	76336	37...
7	Ktn	Deponie Ferndorf	75202	818...
8	Ktn	Deponie Lavamünd	77117	35...
9	NÖ	Deponie Krems - Langenlois III	12109	115/1...
10	NÖ	Deponie St. Valentin	3128	671...
11	NÖ	Deponie Hohenruppersdorf	6019	2928/1...
12	NÖ	Deponie Am Ziegelofen	19468	642/2...
13	NÖ	Deponie Wr. Neustadt-Heideansiedlung	23443	1978/7...
14	NÖ	Deponie Teiritzberg	11019	501-504...
15	NÖ	Deponie Hirschwang	23116	16/1...
16	NÖ	Deponie Fischamend	5203	657/1...
17	NÖ	Deponie Fischamend-Reichsstraße	5203	310
18	NÖ	Deponie Steinthal	23342	80/1...
19	NÖ	Deponie Haslau - Maria Ellend	5108	854...
20	NÖ	Deponie Schwadorf	5219	1034/11...
21	NÖ	Deponie RAG-Feld	6117	2044/2...
22	NÖ	Deponie Jungbunzlauer I	13053	645/2...
23	NÖ	Deponie Mühlberg-Bernhardsthal	15105	2745...
24	NÖ	Deponie Schönkirchen	6020	689/1...
25	NÖ	Deponie Prurgstall	22125	650/1...
84	NÖ	Deponie Schrems	7226	1202...
26	OÖ	Deponie Nettingsdorf	45324	286/1...
27	OÖ	Deponie Steyr	49207	1073...
28	OÖ	Deponie Laakirchen	42131	62/4...
29	OÖ	Deponie Ort im Innkreis	46001	707/1...
30	OÖ	Deponie St. Martin - Landshaag	47223	1979...
31	OÖ	Deponie Asten I	45110	1062...
32	OÖ	Deponie Asten II (Klärschlamm)	45110	1062...
33	Sbg	Deponie Siggerwiesen	56543	1646/1...
34	Sbg	Deponie St. Veit	55129	1141/1...
35	Sbg	Deponie Radstadt	55314	799/2...
36	Stmk	Deponie Gasselsdorf	65033	21/4...
37	Stmk	Deponie Frohnleiten	63013	2/1,3,4...
38	Stmk	Deponie Bad Aussee	67010	1568/1
39	Stmk	Deponie Halbenrain	66311	597/27
40	Stmk	Deponie Allerheiligen	60229	164...
41	Stmk	Deponie Liezen	67409	324...
42	Stmk	Deponie St. Johann i.d. Haide	64140	1114/9
43	Stmk	Deponie Karlschacht	63355	100/10...
44	Stmk	Deponie Eisenerz - Paulisturz	60108	183/1...
45	Tirol	Deponie Sölden	80110	1920/2...
46	Tirol	Deponie Jochberg	82105	1553...
47	Tirol	Deponie Lavant	85017	763/4
48	Tirol	Deponie Ahrental	81134	706/1
49	Tirol	Deponie Roppen Breite Mure	80107	1255
50	Tirol	Deponie Riederberg	83020	980/3...
51	Vbg	Deponie Königswiesen	92005	1907/2...
52	Vbg	Deponie Böschistobel	90013	8112
53	Wien	Deponie Rautenweg	22. Bez.	465/1
54	Wien	Deponie Langes Feld	21. Bez.	2465...

Tabelle 7-2: Reststoffdeponien in Betrieb

#	Land	Bezeichnung	KG-Nr.	Gst-.Nr.
1	Bgld	Deponie Nord (Abschnitt Ost, 5.1)	30006	6803/1...
55	Ktn	Deponie Arnoldstein-Hohenthurn	75419	1329/1...,
6	Ktn	Deponie Höhenbergen	76336	37...
56	Ktn	Deponie St. Kosmas	74013	746/2...
20	NÖ	Deponie Schwadorf	5219	1034/11...
10	NÖ	Deponie St. Valentin	3128	671...
57	NÖ	Deponie Harlanden	14118	24...
9	NÖ	Deponie Krems - Langenlois III	12109	115/1...
58	NÖ	Deponie Arbesthal	5001	1815...
11	NÖ	Deponie Hohenruppersdorf	6019	2928/1...
17	NÖ	Deponie Fischamend - Reichsstraße	5203	310...
16	NÖ	Deponie Fischamend	5203	657/1...
59	NÖ	Deponie Leopoldsdorf	5210	266/9...
19	NÖ	Deponie Haslau - Maria Ellend	5108	850...
60	OÖ	Deponie Dietach	49225	1176...
61	OÖ	Deponie Linz - St. Peter	45208	722/2...
62	OÖ	Deponie Schießstätte	51224	1390/2...
63	OÖ	Deponie Riedersbach - Ostermiething	40321	1638/2...
33	Sbg	Deponie Siggerwiesen	56543	15...
34	Sbg	Deponie St. Veit	55129	1141/1...
64	Stmk	Deponie Kapfenberg - Am Emberg	60073	70...
65	Stmk	Deponie Krieglach III	60208	295/4...
66	Stmk	Deponie Mitterdorf/Mürztal	60221	14/2...
67	Stmk	Deponie Ganz	60507	102/2...
68	Stmk	Deponie Tongrube Ülmitz	60043	63...
44	Stmk	Deponie Eisenerz - Paulisturz	60108	183/1...
69	Stmk	Deponie Neu Silbergrabenhalde Leoben	60315	302/1...
51	Vbg	Deponie Königswiesen	92005	1907/2...
54	Wien	Deponie Langes Feld		

Tabelle 7-3: Reststoffdeponien außer Betrieb

#	Land	Bezeichnung	KG-Nr.	Gst-.Nr.
119	NÖ	Deponie Stockerau	11142	3687...
78	NÖ	Deponie Trandorf (Mühldorf)	12360	1876...
120	NÖ	Deponie Niederhausleiten	3337	90...
83	NÖ	Deponie Breitensee	7003	624/2
76	NÖ	Deponie Fuchsenbühel	11142	668...
121	OÖ	Deponie Timelkam	50321	1124...
122	OÖ	Deponie Obereck	50316	1643
123	OÖ	Deponie Atzing-Steinerkirchen	51102	489...
124	OÖ	Deponie Ofenloch	50313	1955/2...
125	OÖ	Deponie Linz St. Peter	45208	
126	OÖ	Deponie Handenberg-Adenberg	40001	1237/2,..
127	Stmk	Deponie Feldkirchen bei Graz	63248	280/1...
43	Stmk	Deponie Karlschacht I	63355	100/10...
43	Stmk	Deponie Karlschacht II	63355	100/10...
128	Stmk	Deponie Graz-Straßgang	63122	244/2
129	Stmk	Deponie Straß - Schwemmgut/Murkraftwerke	66116	367/1...
130	Stmk	Deponie St. Martin/Sulmtal	61077	439/1
68	Stmk	Deponie Kapfenberg	60043	124
67	Stmk	Deponie Mürzzuschlag	60507	102/2...
64	Stmk	Reststoffdeponie Kapfenberg	60073	70, 71/1
131	Vbg	Deponie Hohenems - Metallschlämme	92004	7898;

Tabelle 7-4: Massenabfalldeponien und Hausmülldeponien außer Betrieb

#	Land	Bezeichnung	KG-Nr.	Gst-.Nr.
1	Bgld	Deponie Nord (Schüttbereich Ost)	30006	6803/1...
70	Ktn	Deponie Müllnern	75429	1396/1...
71	NÖ	Deponie Horn	10027	446
9	NÖ	Deponie Krems - Langenlois II	12109	115/1...
72	NÖ	Deponie Ameis	13057	856/2...
73	NÖ	Deponie Hollabrunn-Dietersdorf	9007	656
74	NÖ	Deponie Tulln	20107	1777...
75	NÖ	Deponie Waidhofen/Thaya	21101	80/1, 83
76	NÖ	Deponie Fuchsenbühel	11142	668...
59	NÖ	Deponie Leopoldsdorf	5210	266/9...
77	NÖ	Deponie Lichtenwörth	23419	806/2...
78	NÖ	Deponie Mühldorf	12360	1876...
79	NÖ	Deponie Gänserndorf	6006	1641/1
80	NÖ	Deponie Schwechat-Mannswörth	5211	573/9
81	NÖ	Deponie Wiener Neustadt-Vorstadt	23443	1038/1...
82	NÖ	Deponie Großmugl	11123	1088/2
83	NÖ	Deponie Breitensee	7003	624/2
85	NÖ	Deponie Zogelsdorf	10142	314...
86	NÖ	Deponie Oberwinden	19174	566/1...
87	NÖ	Deponie Zwölfaxing	5224	641...
88	NÖ	Deponie Aschbach-Dorf	3202	807/1...
89	NÖ	Deponie Breitenau	23301	119/1
90	NÖ	Deponie Aschbach-Dorf	3202	815...
91	OÖ	Deponie Blankenbacher Au	40014	1853/1
92	OÖ	Deponie Redlham	50303	3130
93	OÖ	Deponie Hehenberg	44018	460...
94	OÖ	Deponie Aichkirchen	51101	345/2
95	OÖ	Deponie Inzersdorf	49110	244/2
96	Sbg	Deponie Saalfelden	57116	1047/5...
97	Stmk	Deponie Knittelfeld - Pausendorf	65124	566/2...
98	Stmk	Deponie Hitzendorf	63233	486/1
99	Stmk	Deponie Hartmannsdorf/Oed	68134	175...
100	Stmk	Deponie Aich/Assach	67601	751/7;
101	Stmk	Deponie Deutschlandsberg-Hollenegg	61030	22/3
102	Stmk	Deponie Mariazell	60403	338/1
103	Stmk	Deponie Weiz - Zattach	68266	148/1...
104	Stmk	Deponie Preding	61049	704/2
105	Stmk	Deponie Frojach-Katsch	65207	883/5
106	Stmk	Deponie Gußwerk	60401	1673
107	Stmk	Deponie Eisenerz-Breitlahnsturz	60108	376/20...
108	Stmk	Deponie Judenburg-Ritzersdorf I	65033	33
109	Stmk	Deponie Judenburg-Ritzersdorf II	65033	38
110	Stmk	Deponie Leoben-Seegraben	60315	250/3...
111	Stmk	Deponie Graz Stadt - Messendorf	63114	834/1...
112	Tirol	Deponie Graslboden	81128	587, 588
113	Tirol	Deponie Pill	87006	1612...
114	Vbg	Deponie Schruns	90104	2017...
115	Vbg	Deponie Sporenegg	91001	2141...
116	Vbg	Deponie Riezlern-Schwand (=Mittelberg)	91012	598...
117	Vbg	Deponie Schoppernau	91016	1795...
118	Vbg	Deponie Hörbranz	91113	2273

7.2 Erfasste Altablagerungsstandorte

Tabelle 7-5: Altablagerungen mit einem Volumen > 25.000 m³ (hausmüllähnliche Abfälle)

Altablagerungen (vorwiegend Hausmüll und Volumen > 20.000 m³)								
ID	X	Y	ID	X	Y	ID	X	Y
1	556395	348024	1654	366628	460183	11598	631416	452084
3	557095	347594	1668	374619	481057	11599	629509	447785
5	558429	347471	1669	380305	485374	11600	629254	450805
6	559330	348440	1672	369109	464779	11601	630010	452127
7	559617	348088	1678	389404	460149	11605	623525	456987
8	557483	349100	1683	658435	488554	11611	621815	454543
9	558083	348586	1684	576382	504393	11618	622713	453961
10	558425	349262	1685	628337	472586	11623	619557	456670
11	558890	348919	1690	364654	469220	11628	619514	456238
16	558621	348709	1691	483123	462975	11629	622618	453472
19	556018	338515	1701	507925	463857	11630	622359	453817
20	556443	337949	1702	507963	464021	11640	622115	454938
26	555652	345093	1703	508113	464021	11642	279772	386328
30	558949	347516	1730	447686	472376	11643	614676	451394
31	558813	345957	1731	450186	475075	11644	615018	450912
36	563681	334532	1732	450336	475975	11645	614195	450679
37	563734	334333	1737	374514	473043	11649	615171	448343
43	565361	349460	1739	388147	457104	11650	616240	447758
44	565555	349284	1745	363061	459381	11651	616656	447520
46	562979	340939	1747	365494	462858	11653	618529	449885
47	561843	342838	1751	449296	493800	11660	618845	451540
49	560928	343969	1757	486655	513918	11667	618005	446920
50	560666	344287	1798	487504	495539	11671	618344	447689
51	560356	344408	1810	431543	431973	11672	618270	447102
52	560214	344275	1812	433804	434389	11673	634272	454435
54	560171	344546	1815	437498	447485	11675	636422	455205
56	562681	340170	1822	432796	451884	11677	637233	456472
63	562023	339675	1823	435488	450719	11685	624282	448069
69	562126	342180	1827	435986	449699	11687	625109	449431
74	559777	343138	1830	443272	445868	11688	624795	449019
76	563678	337824	1831	417194	424843	11691	622067	451390
81	564680	346412	1833	433319	440042	11693	622758	451261
88	557278	342455	1840	436426	478792	11695	619957	447351
89	557077	342428	1848	438897	474288	11696	619272	446975
90	557235	342362	1851	429701	485966	11699	633041	454833
91	557227	342156	1859	438116	480541	11701	632524	454320
93	557000	342564	1870	458645	461838	11702	632058	454494
96	559342	344608	1871	460575	457888	11704	632013	455120
99	559639	344228	1873	458567	442916	11707	630479	453580
101	559302	344234	1874	459109	442737	11710	631112	453947
102	559379	344236	1875	458621	442986	11712	631349	454184
119	556537	343881	1876	468320	443306	11725	633144	455864
144	564050	348991	1889	470279	475623	11726	633771	454596
150	627524	492715	1890	460343	470389	11727	631289	453555
152	619408	475790	1893	461883	478873	11729	632231	454065
154	623852	478314	1895	460884	485170	11730	630252	454300
155	636757	485271	1898	467137	489069	11733	629628	455648
156	628384	486768	1899	466865	487786	11735	630153	454578
157	635484	487511	1920	506624	480628	11737	629973	454561
161	628556	478356	1957	486467	487857	11739	631810	455392
162	626940	477552	1967	506811	479067	11741	629517	456321
164	622351	484795	1968	495059	487263	11744	631669	455997

ID	X	Y	ID	X	Y	ID	X	Y
165	632286	490705	1970	492564	489054	11745	631863	455983
166	632736	491034	1999	406663	476233	11746	631397	455527
167	632815	490866	2000	400569	476554	11747	631203	455271
168	626288	490855	2001	400745	476178	11748	630897	455203
170	629660	494426	2006	393452	486624	11749	630918	454978
171	633380	490582	2012	416068	480735	11752	630330	453485
172	633279	490754	2040	439463	502850	11756	629243	456883
173	633194	490639	2060	438088	509791	11762	632332	455535
175	634797	488772	2071	453481	503017	11764	624640	455896
176	634418	489730	2083	408899	507418	11772	623895	456796
177	636460	487490	2085	409597	508735	11773	625041	456875
178	124139	397340	2093	416161	514835	11774	625222	455067
179	123036	384327	2103	411267	501453	11780	389235	466202
180	159933	374943	2119	467236	459679	11794	411447	480076
181	122327	391858	2122	483354	467034	11797	428102	428569
182	120887	375935	2125	478327	457486	11798	197129	354854
183	116435	381782	2126	477298	454463	11799	197240	355150
184	127886	395761	2138	483338	445482	11802	469215	407404
185	652847	454654	2156	497858	437351	11804	637024	410845
186	645897	417528	2164	455769	497003	11813	360061	324927
187	668849	444779	2182	475887	488337	11814	571196	482268
188	672483	446753	2201	412996	462781	11816	557035	501374
190	662862	439846	2206	421073	452265	11826	612206	389028
191	627988	428568	2207	421775	453270	11828	626408	377472
192	672922	453271	2241	419249	457425	11838	611745	340350
193	650904	408575	2243	409612	453878	11847	616756	347637
194	669818	429818	2259	444113	468399	11848	642897	416774
195	665516	460248	2260	447632	473234	11850	638658	415160
196	663600	443306	2265	455930	477794	11851	635239	415628
198	670605	437659	2266	456369	477619	11853	640598	414135
199	662429	434730	2274	439789	478275	11855	622727	437804
204	635030	416423	2284	440046	463814	11861	625137	433696
205	648589	402720	2292	452354	471553	11865	633876	472920
206	629310	427435	2293	460582	475054	11868	632970	491943
210	617425	378998	2300	500899	477637	11869	612681	439957
211	674348	434771	2303	641579	497563	11872	610668	430532
212	642134	437820	2307	639132	485809	11880	374408	434589
214	388529	380393	2308	643757	492991	11882	381387	426176
215	380327	425982	2309	632311	497100	11883	381353	426802
216	363048	394333	2313	630410	483070	11884	643716	474236
217	439896	298713	2314	633548	480141	11901	379437	436459
221	495752	291544	2315	642282	489732	11910	377467	435739
223	477425	317940	2346	486775	481968	11915	365801	452153
230	485920	329796	2351	435539	446185	11957	375708	440357
231	404059	327650	2353	641305	494297	11963	386724	418235
234	409414	323132	2356	640864	492779	11981	383456	419105
235	619290	444387	2357	648873	490037	11988	371899	432210
236	614279	446732	2359	568816	465983	11989	372309	430271
237	630080	454081	2360	645329	487249	11990	373909	432290
238	615011	434255	2361	616237	539755	11992	371350	431270
239	614274	437540	2366	648425	493871	11996	600207	494589
240	613639	438070	2367	631901	494375	13038	364961	459081
241	637323	476776	2368	632620	491476	13040	552549	481901
242	606921	430575	2369	630545	495949	13041	485395	480908
244	640097	492671	2370	645530	491108	13042	600053	494894
245	633476	494489	2371	646489	492196	13669	599749	494760
250	436190	454466	2373	643111	491655	13670	644358	486056
252	449105	475024	2374	644004	491279	13671	623260	498529
253	459566	476476	2375	643792	492092	13677	513931	464861

ID	X	Y	ID	X	Y	ID	X	Y
255	434787	468825	2376	637767	490058	13678	617352	503906
256	431052	457542	2378	645281	491526	14360	598537	494850
257	482746	463502	2380	594120	446753	30469	447786	471876
258	409404	509099	2382	452914	519643	30470	622695	444635
259	407737	491829	2389	443675	491217	30486	468437	447887
262	474386	484851	2391	451881	489365	30489	639360	486732
264	470852	474988	2393	434546	391816	30490	636225	498118
266	479856	472531	2395	643292	492072	30492	654245	489798
269	470887	476223	2397	641223	497004	30493	653185	490443
270	474081	426008	2401	524347	393639	30495	649658	497766
271	458812	443131	2402	524559	393347	30499	420523	424923
272	457459	444653	2403	525309	394626	30501	594970	436811
273	463171	427079	2404	508558	391905	30763	593963	491066
274	468477	447965	2410	525684	386740	30764	622115	470784
275	445588	444514	2727	642199	473722	32716	621837	467333
278	421696	420231	2728	641941	473874	32718	576348	494311
279	486676	511587	2729	614963	443257	32720	510313	467519
280	371211	467734	2730	615136	443964	32725	553529	377510
281	374777	481197	2736	644079	495004	32732	633758	439731
282	385921	467413	2737	491631	316121	33554	622122	470295
283	374758	440687	2742	482477	486167	33564	568492	467902
286	665325	476798	2749	443309	467195	33565	568878	469434
288	623155	437931	2750	401699	431191	33566	568890	465888
289	508524	463020	2751	373709	435639	33567	568499	468090
292	621289	495438	2762	378207	453663	33569	567869	478583
293	622052	495240	2791	356665	376630	33572	571076	479167
295	476472	304555	2792	336888	375533	33574	569571	478549
296	477203	304384	2802	358964	376210	33575	569977	478022
297	474155	306046	2817	567572	501951	33578	569529	476667
299	470756	308081	2818	615681	445056	33579	569840	476816
301	475713	306204	3020	619640	437435	33584	570199	475157
317	480749	340378	3028	550331	370934	33586	569463	475970
322	470986	330493	3029	555118	399828	33587	569604	475600
336	491448	329392	3030	390523	443567	33588	569359	475570
347	485027	319411	3036	394902	452484	33595	570910	478468
360	458932	313333	3040	384455	422663	33596	564152	474420
384	480625	302462	3056	381406	422514	33597	569770	472982
385	477225	294056	3058	388580	431162	33600	570677	471251
388	475759	291882	3068	319129	372513	33604	572561	486944
392	474047	294144	3074	385675	420244	33606	572271	483380
399	462495	292217	3081	465582	481971	33607	571252	482487
407	463430	299511	3084	483875	480019	33610	567997	479983
411	470558	296015	3095	426831	358845	33616	573401	477711
420	479694	310537	3096	427791	359445	33617	573971	476039
424	478414	310803	3097	427961	359615	33619	579865	477868
429	465051	302690	3116	645406	458038	33623	574964	487884
443	456814	305259	3117	620090	436152	33625	577362	489981
446	429140	295847	3120	387154	460481	33629	580216	483459
449	424325	302907	3127	374638	434099	33632	576521	495415
450	431286	320304	3137	367559	469878	33639	577366	497364
451	432982	317621	3138	421593	453783	33651	577246	490905
453	421579	315927	3140	421293	453483	33653	575500	491145
454	422821	314747	3146	420294	450684	33656	576292	494466
455	438749	296213	3147	421293	450984	34963	634669	457962
468	450245	298487	3149	420044	455883	34969	542676	479626
481	454095	299987	3158	464381	469775	38213	644568	462908
482	451857	300888	3162	377108	387855	38226	609922	430037
487	430783	308685	3173	540401	480830	38228	411447	481235
505	363943	347809	3177	594248	341990	38507	473465	490236

ID	X	Y	ID	X	Y	ID	X	Y
507	375268	315143	3180	378957	427342	38508	620220	444088
518	390789	335895	3181	380906	428192	38510	638684	498698
519	429549	321841	3187	372109	449034	38511	483583	462166
525	396145	331122	3188	382556	440088	38517	487473	475350
526	400647	329517	3189	382706	440388	38519	589313	492898
542	393867	312794	3191	367810	451384	38520	632932	474064
544	365705	331147	3197	355895	375960	38529	594205	421246
551	401405	302298	3263	384055	355256	38534	124727	402148
579	502827	297102	3292	376508	434539	38541	483583	462166
608	506128	307320	3295	552759	398737	38542	608897	430667
634	513980	317675	3307	427191	358815	38543	124678	402313
637	514266	322975	3308	428441	359565	38544	124807	402418
638	511208	322974	3312	572427	532856	38548	587847	512691
642	520864	311225	3313	380077	426192	38549	590074	497029
643	514612	323488	3315	583739	495273	39424	516029	520458
647	514721	326761	3318	584444	495151	39426	620706	442228
648	514475	326052	3319	531919	389230	39427	542666	390710
655	514975	325516	3325	642963	455243	39431	613827	503741
657	514330	325223	3327	535287	464052	39434	635186	543989
671	440489	299912	3329	484077	487017	39436	508063	463472
672	440676	301608	3330	493773	486915	39441	639257	469596
675	443085	303282	3332	281668	388805	39442	614338	451686
678	402560	325701	3335	615409	439266	40649	611188	503159
688	487206	310578	3360	466507	482771	40657	539924	483021
689	510939	301241	3361	468137	482972	40661	634231	472804
695	511372	301644	3362	466931	482871	40664	551241	538637
710	505130	302398	3368	466851	482607	40666	629463	547070
716	497965	303701	3371	466471	482599	40668	584039	505620
724	486623	472817	3376	491374	315336	40670	535376	472590
726	489510	477633	3377	491408	315096	40671	633497	473936
727	486638	473132	3380	665546	475372	40673	636757	459205
731	487170	472804	3401	376038	434549	40675	618028	454580
734	488067	474490	3402	619391	458134	40676	550750	480389
736	413304	319696	3407	379987	435919	40677	550654	480300
737	438925	298031	3421	508728	463213	40678	600575	510082
738	522322	307631	3423	473983	360424	40679	614898	442374
741	452234	300712	3424	470796	407182	40680	648671	466768
742	480095	304815	3428	557377	353617	40681	549392	556586
747	470870	302662	3437	562657	354414	40683	528398	514987
755	310384	409247	3448	558386	351430	40684	628041	472475
757	224073	341459	3456	557772	352469	40688	628037	471274
758	202766	403706	3457	557956	352439	40690	537515	480376
759	193024	367186	3461	557398	352937	40691	572268	512448
760	274276	381288	3472	559007	352058	40694	558583	411130
761	294541	396203	3478	561325	353132	41733	632467	471845
763	330425	383408	3491	562395	349934	41736	633476	494489
764	364809	321027	3495	563066	350508	41741	573058	530789
766	257756	375724	3500	562820	350978	41743	569239	503639
779	412846	481512	3520	665506	444187	41751	123604	392473
786	430370	484997	3528	458343	461890	41754	623460	472848
787	631044	455015	3537	457432	462245	41760	615811	428327
790	615601	438180	3578	475896	481779	41762	634721	476453
791	637138	491920	3590	615678	439013	41767	614066	492635
794	534974	463980	3596	441036	465324	41771	602881	426897
808	570068	320490	3598	442682	466993	41775	474038	306058
816	566295	327303	3607	458696	488583	41779	269565	379735
817	480423	304766	3638	546080	396421	41789	612687	482640
819	381256	429061	3642	574458	369933	41790	605095	493598
820	381117	423381	3646	412580	448261	41802	637624	514783

ID	X	Y	ID	X	Y	ID	X	Y
821	381363	426606	3663	449455	447970	41803	128773	394661
823	368590	426247	3666	459245	442873	41815	634399	476751
824	391773	390904	3669	454403	456631	41818	130388	368787
825	384931	422288	3679	428542	483084	41819	629105	471359
826	383875	360605	3712	629759	494342	44237	594244	496194
827	374985	432780	3713	630134	494590	45582	631849	499004
828	376448	433160	3733	629907	494298	45586	631714	459746
829	379488	436076	3746	629872	494636	45593	638128	493677
830	374705	433117	3800	629853	483238	45594	639204	493763
831	374688	432842	3861	468827	444084	45597	639851	494751
832	377714	436315	3871	210641	373190	45599	640408	494653
833	377284	436888	3898	635852	486516	45602	638947	494945
834	378999	430832	3962	631121	484631	45603	637193	495273
835	379757	436239	3968	633594	484262	45604	641347	494259
836	380656	428841	3989	377806	478576	45605	639688	492843
837	377314	436080	3991	383405	476927	45610	652906	499268
838	376594	437123	4036	453112	494724	45614	649847	497631
839	375658	437888	4037	453037	494169	45616	645441	490947
840	376029	438132	4073	469431	483120	45617	645805	491375
850	470004	486559	4104	502118	439301	45619	645014	491516
851	470014	486463	4107	468131	482071	45624	646128	492208
854	473730	489668	4116	463244	493038	45625	643973	491317
868	650389	439404	4118	461984	492668	45626	642065	491859
869	514183	372089	6066	646189	493301	45641	643158	495819
872	522276	388739	6068	635508	528824	45642	642959	495271
873	622188	470086	6069	616476	474035	45653	631961	493873
874	609467	435341	6072	637887	475449	45654	631745	494443
875	621394	459202	6074	634117	474754	45655	632751	494535
982	615298	450123	6075	633643	473248	45657	633510	492195
983	614606	452497	6076	632513	473327	45658	633501	490862
985	637393	475137	6078	640050	475017	45659	632304	491795
989	574031	475989	6079	659665	502448	45668	631344	494599
991	569546	475545	6100	452285	470626	45669	632229	493719
996	631561	472010	6106	617104	367388	45675	632513	497550
997	632349	469740	6107	611529	371335	45676	632369	497405
1004	621958	466787	6113	638139	442851	45677	632501	497177
1006	613948	492840	6117	646309	445018	45678	632411	497850
1008	613731	513993	6119	676259	439371	45679	632086	493793
1009	636435	540134	6124	671797	430295	45680	641221	498133
1017	522841	471027	6148	557180	553176	45681	641263	498050
1022	601736	498171	6149	575919	524086	45682	641497	497894
1029	607183	486676	6153	596900	447281	45686	641197	497040
1034	615340	443872	6157	539653	492564	45687	638661	498676
1035	637144	495837	6162	569499	506438	45689	637064	498341
1039	568383	468067	6164	633468	494839	45708	643468	483415
1041	485673	467493	6170	534472	352751	45712	639022	486403
1043	637747	475069	6172	432815	461490	45714	639178	481126
1046	253557	370584	6178	193113	367464	45715	640663	479054
1050	508856	464668	6193	451235	474775	45720	645041	481281
1051	508963	464664	6196	477540	465034	45721	645164	479494
1054	519397	547003	6197	481524	462076	45722	645964	482501
1059	606371	490846	6221	378800	351411	45728	642731	488441
1063	436475	482741	6223	631682	454349	45729	642560	488518
1065	586524	425851	7082	615582	457157	45731	648199	486710
1069	320629	394504	7089	624583	488154	45734	650549	482478
1073	327626	403200	7090	622984	453171	45739	647308	478217
1075	312943	393399	7091	638193	405188	45755	655274	479803
1080	321129	394104	7095	424122	425253	45758	659358	478201
1094	343420	402900	7099	434174	448210	45760	659108	479452

ID	X	Y	ID	X	Y	ID	X	Y
1100	339921	412097	7100	552637	376267	45762	660618	480036
1106	313882	393554	7106	615006	465468	45764	667813	486053
1116	207684	395063	7109	573550	505184	45768	664694	486577
1121	205026	402388	9693	450136	475875	45770	667199	485564
1127	218668	394539	9695	451385	475275	45772	653358	483129
1161	195802	401030	9696	451685	476374	45778	655590	483376
1183	198094	409639	9701	421413	450824	45782	658569	488608
1194	458684	443330	9704	458909	443193	45786	656359	486365
1195	458707	443047	9708	420793	415496	45788	658344	488661
1205	245140	372809	9714	451635	475675	45789	657570	488921
1226	259979	377009	9721	473430	484069	45790	657338	488858
1228	239579	376475	10429	544982	547742	45791	663745	488582
1238	240722	387935	11419	569983	508079	45792	663211	488101
1265	256673	378766	11421	470219	470874	45795	667012	488714
1289	243288	376682	11433	407698	505170	45796	665302	489499
1354	309434	401501	11443	408398	508219	45800	651832	479231
1364	316172	412662	11471	576741	509270	45801	651206	478126
1371	306135	402750	11472	622112	466693	45807	659593	502647
1372	291542	395703	11473	562882	475129	45812	646780	499613
1373	292142	396403	11474	636624	534547	45814	659925	495278
1402	315032	403200	11475	647324	499537	45815	658746	496702
1405	301138	412795	11477	560736	535259	45816	658741	496667
1407	301340	392164	11483	436240	478325	45820	661208	493179
1434	360031	324767	11496	651793	479194	45824	660698	499052
1454	205472	371439	11501	408278	506820	45825	650420	503104
1459	213459	373592	11517	418746	495872	45827	650391	501475
1545	166782	348823	11543	444588	481074	45832	653777	497389
1593	171503	364847	11548	377106	480475	45838	630706	497700
1635	434572	411401	11557	357723	466852	45841	635970	499042
1636	500363	364619	11582	433239	434439	50143	647297	499683
1645	619495	444094	11585	655638	535171	50147	480234	483003
1647	615235	425860	11591	421912	419880			
1653	385907	462780	11597	631573	452217			

7.3 Vergleich der Gefährdungsklassifikationen visuell – automatisiert

Tabelle 7-6: Vergleich der Ergebnisse aus der automatisierten Abfrage mit der visuellen Beurteilung der Hochwassergefährdung anhand des HORA-Datensatzes

Visuell		Automatisiert			
ID	Klassifikation	HW	R = 50 m	R = 150 m	R = 400 m
3	gefährdet			1	1
4	gefährdet		1	1	1
7	gefährdet			1	1
10	w. nicht gef.				
14	evtl. gefährdet			1	1
15	evtl. gefährdet			1	1
17	evtl. gefährdet				
22	gefährdet		1	1	1
27	evtl. gefährdet			1	1
31	gefährdet	1	1	1	1
32	gefährdet	1	1	1	1
33	gefährdet	1	1	1	1
34	evtl. gefährdet				1
35	evtl. gefährdet				1
36	evtl. gefährdet		1	1	1
38	evtl. gefährdet			1	1
40	gefährdet		1	1	1
41	gefährdet	1	1	1	1
43	gefährdet	1	1	1	1
46	evtl. gefährdet			1	1
47	evtl. gefährdet			1	1
51	gefährdet			1	1
55	evtl. gefährdet			1	1
57	gefährdet	1	1	1	1
62	gefährdet		1	1	1
63	evtl. gefährdet			1	1
65	gefährdet		1	1	1
66	evtl. gefährdet		1	1	1
70	evtl. gefährdet			1	1
81	gefährdet	1	1	1	1
84	evtl. gefährdet			1	1
91	gefährdet	1	1	1	1
92	gefährdet	1	1	1	1
96	evtl. gefährdet				1
100	evtl. gefährdet			1	1
105	evtl. gefährdet			1	1
108	evtl. gefährdet		1	1	1
109	evtl. gefährdet			1	1
113	gefährdet	1	1	1	1
114	evtl. gefährdet		1	1	1
115	evtl. gefährdet			1	1
117	gefährdet		1	1	1
118	evtl. gefährdet			1	1
121	evtl. gefährdet				1
122	gefährdet	1	1	1	1
124	evtl. gefährdet				1
131	gefährdet	1	1	1	1

Es lässt sich erkennen, dass die Standorte der Kategorie „gefährdet“ in etwa denen entsprechen die im Hochwasserabflussbereich liegen. Die Kategorie „eventuell gefährdet“ wird im Wesentlichen (ca. 90 % der Standorte) durch die Abfrage mit Radius von R = 150 m erfasst. Die Abfrage mit R = 400 m beinhaltet zwar alle potentiell gefährdeten Standorte und wird für Altablagerungen nicht mehr als Indikator für potentielle Hochwassergefährdung gewertet. Altablagerungen weisen im Mittel eine geringere Ausdehnung als Deponien auf, daher ist für über 150 m anzunehmen, dass vorwiegend Standorte hinzukommen, die nicht mehr als potentiell hochwassergefährdet zu bezeichnen wären.

7.4 Potentielle Hochwassergefährdung von Deponien

Tabelle 7-7: Potentiell gefährdete Deponiestandorte (Kategorien „gefährdet“ und „evtl. gefährdet“)

#	Deponietyp	X*	Y*	Klassifikation
3	Massenabfall	413306	319869	gefährdet
4	Massenabfall	480157	304793	gefährdet
7	Massenabfall	422913	314730	gefährdet
10	Massenabfall	489719	477599	w. n. gefährdet**
14	Massenabfall	623407	501080	evtl. gefährdet
15	Massenabfall	586378	425863	evtl. gefährdet
17	Massenabfall	642123	474628	evtl. gefährdet
22	Massenabfall	617367	539824	gefährdet
27	Massenabfall	482965	463610	evtl. gefährdet
31	Massenabfall	480739	482275	gefährdet
32	Massenabfall	480739 ?	482275 ?	gefährdet
33	Massenabfall	374838	440880	gefährdet
34	Massenabfall	388421	380330	evtl. gefährdet
35	Massenabfall	414138	388176	evtl. gefährdet
36	Massenabfall	497533	368131	evtl. gefährdet
38	Massenabfall	435042	409858	evtl. gefährdet
40	Massenabfall	555086	399857	gefährdet
41	Massenabfall	470638	407248	gefährdet
43	Massenabfall	534128	352680	gefährdet
46	Massenabfall	330511	383478	evtl. gefährdet
47	Massenabfall	364730	321091	evtl. gefährdet
51	Massenabfall	124720	402130	gefährdet
55	Reststoffdeponien	427193	295427	evtl. gefährdet
57	Reststoffdeponien	538918	479130	gefährdet
62	Reststoffdeponien	455215	474483	gefährdet
63	Reststoffdeponien	362866	459624	evtl. gefährdet
65	Reststoffdeponien	566780	407781	gefährdet
66	Reststoffdeponien	563326	406375	evtl. gefährdet
70	Hausmülldeponien	438859	298003	evtl. gefährdet
81	Hausmülldeponien	619637	437199	gefährdet
84	Hausmülldeponien	528030	546458	evtl. gefährdet
91	Hausmülldeponien	374417	480913	gefährdet
92	Hausmülldeponien	431207	457903	gefährdet
96	Hausmülldeponien	363332	394213	evtl. gefährdet
100	Hausmülldeponien	434747	391848	evtl. gefährdet
105	Hausmülldeponien	473989	360424	evtl. gefährdet
108	Hausmülldeponien	499108	367295	evtl. gefährdet
109	Hausmülldeponien	499753	367133	evtl. gefährdet
113	Hausmülldeponien	274060	381220	gefährdet
114	Hausmülldeponien	142613	355298	evtl. gefährdet
115	Hausmülldeponien	137432	394147	evtl. gefährdet
117	Hausmülldeponien	150837	383876	gefährdet
118	Hausmülldeponien	130536	413419	evtl. gefährdet
121	Reststt. (geschlossen)	419098	457538	evtl. gefährdet
122	Reststt. (geschlossen)	421591	453742	gefährdet
124	Reststt. (geschlossen)	421123	452178	evtl. gefährdet
131	Reststt. (geschlossen)	124315	392852	gefährdet

*Lagekoordinaten (X, Y) beziehen sich auf das Projektionssystem Lambert (verwendet in HORA)

**Dieser Standort wird im niederösterreichischen Wasserdatenverbund als hochwassergefährdet ausgewiesen, deshalb hier mitberücksichtigt.

7.5 Potentielle Hochwassergefährdung von Altablagerungen

Tabelle 7-8: Gefährdete Altablagerungen basierend auf dem HORA-Datensatz

Gefährdete Altablagerungsstandorte									
ID	**HQ**	**ID**	**HQ**	**ID**	**HQ**	**ID**	**HQ**	**ID**	**HQ**
19	HQ30	1065	HQ30	11471	HQ30	234	HQ100	241	HQ200
20	HQ30	1183	HQ30	11501	HQ30	487	HQ100	678	HQ200
37	HQ30	1372	HQ30	11548	HQ30	816	HQ100	832	HQ200
178	HQ30	1434	HQ30	11582	HQ30	835	HQ100	836	HQ200
180	HQ30	1669	HQ30	11675	HQ30	837	HQ100	839	HQ200
182	HQ30	1684	HQ30	11726	HQ30	838	HQ100	854	HQ200
262	HQ30	1812	HQ30	11729	HQ30	1226	HQ100	3989	HQ200
273	HQ30	2040	HQ30	11794	HQ30	3020	HQ100	11773	HQ200
281	HQ30	2314	HQ30	11814	HQ30	3056	HQ100	11847	HQ200
286	HQ30	2346	HQ30	11883	HQ30	3181	HQ100	11884	HQ200
385	HQ30	2351	HQ30	11957	HQ30	4036	HQ100	11996	HQ200
392	HQ30	2792	HQ30	11981	HQ30	4037	HQ100	13042	HQ200
453	HQ30	2817	HQ30	13041	HQ30	6197	HQ100	33607	HQ200
454	HQ30	3058	HQ30	13669	HQ30	11599	HQ100		
505	HQ30	3308	HQ30	13671	HQ30	11643	HQ100		
518	HQ30	3607	HQ30	14360	HQ30	11813	HQ100		
671	HQ30	4116	HQ30	33572	HQ30	11838	HQ100		
672	HQ30	4118	HQ30	33600	HQ30	11882	HQ100		
736	HQ30	6076	HQ30	33606	HQ30	13671	HQ100		
747	HQ30	6078	HQ30	38507	HQ30	33639	HQ100		
758	HQ30	6079	HQ30	38543	HQ30	38520	HQ100		
761	HQ30	6153	HQ30	38544	HQ30	41790	HQ100		
820	HQ30	6170	HQ30	40690	HQ30				
824	HQ30	6193	HQ30	41743	HQ30				
833	HQ30	9721	HQ30	41779	HQ30				
1022	HQ30	11433	HQ30	50147	HQ30				

Tabelle 7-9: Eventuell gefährdete Altablagerungen basierend auf dem HORA-Datensatz (Abfrage mit R = 150 m)

Eventuell gefährdete Altablagerungsstandorte									
ID	**Buffer**	**ID**	**Buffer**	**ID**	**Buffer**	**ID**	**Buffer**	**ID**	**Buffer**
36	R=150 m	757	R=150 m	2126	R=150 m	3377	R=150 m	11988	R=150 m
144	R=150 m	759	R=150 m	2138	R=150 m	3423	R=150 m	30486	R=150 m
181	R=150 m	760	R=150 m	2156	R=150 m	3424	R=150 m	32725	R=150 m
212	R=150 m	763	R=150 m	2206	R=150 m	3596	R=150 m	33564	R=150 m
214	R=150 m	764	R=150 m	2207	R=150 m	3638	R=150 m	33565	R=150 m
216	R=150 m	766	R=150 m	2241	R=150 m	3642	R=150 m	33566	R=150 m
217	R=150 m	808	R=150 m	2313	R=150 m	3663	R=150 m	33567	R=150 m
221	R=150 m	817	R=150 m	2359	R=150 m	6068	R=150 m	33619	R=150 m
230	R=150 m	819	R=150 m	2361	R=150 m	6074	R=150 m	38213	R=150 m
256	R=150 m	821	R=150 m	2373	R=150 m	6157	R=150 m	38228	R=150 m
257	R=150 m	826	R=150 m	2382	R=150 m	7095	R=150 m	38510	R=150 m
274	R=150 m	828	R=150 m	2391	R=150 m	9701	R=150 m	38529	R=150 m
278	R=150 m	829	R=150 m	2393	R=150 m	11421	R=150 m	38534	R=150 m
279	R=150 m	834	R=150 m	2401	R=150 m	11543	R=150 m	38549	R=150 m
283	R=150 m	840	R=150 m	2402	R=150 m	11597	R=150 m	39424	R=150 m
293	R=150 m	868	R=150m	2404	R=150 m	11598	R=150 m	39431	R=150 m
299	R=150 m	869	R=150 m	2737	R=150 m	11605	R=150 m	39442	R=150 m
360	R=150 m	996	R=150 m	2742	R=150 m	11642	R=150 m	40671	R=150 m
388	R=150 m	1075	R=150 m	2751	R=150 m	11645	R=150 m	40688	R=150 m
399	R=150 m	1106	R=150 m	2791	R=150 m	11673	R=150 m	41733	R=150 m
429	R=150 m	1116	R=150 m	2802	R=150 m	11691	R=150 m	41751	R=150 m
449	R=150 m	1205	R=150 m	3029	R=150 m	11693	R=150 m	41771	R=150 m
450	R=150 m	1371	R=150 m	3068	R=150 m	11701	R=150 m	41815	R=150 m
468	R=150 m	1545	R=150 m	3096	R=150 m	11772	R=150 m	41819	R=150 m
519	R=150 m	1593	R=150 m	3117	R=150 m	11798	R=150 m	44237	R=150 m
525	R=150 m	1636	R=150 m	3138	R=150 m	11799	R=150 m	45593	R=150 m
544	R=150 m	1668	R=150 m	3140	R=150 m	11802	R=150 m	45602	R=150 m
647	R=150 m	1691	R=150 m	3147	R=150 m	11828	R=150 m	45605	R=150 m
648	R=150 m	1745	R=150 m	3197	R=150 m	11850	R=150 m	45687	R=150 m
655	R=150 m	1751	R=150 m	3263	R=150 m	11869	R=150 m	45762	R=400 m
737	R=150 m	1827	R=150 m	3292	R=150 m	11901	R=150 m	45764	R=150 m
742	R=150 m	1851	R=150 m	3332	R=150 m	11910	R=150 m	45807	R=150 m
755	R=150 m	1890	R=150 m	3376	R=150 m	11963	R=150 m	45827	R=150 m

Tabelle 7-10: Altablagerungen die bei einem Abfrageradius von 400 m zusätzlich enthalten sind (basierend auf dem HORA-Datensatz)

Eventuell gefährdete Altablagerungsstandorte									
ID	**Buffer**	**ID**	**Buffer**	**ID**	**Buffer**	**ID**	**Buffer**	**ID**	**Buffer**
76	R=400 m	688	R=400 m	2300	R=400 m	3861	R=400 m	11797	R=400 m
91	R=400 m	716	R=400 m	2380	R=400 m	3871	R=400 m	11851	R=400 m
191	R=400 m	734	R=400 m	2389	R=400 m	3991	R=400 m	11915	R=400 m
193	R=400 m	1017	R=400 m	2403	R=400 m	4104	R=400 m	13040	R=400 m
206	R=400 m	1039	R=400 m	2410	R=400 m	6069	R=400 m	30499	R=400 m
215	R=400 m	1041	R=400 m	2749	R=400 m	6072	R=400 m	33575	R=400 m
223	R=400 m	1059	R=400 m	3036	R=400 m	6148	R=400 m	33632	R=400 m
244	R=400 m	1073	R=400 m	3040	R=400 m	6172	R=400 m	39426	R=400 m
250	R=400 m	1094	R=400 m	3095	R=400 m	6178	R=400 m	40649	R=400 m
252	R=400 m	1121	R=400 m	3097	R=400 m	6221	R=400 m	40657	R=400 m
255	R=400 m	1161	R=400 m	3146	R=400 m	7091	R=400 m	40670	R=400 m
266	R=400 m	1289	R=400 m	3149	R=400 m	7099	R=400 m	41760	R=400 m
282	R=400 m	1373	R=400 m	3162	R=400 m	9695	R=400 m	41762	R=400 m
289	R=400 m	1731	R=400 m	3187	R=400 m	9704	R=400 m	41789	R=400 m
317	R=400 m	1798	R=400 m	3189	R=400 m	9708	R=400 m	45586	R=400 m
322	R=400 m	1810	R=400 m	3191	R=400 m	11611	R=400 m	45594	R=400 m
407	R=400 m	1833	R=400 m	3295	R=400 m	11640	R=400 m	45610	R=400 m
420	R=400 m	1859	R=400 m	3307	R=400 m	11644	R=400 m	45626	R=400 m
507	R=400 m	1876	R=400 m	3318	R=400 m	11651	R=400 m	45795	R=400 m
526	R=400 m	1970	R=400 m	3401	R=400 m	11653	R=400 m	45824	R=400 m
634	R=400 m	2000	R=400 m	3407	R=400 m	11660	R=400 m	45825	R=400 m
637	R=400 m	2001	R=400 m	3421	R=400 m	11671	R=400 m		
642	R=400 m	2093	R=400 m	3478	R=400 m	11741	R=400 m		
643	R=400 m	2103	R=400 m	3666	R=400 m	11744	R=400 m		
657	R=400 m	2119	R=400 m	3800	R=400 m	11756	R=400 m		

7.6 Detailinformation zu potentiell hochwassergefährdeten Deponiestandorten

Tabelle 7-11: Ablagerungshistorie und Informationen zur Deponieausführung für potentiell hochwassergefährdete Deponiestandorte

#	Abgelagerte Abfälle	Ablagerungszeitraum	Ablagerungs-volumen [m^3]	Schütthöhe	Z-Koordinate [m.ü.A] hoch/tief
3	Hausmüll, Bauschutt, gef. Abfall	1967 - lfd.	900000	10 bzw. max. 19 m	546/527
4	Hausmüll, Bauschutt, gef. Abfall	1973 - lfd.	1650000	10 bzw. max. 15 m	458/433
10	Hausmüll	1971 - lfd.	690000	15 bzw. max. 20 m	Sohle: 247
14	Hausmüll, Bauschutt	1986 - lfd.	200000	20 m	194,3/171,9
15	Gewerbemüll, Bauschutt, Spuckstoffe , eh. Hausmüllablagerungen	1980 - lfd.	172000	10 - 15 m	(508 - 500) / (494-495)
27	Hausmüll, Gewerbeabfall	1970 - lfd.	620000	8 m	
31	Hausmüll, MBA-Sortierreste	1963 - lfd.	3100000	25 m	Sohle: 247,1
33	Hausmüll, Sperrmüll, Bauschutt, Reststoffe	1978 - lfd.	3000000	15 m	434
34	Hausmüll, Sperrmüll, Reststoffe	1966 - lfd.	800000	17 m	605
36	Hausmüll, Sperrmüll, Biomüll	1992 - lfd.	445000	24 m	757 - 787/748
38	Hausmüll	1982 - lfd.	ca. 200000	12 m	
40	Haus- u. Sperrmüll, Klärschlamm	1979 - lfd.	600000	7 m	533
41	Hausmüll, Sperrmüll	1981 - lfd.	300000	15 m (geschätzt)	
43	Hausmüll, Sperrmüll, Reststoffe	1973 - lfd.	ca. 1000000	6 m	
46	Haus- u. Gewerbemüll, Bauschutt	1962 - lfd.	150000	8 m	1000
47	Hausmüll, gefährliche Abfälle, Bauschutt, MBA-Material	1979 - lfd.	430000	25 m	640/74
51	Hausmüll, Reststoffe (Metallhydroxide, Schlacken)	1975- lfd.	1750000	22 m	400 - 431
70	Hausmüll, Bauschutt	1984 - 1999	750000 - 800000	ca. 18 m	539/515
91	Hausmüll, Sperrmüll, Gewerbeabfälle	1970 - 2003	327500	ca. 12 m	342/356
92	Haus-, Sperr- und Gewerbemüll	1973 - 2005	1600000	15 m	
96	Haus- u. Gewerbemüll, Bauschutt, Aushubmaterial	1969 - 1998	590000	35 m	
100	Hausmüll	1978 – 1996 (lfd.)	110000	25 m	
105	Hausmüll	1981 - 1995	65000	14 m	
108	Hausmüll	1975 - 1982	?	?	751
109	Hausmüll	1982 - 1993	300000	20	745 (hoch)
113	vorbeh. Hausmüll (Rotteballen)	1973 - 1990	850000	2,5 - 3 m	
114	Hausmüll, Bodenaushub	1958 - 1978	70000	3 m	540 - 545
115	Hausmüll, Gewerbemüll	1988 - 2004	125000	11 m	733 - 772
117	Hausmüll (Sperrmüll)	1985 - 1994	10000 - 15000	5 m	632 - 640
118	Bodenaushub, Baurestmassen, Haus- u. Gewerbemüll	1962 - 1966	40000	6 m	910 - 926

Tabelle 7-12: Klimadaten und Informationen zum Wasserhaushalt der potentiell hochwassergefährdeten Deponiestandorte

#	Mittlerer Jahres-NS [mm]	Mittlere akt. Gebiets-verdunstung [mm]	Oberflächenabdeckung	Basisdichtung	SW-Behandlung
3	957	573	mineralische Deckschicht	Gesichert	Kanal - ARA
4	926	610	mineralische Deckschicht	Umschließung	Kanal - ARA
10	765	592		Kombinationsdichtung	Sammlung - Vorfluter
14	558	482		Folie	
15	1132	550	ja (mit Dränflies)	Kombinationsdichtung	Kanal - ARA
27	1005	600		Schmalwandumschließung	Kanal - ARA
31	758	584		Dichtwandumschließung	Kanal - ARA
33	1183	639		Kombinationsdichtung	Vorbehandlung - Kanal - ARA
34	1135	523	Rekultivierungsschicht	Kombinationsdichtung	Behandlung - Vorfluter
36	861	593		Kombinationsdichtung	Behandlung - Vorfluter
38	1608	479		Folie (HDPE)	Kanal - ARA
40	848	584	in Schüttung	Kombinationsdichtung	Kanal - ARA
41	1159	522		Asphalt (1995 Anpassung)	Kanal - ARA
43	898	592		Mineral. Dichtung (1995 Anpassung)	Kanal - ARA
46	1161	471		Umschließung	Kanal - ARA
47	1060	474	Mineralische Abdichtung	Mineral. Dichtung (Neu: Kombinationsdichtung)	Sammlung - ARA
51	1366	560	1 m bindiges Material	Alt: Umschließung; Neu: Kombinationsdichtung	Kanal - ARA
70	1202	614	stab. Klärschlamm	Kombinationsdichtung	Kanal - ARA
91	914	626	rekultiviert (Methanoxidation)	Umschließung (seit 1997)	Kanal - ARA
92	994	621		Kombinationsdichtung	ARA - Kanal - ARA
96	1313	475	Abdichtung (seit 1998)	Umschließung (seit 1990)	keine
100	1084	459		Folie	Rückverrieselung
105	892	540	Müllkompost	vorhanden	?
108	858	599	rekultiviert	?	Kanal - ARA
109	858	599	rekultiviert	?	?
113	1155	625	sU + Rekultivierung	keine	keine
114	1390	268	begrünt	keine	keine
115	2055	496	1 m bindiges Material	Kombinationsdichtung	ARA (Tankwagen)
117	2190	356	bindiges Material	keine	ja
118	1836	607	Humusschicht	keine	keine

Tabelle 7-13: Homogenität der Wasserströmung und Stabilisierung der ausgewählten potentiell hochwassergefährdeten Deponiestandorte

#	Homogenität ζ (niedrig)	Homogenität ζ (hoch)	W/F-Verhältnis (korrigiert, niedrig)	W/F-Verhältnis (korrigiert, hoch)
3	0,35	0,8	3,7	1,6
4	0,35	0,8	2,6	1,1
10	0,32	0,78	1,1	0,4
14	0,26	0,76	0,3	0,1
15	0,35	0,78	3,1	1,4
27	0,44	0,82	3,7	2,0
31	0,25	0,75	1,0	0,3
33	0,32	0,78	2,8	1,2
34	0,29	0,76	4,2	1,6
36	0,25	0,75	0,6	0,2
38	0,35	0,78	5,6	2,5
40	0,5	0,82	1,8	1,1
41				
43	0,52	0,84	2,7	0,6
46	0,44	0,82	7,4	3,9
47	0,25	0,75	2,2	0,7
51	0,25	0,75	3,8	1,3
70	0,28	0,74	3,0	1,1
91				
92	0,3	0,78	2,4	0,9
96	0,25	0,75	3,7	1,2
100	0,25	0,75	3,3	1,1
105	0,32	0,76	2,5	1,0
108				
109	0,26	0,76	1,6	0,6
113	0,75	0,95	10,7	8,5
114	0,74	0,94	31,8	25,0
115	0,35	0,78	7,5	3,4
117	0,6	0,85	17,1	12,1
118	0,56	0,84	28,6	19,1

Anmerkung: Zur Berechnung des Stabilisierungsgrades wurde für den abgelagerten Abfall ein Wassergehalt von w = 40 % (z.B. Krümpelbeck 2000) und eine Dichte von ρ = 1000 kg/m^3 (z.B. Obersteiner et al. 2007) angenommen.

7.7 Detailinformation zu potentiell hochwassergefährdeten Altablagerungen

Tabelle 7-14: Ablagerungshistorie und Detailinformationen für potentiell hochwassergefährdete Altablagerungen

#	Abgelagerte Abfälle	Ablagerungszeitraum*	Ablagerungsvolumen [m^3]	Schütthöhe [m]	Sohlkote [müA]	Wasserbilanz [mm] (NS – Verdunstung)
19	Hausmüll	1963 bis 1987	110500	3,4	312	250
20	Hausmüll	1963 bis 1987	129575	3,7	311	250
37	Hausmüll, Bauschutt, gefährliche Abfälle	1970 bis 1987	68000	8,0	294	264
178	Aushubmaterial/Abraum, Hausmüll, Bauschutt	bis 1972	105000	3,5		804
180	Hausmüll, Bauschutt	1966 bis 1989	100000	50,0		2216
182	Hausmüll, Bauschutt		44000	4,4		828
234	Aushubmaterial/Abraum, Hausmüll, Bauschutt	1970 bis 1982	80000	4,2		463
241	Hausmüll, Bauschutt, Aushubmaterial/Abraum	1965 bis 1973	240000	3,6	145	77
262	gefährliche Abfälle		60000	3,6		210
273	Hausmüll	1950 bis 1986	70000	23,3	519	975
281	Industrie-/Gewerbemüll, gefährliche Abfälle	1960 bis 1991	370000	9,3		288
286	Hausmüll	1950 bis 1970	30000	1,5	142	68
385	Aushub, Bauschutt, Hausmüll, gefährliche Abfälle		30000	6,0		839
392	Hausmüll, Bauschutt	1963 bis 1970	25000	5,0		748
453	Hausmüll	1972 bis 1982	25000	5,0		357
454	Industrie-/Gewerbemüll	seit 1961	500000	15,6		357
487	Aushubmaterial/Abraum, Hausmüll, Bauschutt	bis 1972	35000	7,0		489
505	Hausmüll	1965 bis 1979	50000	6,3		919
518	Hausmüll, Bauschutt		25000	5,0		483
671	Hausmüll	bis 1971	300000	4,6	487	658
672	Hausmüll, Bauschutt		41000	2,1		567
678	Hausmüll, gefährliche Abfälle	seit 1982	35000	3,5		449
736	Aushub, Hausmüll, Bauschutt, gefährliche Abfälle	1980 bis 2030	850000	4,3	515	384
747	Aushubmaterial/Abraum, Hausmüll, Bauschutt	1945 bis 1948	500000	1,9		350
758	Hausmüll, Industrie-/Gewerbemüll, Bauschutt	1976 bis 1993	130000	4,3		891
761	Hausmüll, Bauschutt, Industrie-/Gewerbemüll	1971 bis 1988	25000	2,3	503	646
816	Hausmüll, Bauschutt, Industrie-/Gewerbemüll	seit 1973	60000	5,0		336
820	Hausmüll, Aushub, gefährliche Abfälle	1970 bis 1979	270000	4,5		894
824	Aushub, Bauschutt, Hausmüll, gefährliche Abfälle	bis 1965	102000	6,0		678
832	Hausmüll, Bauschutt, Aushubmaterial/Abraum		80000	4,0	411	644

Fortsetzung Tabelle 7-14:

#	Abgelagerte Abfälle	Ablagerungszeitraum*	Ablagerungsvolumen [m^3]	Schütthöhe [m]	Sohlkote [müA]	Wasserbilanz [mm] (NS – Verdunstung)
833	Hausmüll		200000	5,7	407	605
835	Hausmüll	bis 1963	250000	5,0		644
836	Hausmüll	bis 1966	114000	6,0		659
837	Hausmüll, Bauschutt, Aushub	1965 bis 1969	350000	4,4		664
838	Hausmüll, Aushub, Bauschutt	1959 bis 1977	570000	5,0	408	605
839	Bauschutt, Aushub, Industrie-/Gewerbemüll	seit 1973	570000	5,0		605
854	Hausmüll, Bauschutt, Aushubmaterial/Abraum	1903 bis 1962	600000	6,7	248	292
1022	gefährliche Abfälle	1972 bis 1984	200000	4,5	172	93
1065	Hausmüll, Bauschutt		100000	3,3		583
1183	Aushubmaterial/Abraum, Bauschutt, Hausmüll	1970 bis 1993	80000	6,2	785	790
1226	Hausmüll, Bauschutt, Industrie-/Gewerbemüll	1960 bis 1973	210000	3,0	557	329
1372	Aushubmaterial/Abraum, Bauschutt, Hausmüll	1964 bis 1981	75000	1,5	513,5	807
1434	Hausmüll, Bauschutt, Aushubmaterial/Abraum	1968 bis 1980	100000	5,0	651	413
1669	Aushub, Hausmüll, Bauschutt, gefährliche Abfälle	1970 bis 1976	35000	2,5		236
1684	Hausmüll, Bauschutt, Aushubmaterial/Abraum	bis 1985	34000	2,4	189	20***
1812	Industrie-/Gewerbemüll, Bauschutt, gef. Abfälle	seit 1958	48000	4,0	421	1190
2040	Industrie-/Gewerbemüll	bis 1988	35000	10,0	296	341
2314	gefährliche Abfälle	1920 bis 1971	200000	5,7	153	54
2346	Aushubmaterial/Abraum, Bauschutt, Hausmüll,	1961 bis 1976	110000	3,1	238	150
2351	gefährliche Abfälle	seit 1931	30000	3,0		546
2792	Hausmüll, Bauschutt, Aushub, gefährliche Abfälle	1969 bis 1982	63000	3,0		866
2817	Hausmüll, Bauschutt, Aushubmaterial/Abraum	bis 1974	25000	5,0	192	20***
3020	Aushubmaterial/Abraum	seit 1972	190000	8,0	262	144
3056	Hausmüll, gefährliche Abfälle		240000	3,4		846
3058	Aushub, Hausmüll, Bauschutt, gefährliche Abfälle	1966 bis 1978	36000	8,0		1200
3181	Hausmüll, Bauschutt, Aushub, gefährliche Abfälle		60000	4,0		659
3308	Hausmüll, Bauschutt, Aushub, gefährliche Abfälle	1970 bis 1975	32000	4,0		474
3607	Hausmüll	1967 bis 1987	25000	3,1	263	175
3989	Hausmüll	seit 1970	30000	7,5	379	258
4036	Aushubmaterial/Abraum, Bauschutt, Hausmüll	1950 bis 1990	55000	5,0	263	210
4037	Aushubmaterial/Abraum, Bauschutt, Hausmüll	1940 bis 1975	30000	5,0	263	179
4116	Hausmüll	bis 1981	50000	2,9	353	221

Fortsetzung Tabelle 7-14:

#	Abgelagerte Abfälle	Ablagerungszeitraum*	Ablagerungsvolumen [m^3]	Schütthöhe [m]	Sohlkote [müA]	Wasserbilanz [mm] (NS – Verdunstung)
4118	Hausmüll	bis 1972	37000	1,5	256	243
6076	Aushubmaterial/Abraum, Bauschutt, Hausmüll	1963 bis 1965	190000	?**		66
6078	Aushubmaterial/Abraum, Bauschutt	1958 bis 1989	2000000	14,3		77
6079	Aushubmaterial/Abraum, Bauschutt, Hausmüll	1960 bis 1983	60000	5,0		50
6153	gefährliche Abfälle, Industrie-/Gewerbemüll	1970 bis 1975	34000	2,1		301
6170	Hausmüll, Industrie-/Gewerbemüll	seit 1973	900000	15,0		307
6193	Aushub, Bauschutt, Hausmüll, gefährliche Abfälle	1938 bis 1950	150000	7,5		236
6197	Bauschutt, Hausmüll	bis 1970	200000	8,0	275	406
9721	Aushubmaterial/Abraum, Bauschutt, Hausmüll	seit 1984	25000	3,1	253	257
11433	Aushubmaterial/Abraum, Bauschutt, Hausmüll	1960 bis 1965	30000	3,0	308	231
11471	Aushub, Bauschutt, Hausmüll, gefährliche Abfälle	1973 bis 1980	70000	2,7		20***
11501	Aushubmaterial/Abraum, Hausmüll	1965 bis 1975	30000	6,7		284
11548	Aushub, Bauschutt, Industrie-/Gewerbemüll	1940 bis 1951	450000	8,0	370	258
11582	Industrie-/Gewerbemüll	1953 bis 1959	30000	1,5	425	1190
11599		seit 1957	68640	2,6	214	59
11643	Bauschutt, Hausmüll, gefährliche Abfälle	seit 1958	104000	3,3	269	20
11675	Hausmüll, Industrie-/Gewerbemüll, Bauschutt	1965 bis 1986	120000	3,9	187	71
11726	Bauschutt, Hausmüll, Industrie-/Gewerbemüll	1970 bis 1990	80000	1,0		87
11729	Bauschutt, Hausmüll	1970 bis 1990	90000	1,6	195	111
11773	Hausmüll, Industrie-/Gewerbemüll	1975 bis 1990	27000	1,7	203	82
11794	Bauschutt, Hausmüll, Industrie-/Gewerbemüll	1955 bis 1965	25000	2,5	422	323
11813	Aushub,, Hausmüll, gefährliche Abfälle	bis 1975	70000	10,0	650	413
11814	Bauschutt, Industrie-/Gewerbemüll	1905 bis 1990	50000	3,3	255	174
11838	Hausmüll, Bauschutt, Aushubmaterial/Abraum	1960 bis 1982	30000	4,0		157
11847	Hausmüll, Bauschutt, Aushubmaterial/Abraum	1960 bis 1982	27000	3,0		151
11882	Hausmüll, Bauschutt, Aushubmaterial/Abraum	seit 1970	570000	6,3		839
11883	Aushubmaterial/Abraum, Bauschutt	1970 bis 1985	200000	4,0		839
11884	Aushub, Bauschutt, Hausmüll,	1958 bis 1970	160000	3,7		77
11957	Aushubmaterial/Abraum, Hausmüll		150000	5,0	403	581
11981	Bauschutt, Hausmüll		125000	5,7	438	789
11996	Bauschutt, Hausmüll, Aushubmaterial/Abraum	1970 bis 1990	135000	5,0		97
13041	Aushub, Bauschutt, Industrie-/Gewerbemüll	bis 1991	40000	4,0	245	173

Fortsetzung Tabelle 7-14:

#	Abgelagerte Abfälle	Ablagerungszeitraum*	Ablagerungsvolumen [m^3]	Schütthöhe [m]	Sohlkote [müA]	Wasserbilanz [mm] (NS – Verdunstung)
13042	Aushubmaterial/Abraum, Bauschutt, Hausmüll	1970 bis 1985	150000	5,0		97
13669	Aushubmaterial/Abraum, Bauschutt, Hausmüll	1978 bis 1985	200000	5,4	175	97
13671	Aushub, Bauschutt, Hausmüll, gefährliche Abfälle	seit 1986	80000	2,7		100
14360	Aushubmaterial/Abraum, Bauschutt, Hausmüll	1970 bis 1980	60000	2,0		100
33572	Aushubmaterial/Abraum, Bauschutt, Hausmüll		78000	1,6	272	97
33595	Aushubmaterial/Abraum, Bauschutt, Hausmüll		77000	1,8	273	143
33600	Aushub, Bauschutt, gefährliche Abfälle		30000	0,7	304	228
33606	Aushub, Bauschutt, Hausmüll	1963 bis 1981	117000	0,8	245	174
33607	Aushubmaterial/Abraum, Bauschutt, Hausmüll	1905 bis 1990	50000	2,2	259	174
33639	Aushub, Bauschutt, gefährliche Abfälle		45500	2,2	196	20***
38507	Bauschutt, Industrie-/Gewerbemüll, Hausmüll	1900 bis 1960	1000000	3,8		261
38520	Bauschutt, Hausmüll	1950 bis 1980	52500	5,0		66
38543	Industrie-/Gewerbemüll	1975 bis 1985	32500	2,6	397	806
38544	Hausmüll, Industrie-/Gewerbemüll	1969 bis 1972	78000	2,6	495	806
40690	Aushubmaterial/Abraum, Bauschutt, Hausmüll	1974 bis 1990	50000	5,9	209	89
41743	Aushubmaterial/Abraum, Bauschutt, Hausmüll	1955 bis 1967	60000	2,0		31
41779	Aushub, Bauschutt, Industrie-/Gewerbemüll	1950 bis 1974	100000	5,7	542	603
41790	Aushubmaterial/Abraum, Bauschutt, Hausmüll	1979 bis 1985	140000	4,0		87
50147	Industrie-/Gewerbemüll	1979 bis 2000	373500	3,0	245	207

*Falls der Ablagerungszeitraum nicht bekannt ist, wird einen Ablagerungsdauer von 35 Jahren (=Mittelwert der vorhandenen Daten) angenommen. Bei unbekanntem Ablagerungsbeginn wurde das Jahr 1950 angenommen.

** Da keine Informationen verfügbar waren, wurde eine durchschnittliche Schütthöhe von 5,0 m angenommen.

*** Als Untergrenze für die Wasserbilanz wurde eine infiltrierte Mindestwassermenge von 20 mm pro Jahr angesetzt (negative Werte wurden eliminiert).

Tabelle 7-15: Homogenität der Wasserströmung und Stabilisierung der ausgewählten potentiell hochwassergefährdeten Altablagerungen

#	Homogenität (niedrig)	Homogenität (hoch)	W/F-Verhältnis (korrigiert, niedrig)	W/F-Verhältnis (korrigiert, hoch)
19	0,75	0,95	3,14	2,48
20	0,75	0,95	2,93	2,31
37	0,43	0,81	2,19	1,16
178	0,75	0,95	14,09	11,12
180	0,25	0,75	5,23	1,74
182	0,65	0,87	10,14	7,57
234	0,65	0,87	5,25	3,92
241	0,75	0,95	1,07	0,85
262	0,75	0,95	2,69	2,13
273	0,25	0,75	6,52	2,17
281	0,4	0,81	2,45	1,21
286	0,88	0,98	2,42	2,17
385	0,53	0,83	9,23	5,90
392	0,58	0,85	10,44	7,13
453	0,58	0,85	3,69	2,52
454	0,3	0,76	1,75	0,69
487	0,45	0,82	7,14	3,92
505	0,53	0,83	9,71	6,20
518	0,58	0,85	5,83	3,98
671	0,65	0,87	10,21	7,62
672	0,78	0,97	12,40	9,97
678	0,75	0,95	2,14	1,69
736	0,65	0,87	1,87	1,40
747	0,88	0,98	12,49	11,22
758	0,65	0,87	7,11	5,31
761	0,78	0,97	10,02	8,05
816	0,58	0,85	1,97	1,35
820	0,65	0,87	9,94	7,42
824	0,53	0,83	10,55	6,74
832	0,65	0,87	8,67	6,48
833	0,58	0,85	6,39	4,36
835	0,58	0,85	11,22	7,66
836	0,53	0,83	10,15	6,48
837	0,65	0,87	9,34	6,98
838	0,58	0,85	8,13	5,55
839	0,58	0,85	4,59	3,13
854	0,53	0,83	6,16	3,94
1022	0,65	0,87	0,92	0,69
1065	0,75	0,95	8,16	6,44
1183	0,53	0,83	6,18	3,94
1226	0,75	0,95	5,92	4,68
1372	0,88	0,98	21,09	18,93
1434	0,58	0,85	4,71	3,21
1669	0,78	0,97	4,11	3,30
1684	0,78	0,97	0,42	0,34
1812	0,65	0,87	11,22	8,38
2040	0,38	0,8	3,41	1,62
2314	0,58	0,85	0,99	0,68
2346	0,75	0,95	2,45	1,93

Fortsetzung Tabelle 7-15:

#	Homogenität ζ (niedrig)	Homogenität ζ (hoch)	W/F-Verhältnis (korrigiert, niedrig)	W/F-Verhältnis (korrigiert, hoch)
2351	0,75	0,95	9,22	7,28
2792	0,75	0,95	12,13	9,58
2817	0,58	0,85	0,31	0,21
3020	0,43	0,81	0,73	0,39
3056	0,75	0,95	11,60	9,16
3058	0,43	0,81	12,21	6,48
3181	0,65	0,87	8,87	6,62
3308	0,65	0,87	6,29	4,70
3607	0,75	0,95	2,24	1,77
3989	0,45	0,82	1,41	0,77
4036	0,58	0,85	2,68	1,83
4037	0,58	0,85	3,06	2,09
4116	0,78	0,97	4,01	3,22
4118	0,88	0,98	8,58	7,71
6076	0,58	0,85	0,98	0,67
6078	0,31	0,78	0,58	0,23
6079	0,58	0,85	0,61	0,42
6153	0,78	0,97	6,47	5,20
6170	0,3	0,76	1,16	0,46
6193	0,45	0,82	4,41	2,42
6197	0,43	0,81	5,55	2,94
9721	0,75	0,95	1,26	0,99
11433	0,75	0,95	4,57	3,60
11471	0,78	0,97	0,29	0,23
11501	0,53	0,83	2,97	1,90
11548	0,43	0,81	4,58	2,43
11582	0,88	0,98	45,99	41,30
11599	0,78	0,97	0,72	0,58
11643	0,75	0,95	0,20	0,16
11675	0,75	0,95	0,75	0,59
11726	0,88	0,98	2,65	2,38
11729	0,88	0,98	2,12	1,91
11773	0,88	0,98	1,32	1,18
11794	0,78	0,97	7,79	6,27
11813	0,38	0,8	4,84	2,30
11814	0,75	0,95	4,15	3,27
11838	0,65	0,87	2,17	1,62
11847	0,75	0,95	2,42	1,91
11882	0,53	0,83	4,62	2,95
11883	0,65	0,87	9,52	7,11
11884	0,75	0,95	1,19	0,94
11957	0,58	0,85	7,02	4,79
11981	0,58	0,85	8,38	5,72
11996	0,58	0,85	0,90	0,61
13041	0,65	0,87	2,43	1,81
13042	0,58	0,85	0,98	0,67
13669	0,58	0,85	0,79	0,54
13671	0,78	0,97	0,50	0,41
14360	0,78	0,97	2,05	1,65
33572	0,88	0,98	2,41	2,16

Fortsetzung Tabelle 7-15:

#	Homogenität ζ (niedrig)	Homogenität ζ (hoch)	W/F-Verhältnis (korrigiert, niedrig)	W/F-Verhältnis (korrigiert, hoch)
33595	0,88	0,98	3,25	2,92
33600	0,9	1	12,55	11,29
33606	0,9	1	8,18	7,36
33607	0,78	0,97	6,06	4,87
33639	0,78	0,97	0,41	0,33
38507	0,75	0,95	6,98	5,51
38520	0,58	0,85	0,95	0,65
38543	0,78	0,97	10,91	8,77
38544	0,78	0,97	14,27	11,47
40690	0,58	0,85	0,65	0,44
41743	0,78	0,97	0,93	0,74
41779	0,58	0,85	8,24	5,62
41790	0,65	0,87	0,84	0,63
50147	0,75	0,95	1,59	1,26

Anmerkung: Zur Berechnung des Stabilisierungsgrades wurde für den abgelagerten Abfall ein Wassergehalt von w = 40 % (z.B. Krümpelbeck 2000) und eine Dichte von ρ = 1000 kg/m^3 (z.B. Obersteiner et al. 2007) angenommen.

7.8 Mögliche Stofffreisetzungen aus potentiell hochwassergefährdeten Deponien

Tabelle 7-16: Freigesetzte Stoffmengen aus potentiell hochwassergefährdeten Deponien im Überflutungsfall bezogen auf die verschiedenen Szenarien

	C [t]	N[t]	P [t]	Cl [t]	Fe [t]	Cu [t]	Zn [t]	Pb [t]	Cd [t]
Szenario A									
3	3032,64	196,56	11,58	641,28	14,04	2,39	30,89	1,71	0,00849
4	5559,84	360,36	21,24	1175,67	25,74	4,38	56,63	3,13	0,01557
10	2432,33	157,65	9,29	514,34	11,26	1,91	24,77	1,37	0,00681
14	767,23	49,73	2,93	162,24	3,55	0,60	7,81	0,43	0,00215
15	579,57	37,56	2,21	122,56	2,68	0,46	5,90	0,33	0,00162
27	1799,88	116,66	6,87	380,60	8,33	1,42	18,33	1,01	0,00504
31	12052,80	781,20	46,04	2548,67	55,80	9,49	122,76	6,78	0,03376
33	10575,36	685,44	40,39	2236,25	48,96	8,32	107,71	5,95	0,02962
34	2944,51	190,85	11,25	622,64	13,63	2,32	29,99	1,66	0,00825
36	1730,16	112,14	6,61	365,86	8,01	1,36	17,62	0,97	0,00485
38	673,92	43,68	2,57	142,51	3,12	0,53	6,86	0,38	0,00189
40	1555,20	100,80	5,94	328,86	7,20	1,22	15,84	0,87	0,00436
41	1057,54	68,54	4,04	223,62	4,90	0,83	10,77	0,59	0,00296
43	2488,32	161,28	9,50	526,18	11,52	1,96	25,34	1,40	0,00697
46	435,46	28,22	1,66	92,08	2,02	0,34	4,44	0,24	0,00122
47	1671,84	108,36	6,39	353,52	7,74	1,32	17,03	0,94	0,00468
51	6804,00	441,00	25,99	1438,76	31,50	5,36	69,30	3,83	0,01906
70	2985,98	193,54	11,40	631,41	13,82	2,35	30,41	1,68	0,00836
91	1103,54	71,53	4,21	233,35	5,11	0,87	11,24	0,62	0,00309
92	5806,08	376,32	22,18	1227,74	26,88	4,57	59,14	3,27	0,01626
96	2293,92	148,68	8,76	485,07	10,62	1,81	23,36	1,29	0,00643
100	427,68	27,72	1,63	90,44	1,98	0,34	4,36	0,24	0,00120
105	229,13	14,85	0,88	48,45	1,06	0,18	2,33	0,13	0,00064
108	k.A.								
109	1150,85	74,59	4,40	243,36	5,33	0,91	11,72	0,65	0,00322
113	1101,60	71,40	4,21	232,94	5,10	0,87	11,22	0,62	0,00309
114	94,35	6,12	0,36	19,95	0,44	0,07	0,96	0,05	0,00026
115	421,20	27,30	1,61	89,07	1,95	0,33	4,29	0,24	0,00118
117	31,10	2,02	0,12	6,58	0,14	0,02	0,32	0,02	0,00009
118	91,24	5,91	0,35	19,29	0,42	0,07	0,93	0,05	0,00026

Fortsetzung Tabelle 7-16:

	C [t]	N[t]	P [t]	Cl [t]	Fe [t]	Cu [t]	Zn [t]	Pb [t]	Cd [t]
Szenario B									
3	272,16	37,80	0,54	131,54	2,16	0,130	1,426	0,03	0,00071
4	498,96	69,30	0,99	241,16	3,96	0,238	2,614	0,05	0,00131
10	229,52	31,88	0,46	110,94	1,82	0,109	1,202	0,02	0,00060
14	72,58	10,08	0,14	35,08	0,58	0,035	0,380	0,01	0,00019
15	57,21	7,95	0,11	27,65	0,45	0,027	0,300	0,01	0,00015
27	168,74	23,44	0,33	81,56	1,34	0,080	0,884	0,02	0,00044
31	1171,80	162,75	2,33	566,37	9,30	0,558	6,138	0,11	0,00307
33	997,92	138,60	1,98	482,33	7,92	0,475	5,227	0,10	0,00261
34	290,30	40,32	0,58	140,31	2,30	0,138	1,521	0,03	0,00076
36	168,21	23,36	0,33	81,30	1,34	0,080	0,881	0,02	0,00044
38	66,53	9,24	0,13	32,16	0,53	0,032	0,348	0,01	0,00017
40	163,30	22,68	0,32	78,93	1,30	0,078	0,855	0,02	0,00043
41	99,79	13,86	0,20	48,23	0,79	0,048	0,523	0,01	0,00026
43	241,92	33,60	0,48	116,93	1,92	0,115	1,267	0,02	0,00063
46	40,82	5,67	0,08	19,73	0,32	0,019	0,214	0,00	0,00011
47	162,54	22,58	0,32	78,56	1,29	0,077	0,851	0,02	0,00043
51	661,50	91,88	1,31	319,73	5,25	0,315	3,465	0,06	0,00173
70	314,50	43,68	0,62	152,01	2,50	0,150	1,647	0,03	0,00082
91	108,94	15,13	0,22	52,65	0,86	0,052	0,571	0,01	0,00029
92	532,22	73,92	1,06	257,24	4,22	0,253	2,788	0,05	0,00139
96	223,02	30,98	0,44	107,79	1,77	0,106	1,168	0,02	0,00058
100	41,58	5,78	0,08	20,10	0,33	0,020	0,218	0,00	0,00011
105	23,59	3,28	0,05	11,40	0,19	0,011	0,124	0,00	0,00006
108	k.A.								
109	108,86	15,12	0,22	52,62	0,86	0,052	0,570	0,01	0,00029
113	64,26	8,93	0,13	31,06	0,51	0,031	0,337	0,01	0,00017
114	6,35	0,88	0,01	3,07	0,05	0,003	0,033	0,00	0,00002
115	41,58	5,78	0,08	20,10	0,33	0,020	0,218	0,00	0,00011
117	3,40	0,47	0,01	1,64	0,03	0,002	0,018	0,00	0,00001
118	9,68	1,34	0,02	4,68	0,08	0,005	0,051	0,00	0,00003

Fortsetzung Tabelle 7-16:

	C [t]	N[t]	P [t]	Cl [t]	Fe [t]	Cu [t]	Zn [t]	Pb [t]	Cd [t]
Szenario C									
3	1280,61	104,42	4,36	349,41	6,89	0,92	11,61	0,59	0,00353
4	2347,79	191,44	7,99	640,59	12,62	1,68	21,29	1,07	0,00648
10	1039,55	84,77	3,54	283,64	5,59	0,75	9,43	0,48	0,00287
14	328,10	26,75	1,12	89,52	1,76	0,24	2,98	0,15	0,00091
15	250,50	20,43	0,85	68,35	1,35	0,18	2,27	0,11	0,00069
27	768,03	62,63	2,62	209,56	4,13	0,55	6,96	0,35	0,00212
31	5189,40	423,15	17,67	1415,93	27,90	3,72	47,06	2,37	0,01432
33	4519,80	368,55	15,39	1233,23	24,30	3,24	40,99	2,07	0,01247
34	1272,24	103,74	4,33	347,13	6,84	0,91	11,54	0,58	0,00351
36	744,93	60,74	2,54	203,25	4,01	0,53	6,76	0,34	0,00206
38	291,28	23,75	0,99	79,47	1,57	0,21	2,64	0,13	0,00080
40	682,99	55,69	2,33	186,35	3,67	0,49	6,19	0,31	0,00188
41	451,98	36,86	1,54	123,32	2,43	0,32	4,10	0,21	0,00125
43	1071,36	87,36	3,65	292,32	5,76	0,77	9,72	0,49	0,00296
46	185,81	15,15	0,63	50,70	1,00	0,13	1,68	0,08	0,00051
47	719,82	58,70	2,45	196,40	3,87	0,52	6,53	0,33	0,00199
51	2929,50	238,88	9,98	799,31	15,75	2,10	26,57	1,34	0,00809
70	1312,42	107,02	4,47	358,09	7,06	0,94	11,90	0,60	0,00362
91	476,96	38,89	1,62	130,14	2,56	0,34	4,33	0,22	0,00132
92	2464,13	200,93	8,39	672,34	13,25	1,77	22,34	1,13	0,00680
96	987,66	80,54	3,36	269,48	5,31	0,71	8,96	0,45	0,00273
100	184,14	15,02	0,63	50,24	0,99	0,13	1,67	0,08	0,00051
105	100,11	8,16	0,34	27,31	0,54	0,07	0,91	0,05	0,00028
108	k.A.								
109	492,16	40,13	1,68	134,28	2,65	0,35	4,46	0,23	0,00136
113	426,87	34,81	1,45	116,47	2,30	0,31	3,87	0,20	0,00118
114	37,50	3,06	0,13	10,23	0,20	0,03	0,34	0,02	0,00010
115	182,05	14,84	0,62	49,67	0,98	0,13	1,65	0,08	0,00050
117	13,81	1,13	0,05	3,77	0,07	0,01	0,13	0,01	0,00004
118	40,18	3,28	0,14	10,96	0,22	0,03	0,36	0,02	0,00011

Fortsetzung Tabelle 7-16:

	C [t]	N[t]	P [t]	Cl [t]	Fe [t]	Cu [t]	Zn [t]	Pb [t]	Cd [t]
Szenario D									
3	155520	3402	513	4228	26730	214	588	433	5,9
4	285120	6237	941	7752	49005	392	1078	794	10,8
10	119232	2608	393	3242	20493	164	451	332	4,5
14	34560	756	114	940	5940	48	131	96	1,3
15	29722	650	98	808	5108	41	112	83	1,1
27	107136	2344	353	2913	18414	147	405	298	4,1
31	535680	11718	1767	14564	92070	737	2026	1492	20,3
33	518400	11340	1710	14094	89100	713	1960	1443	19,6
34	138240	3024	456	3758	23760	190	523	385	5,2
36	76896	1682	254	2091	13217	106	291	214	2,9
38	34560	756	114	940	5940	48	131	96	1,3
40	103680	2268	342	2819	17820	143	392	289	3,9
41	51840	1134	171	1409	8910	71	196	144	2,0
43	172800	3780	570	4698	29700	238	653	481	6,5
46	25920	567	86	705	4455	36	98	72	1,0
47	74304	1625	245	2020	12771	102	281	207	2,8
51	302400	6615	998	8222	51975	416	1143	842	11,4
70	138240	3024	456	3758	23760	190	523	385	5,2
91	56592	1238	187	1539	9727	78	214	158	2,1
92	276480	6048	912	7517	47520	380	1045	770	10,5
96	101952	2230	336	2772	17523	140	386	284	3,9
100	19008	416	63	517	3267	26	72	53	0,7
105	11232	246	37	305	1931	15	42	31	0,4
108	k.A.								
109	51840	1134	171	1409	8910	71	196	144	2,0
113	146880	3213	485	3993	25245	202	555	409	5,6
114	12096	265	40	329	2079	17	46	34	0,5
115	21600	473	71	587	3713	30	82	60	0,8
117	2592	57	9	70	446	4	10	7	0,1
118	6912	151	23	188	1188	10	26	19	0,3

7.8.1 Mögliche Stofffreisetzungen aus potentiell hochwassergefährdeten Altablagerungen

Tabelle 7-17: Freigesetzte Stoffmengen aus potentiell hochwassergefährdeten Altablagerungen im Überflutungsfall bezogen für Szenario A

	C [t]	N [t]	P [t]	Cl [t]	Fe [t]	Cu [t]	Zn [t]	Pb [t]	Cd [t]
19	143	9,3	0,55	30,3	0,66	0,11	1,46	0,08	0,0004
20	168	10,9	0,64	35,5	0,78	0,13	1,71	0,09	0,0005
37	201	13,0	0,77	42,5	0,93	0,16	2,05	0,11	0,0006
178	136	8,8	0,52	28,8	0,63	0,11	1,39	0,08	0,0004
180	389	25,2	1,49	82,2	1,80	0,31	3,96	0,22	0,0011
182	80	5,2	0,30	16,9	0,37	0,06	0,81	0,04	0,0002
234	145	9,4	0,55	30,7	0,67	0,11	1,48	0,08	0,0004
241	311	20,2	1,19	65,8	1,44	0,24	3,17	0,17	0,0009
262	78	5,0	0,30	16,4	0,36	0,06	0,79	0,04	0,0002
273	272	17,6	1,04	57,6	1,26	0,21	2,77	0,15	0,0008
281	1151	74,6	4,40	243,4	5,33	0,91	11,72	0,65	0,0032
286	19	1,2	0,07	3,9	0,09	0,01	0,19	0,01	0,0001
385	73	4,7	0,28	15,5	0,34	0,06	0,74	0,04	0,0002
392	54	3,5	0,21	11,5	0,25	0,04	0,55	0,03	0,0002
453	54	3,5	0,21	11,5	0,25	0,04	0,55	0,03	0,0002
454	1814	117,6	6,93	383,7	8,40	1,43	18,48	1,02	0,0051
487	100	6,5	0,38	21,1	0,46	0,08	1,02	0,06	0,0003
505	122	7,9	0,47	25,8	0,56	0,10	1,24	0,07	0,0003
518	54	3,5	0,21	11,5	0,25	0,04	0,55	0,03	0,0002
671	544	35,3	2,08	115,1	2,52	0,43	5,54	0,31	0,0015
672	47	3,0	0,18	9,9	0,22	0,04	0,48	0,03	0,0001
678	45	2,9	0,17	9,6	0,21	0,04	0,46	0,03	0,0001
736	1542	100,0	5,89	326,1	7,14	1,21	15,71	0,87	0,0043
747	311	20,2	1,19	65,8	1,44	0,24	3,17	0,17	0,0009
758	236	15,3	0,90	49,9	1,09	0,19	2,40	0,13	0,0007
761	29	1,8	0,11	6,0	0,13	0,02	0,29	0,02	0,0001
816	131	8,5	0,50	27,6	0,60	0,10	1,33	0,07	0,0004
820	490	31,8	1,87	103,6	2,27	0,39	4,99	0,28	0,0014
824	249	16,1	0,95	52,6	1,15	0,20	2,53	0,14	0,0007
832	145	9,4	0,55	30,7	0,67	0,11	1,48	0,08	0,0004
833	435	28,2	1,66	92,1	2,02	0,34	4,44	0,24	0,0012
835	544	35,3	2,08	115,1	2,52	0,43	5,54	0,31	0,0015
836	278	18,0	1,06	58,7	1,29	0,22	2,83	0,16	0,0008
837	635	41,2	2,43	134,3	2,94	0,50	6,47	0,36	0,0018
838	1241	80,4	4,74	262,4	5,75	0,98	12,64	0,70	0,0035
839	1241	80,4	4,74	262,4	5,75	0,98	12,64	0,70	0,0035
854	1462	94,8	5,58	309,1	6,77	1,15	14,89	0,82	0,0041
1022	363	23,5	1,39	76,7	1,68	0,29	3,70	0,20	0,0010
1065	130	8,4	0,50	27,4	0,60	0,10	1,32	0,07	0,0004
1183	195	12,6	0,74	41,2	0,90	0,15	1,99	0,11	0,0005
1226	272	17,6	1,04	57,6	1,26	0,21	2,77	0,15	0,0008
1372	47	3,0	0,18	9,9	0,22	0,04	0,48	0,03	0,0001
1434	218	14,1	0,83	46,0	1,01	0,17	2,22	0,12	0,0006
1669	40	2,6	0,15	8,4	0,18	0,03	0,41	0,02	0,0001

Fortsetzung Tabelle 7-17:

	C [t]	N [t]	P [t]	Cl [t]	Fe [t]	Cu [t]	Zn [t]	Pb [t]	Cd [t]
1684	39	2,5	0,15	8,2	0,18	0,03	0,39	0,02	0,0001
1812	87	5,6	0,33	18,4	0,40	0,07	0,89	0,05	0,0002
2040	112	7,3	0,43	23,8	0,52	0,09	1,15	0,06	0,0003
2314	435	28,2	1,66	92,1	2,02	0,34	4,44	0,24	0,0012
2346	143	9,2	0,54	30,1	0,66	0,11	1,45	0,08	0,0004
2351	39	2,5	0,15	8,2	0,18	0,03	0,40	0,02	0,0001
2792	82	5,3	0,31	17,3	0,38	0,06	0,83	0,05	0,0002
2817	54	3,5	0,21	11,5	0,25	0,04	0,55	0,03	0,0002
3020	561	36,4	2,14	118,7	2,60	0,44	5,72	0,32	0,0016
3056	311	20,2	1,19	65,8	1,44	0,24	3,17	0,17	0,0009
3058	106	6,9	0,41	22,5	0,49	0,08	1,08	0,06	0,0003
3181	109	7,1	0,42	23,0	0,50	0,09	1,11	0,06	0,0003
3308	58	3,8	0,22	12,3	0,27	0,05	0,59	0,03	0,0002
3607	32	2,1	0,12	6,9	0,15	0,03	0,33	0,02	0,0001
3989	86	5,5	0,33	18,1	0,40	0,07	0,87	0,05	0,0002
4036	120	7,8	0,46	25,3	0,55	0,09	1,22	0,07	0,0003
4037	65	4,2	0,25	13,8	0,30	0,05	0,67	0,04	0,0002
4116	57	3,7	0,22	12,1	0,26	0,04	0,58	0,03	0,0002
4118	23	1,5	0,09	4,9	0,11	0,02	0,23	0,01	0,0001
6076	414	26,8	1,58	87,5	1,92	0,33	4,21	0,23	0,0012
6078	7154	463,7	27,32	1512,8	33,12	5,63	72,86	4,02	0,0200
6079	131	8,5	0,50	27,6	0,60	0,10	1,33	0,07	0,0004
6153	39	2,5	0,15	8,2	0,18	0,03	0,39	0,02	0,0001
6170	3266	211,7	12,47	690,6	15,12	2,57	33,26	1,84	0,0091
6193	428	27,7	1,63	90,4	1,98	0,34	4,36	0,24	0,0012
6197	591	38,3	2,26	125,0	2,74	0,47	6,02	0,33	0,0017
9721	32	2,1	0,12	6,9	0,15	0,03	0,33	0,02	0,0001
11433	39	2,5	0,15	8,2	0,18	0,03	0,40	0,02	0,0001
11471	80	5,2	0,30	16,9	0,37	0,06	0,81	0,04	0,0002
11501	73	4,7	0,28	15,5	0,34	0,06	0,74	0,04	0,0002
11548	1330	86,2	5,08	281,2	6,16	1,05	13,54	0,75	0,0037
11582	19	1,2	0,07	3,9	0,09	0,01	0,19	0,01	0,0001
11599	78	5,1	0,30	16,6	0,36	0,06	0,80	0,04	0,0002
11643	135	8,7	0,51	28,5	0,62	0,11	1,37	0,08	0,0004
11675	156	10,1	0,59	32,9	0,72	0,12	1,58	0,09	0,0004
11726	50	3,2	0,19	10,5	0,23	0,04	0,51	0,03	0,0001
11729	56	3,6	0,21	11,8	0,26	0,04	0,57	0,03	0,0002
11773	17	1,1	0,06	3,6	0,08	0,01	0,17	0,01	0,0000
11794	29	1,8	0,11	6,0	0,13	0,02	0,29	0,02	0,0001
11813	225	14,6	0,86	47,6	1,04	0,18	2,29	0,13	0,0006
11814	65	4,2	0,25	13,7	0,30	0,05	0,66	0,04	0,0002
11838	54	3,5	0,21	11,5	0,25	0,04	0,55	0,03	0,0002
11847	35	2,3	0,13	7,4	0,16	0,03	0,36	0,02	0,0001
11882	1389	90,0	5,30	293,7	6,43	1,09	14,15	0,78	0,0039
11883	363	23,5	1,39	76,7	1,68	0,29	3,70	0,20	0,0010
11884	207	13,4	0,79	43,8	0,96	0,16	2,11	0,12	0,0006
11957	327	21,2	1,25	69,1	1,51	0,26	3,33	0,18	0,0009
11981	272	17,6	1,04	57,6	1,26	0,21	2,77	0,15	0,0008

Fortsetzung Tabelle 7-17:

	C [t]	N [t]	P [t]	Cl [t]	Fe [t]	Cu [t]	Zn [t]	Pb [t]	Cd [t]
11996	294	19,1	1,12	62,2	1,36	0,23	2,99	0,17	0,0008
13041	73	4,7	0,28	15,3	0,34	0,06	0,74	0,04	0,0002
13042	327	21,2	1,25	69,1	1,51	0,26	3,33	0,18	0,0009
13669	435	28,2	1,66	92,1	2,02	0,34	4,44	0,24	0,0012
13671	91	5,9	0,35	19,3	0,42	0,07	0,93	0,05	0,0003
14360	68	4,4	0,26	14,5	0,32	0,05	0,70	0,04	0,0002
33572	49	3,1	0,19	10,3	0,22	0,04	0,49	0,03	0,0001
33595	48	3,1	0,18	10,1	0,22	0,04	0,49	0,03	0,0001
33600	16	1,0	0,06	3,3	0,07	0,01	0,16	0,01	0,0000
33606	61	3,9	0,23	12,8	0,28	0,05	0,62	0,03	0,0002
33607	57	3,7	0,22	12,1	0,26	0,04	0,58	0,03	0,0002
33639	52	3,4	0,20	11,0	0,24	0,04	0,53	0,03	0,0001
38507	1296	84,0	4,95	274,1	6,00	1,02	13,20	0,73	0,0036
38520	114	7,4	0,44	24,2	0,53	0,09	1,16	0,06	0,0003
38543	37	2,4	0,14	7,8	0,17	0,03	0,38	0,02	0,0001
38544	89	5,8	0,34	18,8	0,41	0,07	0,91	0,05	0,0002
40690	109	7,1	0,42	23,0	0,50	0,09	1,11	0,06	0,0003
41743	68	4,4	0,26	14,5	0,32	0,05	0,70	0,04	0,0002
41779	218	14,1	0,83	46,0	1,01	0,17	2,22	0,12	0,0006
41790	254	16,5	0,97	53,7	1,18	0,20	2,59	0,14	0,0007
50147	484	31,4	1,85	102,4	2,24	0,38	4,93	0,27	0,0014

Tabelle 7-18: Freigesetzte Stoffmengen aus potentiell hochwassergefährdeten Altablagerungen im Überflutungsfall bezogen für Szenario B

	C [t]	N [t]	P [t]	Cl [t]	Fe [t]	Cu [t]	Zn [t]	Pb [t]	Cd [t]
19	8	1,2	0,02	4,04	0,07	0,00	0,04	0,00	0,00002
20	10	1,4	0,02	4,73	0,08	0,00	0,05	0,00	0,00003
37	20	2,7	0,04	9,44	0,16	0,01	0,10	0,00	0,00005
178	8	1,1	0,02	3,84	0,06	0,00	0,04	0,00	0,00002
180	38	5,3	0,08	18,27	0,30	0,02	0,20	0,00	0,00010
182	9	1,2	0,02	4,18	0,07	0,00	0,05	0,00	0,00002
234	16	2,2	0,03	7,60	0,12	0,01	0,08	0,00	0,00004
241	18	2,5	0,04	8,77	0,14	0,01	0,10	0,00	0,00005
262	5	0,6	0,01	2,19	0,04	0,00	0,02	0,00	0,00001
273	26	3,7	0,05	12,79	0,21	0,01	0,14	0,00	0,00007
281	106	14,8	0,21	51,38	0,84	0,05	0,56	0,01	0,00028
286	1	0,1	0,00	0,44	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00000
385	8	1,1	0,02	3,73	0,06	0,00	0,04	0,00	0,00002
392	6	0,8	0,01	2,74	0,05	0,00	0,03	0,00	0,00001
453	6	0,8	0,01	2,74	0,05	0,00	0,03	0,00	0,00001
454	181	25,2	0,36	87,70	1,44	0,09	0,95	0,02	0,00048
487	10	1,3	0,02	4,60	0,08	0,00	0,05	0,00	0,00002
505	13	1,8	0,03	6,21	0,10	0,01	0,07	0,00	0,00003
518	6	0,8	0,01	2,74	0,05	0,00	0,03	0,00	0,00001
671	59	8,2	0,12	28,50	0,47	0,03	0,31	0,01	0,00015
672	2	0,3	0,00	0,90	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00000
678	3	0,4	0,01	1,28	0,02	0,00	0,01	0,00	0,00001

Fortsetzung Tabelle 7-18:

	C [t]	N [t]	P [t]	Cl [t]	Fe [t]	Cu [t]	Zn [t]	Pb [t]	Cd [t]
736	167	23,2	0,33	80,75	1,33	0,08	0,88	0,02	0,00044
747	15	2,1	0,03	7,31	0,12	0,01	0,08	0,00	0,00004
758	26	3,5	0,05	12,35	0,20	0,01	0,13	0,00	0,00007
761	1	0,2	0,00	0,55	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00000
816	14	1,9	0,03	6,58	0,11	0,01	0,07	0,00	0,00004
820	53	7,4	0,11	25,65	0,42	0,03	0,28	0,01	0,00014
824	26	3,6	0,05	12,67	0,21	0,01	0,14	0,00	0,00007
832	16	2,2	0,03	7,60	0,12	0,01	0,08	0,00	0,00004
833	45	6,3	0,09	21,92	0,36	0,02	0,24	0,00	0,00012
835	57	7,9	0,11	27,41	0,45	0,03	0,30	0,01	0,00015
836	29	4,1	0,06	14,16	0,23	0,01	0,15	0,00	0,00008
837	69	9,6	0,14	33,25	0,55	0,03	0,36	0,01	0,00018
838	129	18,0	0,26	62,48	1,03	0,06	0,68	0,01	0,00034
839	129	18,0	0,26	62,48	1,03	0,06	0,68	0,01	0,00034
854	154	21,4	0,31	74,54	1,22	0,07	0,81	0,01	0,00040
1022	39	5,5	0,08	19,00	0,31	0,02	0,21	0,00	0,00010
1065	8	1,1	0,02	3,65	0,06	0,00	0,04	0,00	0,00002
1183	21	2,9	0,04	9,94	0,16	0,01	0,11	0,00	0,00005
1226	16	2,2	0,03	7,67	0,13	0,01	0,08	0,00	0,00004
1372	2	0,3	0,00	1,10	0,02	0,00	0,01	0,00	0,00001
1434	23	3,2	0,05	10,96	0,18	0,01	0,12	0,00	0,00006
1669	2	0,2	0,00	0,77	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00000
1684	2	0,2	0,00	0,75	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00000
1812	9	1,3	0,02	4,56	0,07	0,00	0,05	0,00	0,00002
2040	11	1,5	0,02	5,12	0,08	0,01	0,06	0,00	0,00003
2314	45	6,3	0,09	21,92	0,36	0,02	0,24	0,00	0,00012
2346	8	1,2	0,02	4,02	0,07	0,00	0,04	0,00	0,00002
2351	2	0,3	0,00	1,10	0,02	0,00	0,01	0,00	0,00001
2792	5	0,7	0,01	2,30	0,04	0,00	0,02	0,00	0,00001
2817	6	0,8	0,01	2,74	0,05	0,00	0,03	0,00	0,00001
3020	55	7,6	0,11	26,38	0,43	0,03	0,29	0,01	0,00014
3056	18	2,5	0,04	8,77	0,14	0,01	0,10	0,00	0,00005
3058	10	1,4	0,02	5,00	0,08	0,00	0,05	0,00	0,00003
3181	12	1,6	0,02	5,70	0,09	0,01	0,06	0,00	0,00003
3308	6	0,9	0,01	3,04	0,05	0,00	0,03	0,00	0,00002
3607	2	0,3	0,00	0,91	0,02	0,00	0,01	0,00	0,00000
3989	8	1,1	0,02	3,95	0,06	0,00	0,04	0,00	0,00002
4036	12	1,7	0,02	6,03	0,10	0,01	0,07	0,00	0,00003
4037	7	0,9	0,01	3,29	0,05	0,00	0,04	0,00	0,00002
4116	2	0,3	0,00	1,10	0,02	0,00	0,01	0,00	0,00001
4118	1	0,2	0,00	0,54	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00000
6076	43	6,0	0,09	20,83	0,34	0,02	0,23	0,00	0,00011
6078	665	92,4	1,32	321,55	5,28	0,32	3,48	0,06	0,00174
6079	14	1,9	0,03	6,58	0,11	0,01	0,07	0,00	0,00004
6153	2	0,2	0,00	0,75	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00000
6170	327	45,4	0,65	157,85	2,59	0,16	1,71	0,03	0,00086
6193	41	5,7	0,08	19,73	0,32	0,02	0,21	0,00	0,00011
6197	57	8,0	0,11	27,77	0,46	0,03	0,30	0,01	0,00015

Fortsetzung Tabelle 7-18:

	C [t]	N [t]	P [t]	Cl [t]	Fe [t]	Cu [t]	Zn [t]	Pb [t]	Cd [t]
9721	2	0,3	0,00	0,91	0,02	0,00	0,01	0,00	0,00000
11433	2	0,3	0,00	1,10	0,02	0,00	0,01	0,00	0,00001
11471	3	0,4	0,01	1,53	0,03	0,00	0,02	0,00	0,00001
11501	8	1,1	0,02	3,73	0,06	0,00	0,04	0,00	0,00002
11548	129	18,0	0,26	62,48	1,03	0,06	0,68	0,01	0,00034
11582	1	0,1	0,00	0,44	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00000
11599	3	0,4	0,01	1,50	0,02	0,00	0,02	0,00	0,00001
11643	8	1,1	0,02	3,80	0,06	0,00	0,04	0,00	0,00002
11675	9	1,3	0,02	4,38	0,07	0,00	0,05	0,00	0,00002
11726	2	0,3	0,00	1,17	0,02	0,00	0,01	0,00	0,00001
11729	3	0,4	0,01	1,32	0,02	0,00	0,01	0,00	0,00001
11773	1	0,1	0,00	0,39	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00000
11794	1	0,2	0,00	0,55	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00000
11813	21	2,9	0,04	10,23	0,17	0,01	0,11	0,00	0,00006
11814	4	0,5	0,01	1,83	0,03	0,00	0,02	0,00	0,00001
11838	6	0,8	0,01	2,85	0,05	0,00	0,03	0,00	0,00002
11847	2	0,3	0,00	0,99	0,02	0,00	0,01	0,00	0,00001
11882	147	20,3	0,29	70,81	1,16	0,07	0,77	0,01	0,00038
11883	39	5,5	0,08	19,00	0,31	0,02	0,21	0,00	0,00010
11884	12	1,7	0,02	5,85	0,10	0,01	0,06	0,00	0,00003
11957	34	4,7	0,07	16,44	0,27	0,02	0,18	0,00	0,00009
11981	28	3,9	0,06	13,70	0,23	0,01	0,15	0,00	0,00007
11996	31	4,3	0,06	14,80	0,24	0,01	0,16	0,00	0,00008
13041	8	1,1	0,02	3,80	0,06	0,00	0,04	0,00	0,00002
13042	34	4,7	0,07	16,44	0,27	0,02	0,18	0,00	0,00009
13669	45	6,3	0,09	21,92	0,36	0,02	0,24	0,00	0,00012
13671	4	0,5	0,01	1,75	0,03	0,00	0,02	0,00	0,00001
14360	3	0,4	0,01	1,32	0,02	0,00	0,01	0,00	0,00001
33572	2	0,3	0,00	1,14	0,02	0,00	0,01	0,00	0,00001
33595	2	0,3	0,00	1,13	0,02	0,00	0,01	0,00	0,00001
33600	0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00000
33606	0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00000
33607	2	0,3	0,00	1,10	0,02	0,00	0,01	0,00	0,00001
33639	2	0,3	0,00	1,00	0,02	0,00	0,01	0,00	0,00001
38507	76	10,5	0,15	36,54	0,60	0,04	0,40	0,01	0,00020
38520	12	1,7	0,02	5,76	0,09	0,01	0,06	0,00	0,00003
38543	1	0,2	0,00	0,71	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00000
38544	4	0,5	0,01	1,71	0,03	0,00	0,02	0,00	0,00001
40690	11	1,6	0,02	5,48	0,09	0,01	0,06	0,00	0,00003
41743	3	0,4	0,01	1,32	0,02	0,00	0,01	0,00	0,00001
41779	23	3,2	0,05	10,96	0,18	0,01	0,12	0,00	0,00006
41790	28	3,8	0,05	13,30	0,22	0,01	0,14	0,00	0,00007
50147	28	3,9	0,06	13,65	0,22	0,01	0,15	0,00	0,00007

Tabelle 7-19: Freigesetzte Stoffmengen aus potentiell hochwassergefährdeten Altablagerungen im Überflutungsfall bezogen für Szenario C

	C [t]	N [t]	P [t]	Cl [t]	Fe [t]	Cu [t]	Zn [t]	Pb [t]	Cd [t]
19	55	4,5	0,19	15,1	0,30	0,04	0,50	0,03	0,00015
20	65	5,3	0,22	17,8	0,35	0,05	0,59	0,03	0,00018
37	87	7,1	0,29	23,6	0,47	0,06	0,78	0,04	0,00024
178	53	4,3	0,18	14,4	0,28	0,04	0,48	0,02	0,00015
180	167	13,7	0,57	45,7	0,90	0,12	1,52	0,08	0,00046
182	35	2,9	0,12	9,6	0,19	0,03	0,32	0,02	0,00010
234	64	5,2	0,22	17,5	0,35	0,05	0,58	0,03	0,00018
241	121	9,8	0,41	32,9	0,65	0,09	1,09	0,06	0,00033
262	30	2,5	0,10	8,2	0,16	0,02	0,27	0,01	0,00008
273	117	9,6	0,40	32,0	0,63	0,08	1,06	0,05	0,00032
281	489	39,9	1,67	133,5	2,63	0,35	4,44	0,22	0,00135
286	7	0,6	0,02	1,9	0,04	0,01	0,06	0,00	0,00002
385	32	2,6	0,11	8,8	0,17	0,02	0,29	0,01	0,00009
392	24	1,9	0,08	6,5	0,13	0,02	0,22	0,01	0,00007
453	24	1,9	0,08	6,5	0,13	0,02	0,22	0,01	0,00007
454	787	64,2	2,68	214,7	4,23	0,56	7,13	0,36	0,00217
487	43	3,5	0,15	11,7	0,23	0,03	0,39	0,02	0,00012
505	54	4,4	0,18	14,6	0,29	0,04	0,49	0,02	0,00015
518	24	1,9	0,08	6,5	0,13	0,02	0,22	0,01	0,00007
671	241	19,7	0,82	65,8	1,30	0,17	2,19	0,11	0,00067
672	17	1,4	0,06	4,7	0,09	0,01	0,16	0,01	0,00005
678	18	1,4	0,06	4,8	0,09	0,01	0,16	0,01	0,00005
736	683	55,7	2,33	186,4	3,67	0,49	6,19	0,31	0,00188
747	117	9,6	0,40	32,0	0,63	0,08	1,06	0,05	0,00032
758	104	8,5	0,36	28,5	0,56	0,07	0,95	0,05	0,00029
761	10	0,9	0,04	2,9	0,06	0,01	0,09	0,00	0,00003
816	57	4,7	0,19	15,6	0,31	0,04	0,52	0,03	0,00016
820	217	17,7	0,74	59,2	1,17	0,16	1,97	0,10	0,00060
824	109	8,9	0,37	29,8	0,59	0,08	0,99	0,05	0,00030
832	64	5,2	0,22	17,5	0,35	0,05	0,58	0,03	0,00018
833	191	15,6	0,65	52,1	1,03	0,14	1,73	0,09	0,00053
835	239	19,5	0,81	65,1	1,28	0,17	2,16	0,11	0,00066
836	122	10,0	0,42	33,3	0,66	0,09	1,11	0,06	0,00034
837	281	22,9	0,96	76,7	1,51	0,20	2,55	0,13	0,00078
838	544	44,3	1,85	148,4	2,92	0,39	4,93	0,25	0,00150
839	544	44,3	1,85	148,4	2,92	0,39	4,93	0,25	0,00150
854	643	52,4	2,19	175,4	3,46	0,46	5,83	0,29	0,00177
1022	161	13,1	0,55	43,8	0,86	0,12	1,46	0,07	0,00044
1065	50	4,1	0,17	13,7	0,27	0,04	0,46	0,02	0,00014
1183	86	7,0	0,29	23,4	0,46	0,06	0,78	0,04	0,00024
1226	105	8,6	0,36	28,8	0,57	0,08	0,96	0,05	0,00029
1372	18	1,4	0,06	4,8	0,09	0,01	0,16	0,01	0,00005
1434	95	7,8	0,32	26,0	0,51	0,07	0,87	0,04	0,00026
1669	15	1,2	0,05	4,0	0,08	0,01	0,13	0,01	0,00004
1684	14	1,2	0,05	3,9	0,08	0,01	0,13	0,01	0,00004
1812	39	3,1	0,13	10,5	0,21	0,03	0,35	0,02	0,00011
2040	48	3,9	0,16	13,1	0,26	0,03	0,44	0,02	0,00013

Fortsetzung Tabelle 7-19:

	C [t]	N [t]	P [t]	Cl [t]	Fe [t]	Cu [t]	Zn [t]	Pb [t]	Cd [t]
2314	191	15,6	0,65	52,1	1,03	0,14	1,73	0,09	0,00053
2346	55	4,5	0,19	15,1	0,30	0,04	0,50	0,03	0,00015
2351	15	1,2	0,05	4,1	0,08	0,01	0,14	0,01	0,00004
2792	32	2,6	0,11	8,6	0,17	0,02	0,29	0,01	0,00009
2817	24	1,9	0,08	6,5	0,13	0,02	0,22	0,01	0,00007
3020	242	19,7	0,82	66,0	1,30	0,17	2,19	0,11	0,00067
3056	121	9,8	0,41	32,9	0,65	0,09	1,09	0,06	0,00033
3058	46	3,7	0,16	12,5	0,25	0,03	0,42	0,02	0,00013
3181	48	3,9	0,16	13,2	0,26	0,03	0,44	0,02	0,00013
3308	26	2,1	0,09	7,0	0,14	0,02	0,23	0,01	0,00007
3607	13	1,0	0,04	3,4	0,07	0,01	0,11	0,01	0,00003
3989	37	3,0	0,12	10,0	0,20	0,03	0,33	0,02	0,00010
4036	52	4,3	0,18	14,3	0,28	0,04	0,48	0,02	0,00014
4037	29	2,3	0,10	7,8	0,15	0,02	0,26	0,01	0,00008
4116	21	1,7	0,07	5,7	0,11	0,02	0,19	0,01	0,00006
4118	9	0,7	0,03	2,4	0,05	0,01	0,08	0,00	0,00002
6076	181	14,8	0,62	49,5	0,97	0,13	1,64	0,08	0,00050
6078	3047	248,4	10,37	831,3	16,38	2,18	27,63	1,39	0,00841
6079	57	4,7	0,19	15,6	0,31	0,04	0,52	0,03	0,00016
6153	14	1,2	0,05	3,9	0,08	0,01	0,13	0,01	0,00004
6170	1416	115,5	4,82	386,4	7,61	1,02	12,84	0,65	0,00391
6193	183	14,9	0,62	50,0	0,99	0,13	1,66	0,08	0,00051
6197	254	20,7	0,87	69,4	1,37	0,18	2,31	0,12	0,00070
9721	13	1,0	0,04	3,4	0,07	0,01	0,11	0,01	0,00003
11433	15	1,2	0,05	4,1	0,08	0,01	0,14	0,01	0,00004
11471	29	2,4	0,10	8,0	0,16	0,02	0,27	0,01	0,00008
11501	32	2,6	0,11	8,8	0,17	0,02	0,29	0,01	0,00009
11548	573	46,7	1,95	156,2	3,08	0,41	5,19	0,26	0,00158
11582	7	0,6	0,02	1,9	0,04	0,01	0,06	0,00	0,00002
11599	29	2,3	0,10	7,8	0,15	0,02	0,26	0,01	0,00008
11643	52	4,3	0,18	14,3	0,28	0,04	0,47	0,02	0,00014
11675	60	4,9	0,21	16,4	0,32	0,04	0,55	0,03	0,00017
11726	19	1,5	0,06	5,1	0,10	0,01	0,17	0,01	0,00005
11729	21	1,7	0,07	5,8	0,11	0,02	0,19	0,01	0,00006
11773	6	0,5	0,02	1,7	0,03	0,00	0,06	0,00	0,00002
11794	10	0,9	0,04	2,9	0,06	0,01	0,09	0,00	0,00003
11813	96	7,8	0,33	26,2	0,52	0,07	0,87	0,04	0,00027
11814	25	2,0	0,09	6,9	0,14	0,02	0,23	0,01	0,00007
11838	24	2,0	0,08	6,6	0,13	0,02	0,22	0,01	0,00007
11847	14	1,1	0,05	3,7	0,07	0,01	0,12	0,01	0,00004
11882	611	49,8	2,08	166,6	3,28	0,44	5,54	0,28	0,00169
11883	161	13,1	0,55	43,8	0,86	0,12	1,46	0,07	0,00044
11884	80	6,6	0,27	21,9	0,43	0,06	0,73	0,04	0,00022
11957	143	11,7	0,49	39,1	0,77	0,10	1,30	0,07	0,00040
11981	119	9,7	0,41	32,5	0,64	0,09	1,08	0,05	0,00033
11996	129	10,5	0,44	35,1	0,69	0,09	1,17	0,06	0,00036
13041	32	2,6	0,11	8,8	0,17	0,02	0,29	0,01	0,00009
13042	143	11,7	0,49	39,1	0,77	0,10	1,30	0,07	0,00040

Fortsetzung Tabelle 7-19:

	C [t]	N [t]	P [t]	Cl [t]	Fe [t]	Cu [t]	Zn [t]	Pb [t]	Cd [t]
13669	191	15,6	0,65	52,1	1,03	0,14	1,73	0,09	0,00053
13671	33	2,7	0,11	9,1	0,18	0,02	0,30	0,02	0,00009
14360	25	2,0	0,09	6,9	0,14	0,02	0,23	0,01	0,00007
33572	18	1,5	0,06	5,0	0,10	0,01	0,17	0,01	0,00005
33595	18	1,5	0,06	4,9	0,10	0,01	0,16	0,01	0,00005
33600	5	0,4	0,02	1,4	0,03	0,00	0,05	0,00	0,00001
33606	20	1,6	0,07	5,3	0,11	0,01	0,18	0,01	0,00005
33607	21	1,7	0,07	5,7	0,11	0,02	0,19	0,01	0,00006
33639	19	1,6	0,06	5,2	0,10	0,01	0,17	0,01	0,00005
38507	502	41,0	1,71	137,0	2,70	0,36	4,55	0,23	0,00139
38520	50	4,1	0,17	13,7	0,27	0,04	0,45	0,02	0,00014
38543	14	1,1	0,05	3,7	0,07	0,01	0,12	0,01	0,00004
38544	33	2,7	0,11	8,9	0,18	0,02	0,30	0,01	0,00009
40690	48	3,9	0,16	13,0	0,26	0,03	0,43	0,02	0,00013
41743	25	2,0	0,09	6,9	0,14	0,02	0,23	0,01	0,00007
41779	95	7,8	0,32	26,0	0,51	0,07	0,87	0,04	0,00026
41790	112	9,2	0,38	30,7	0,60	0,08	1,02	0,05	0,00031
50147	188	15,3	0,64	51,2	1,01	0,13	1,70	0,09	0,00052

Tabelle 7-20: Freigesetzte Stoffmengen aus potentiell hochwassergefährdeten Altablagerungen im Überflutungsfall bezogen für Szenario D

	C [t]	N [t]	P [t]	Cl [t]	Fe [t]	Cu [t]	Zn [t]	Pb [t]	Cd [t]
19	19094	418	63	519	3282	26	72	53	0,7
20	22391	490	74	609	3848	31	85	62	0,8
37	11750	257	39	319	2020	16	44	33	0,4
178	18144	397	60	493	3119	25	69	51	0,7
180	17280	378	57	470	2970	24	65	48	0,7
182	7603	166	25	207	1307	10	29	21	0,3
234	13824	302	46	376	2376	19	52	38	0,5
241	41472	907	137	1128	7128	57	157	115	1,6
262	10368	227	34	282	1782	14	39	29	0,4
273	12096	265	40	329	2079	17	46	34	0,5
281	63936	1399	211	1738	10989	88	242	178	2,4
286	5184	113	17	141	891	7	20	14	0,2
385	5184	113	17	141	891	7	20	14	0,2
392	4320	95	14	117	743	6	16	12	0,2
453	4320	95	14	117	743	6	16	12	0,2
454	86400	1890	285	2349	14850	119	327	241	3,3
487	6048	132	20	164	1040	8	23	17	0,2
505	8640	189	29	235	1485	12	33	24	0,3
518	4320	95	14	117	743	6	16	12	0,2
671	51840	1134	171	1409	8910	71	196	144	2,0
672	7085	155	23	193	1218	10	27	20	0,3
678	6048	132	20	164	1040	8	23	17	0,2
736	146880	3213	485	3993	25245	202	555	409	5,6
747	86400	1890	285	2349	14850	119	327	241	3,3
758	22464	491	74	611	3861	31	85	63	0,8

Fortsetzung Tabelle 7-20:

	C [t]	N [t]	P [t]	Cl [t]	Fe [t]	Cu [t]	Zn [t]	Pb [t]	Cd [t]
761	4320	95	14	117	743	6	16	12	0,2
816	10368	227	34	282	1782	14	39	29	0,4
820	46656	1021	154	1268	8019	64	176	130	1,8
824	17626	386	58	479	3029	24	67	49	0,7
832	13824	302	46	376	2376	19	52	38	0,5
833	34560	756	114	940	5940	48	131	96	1,3
835	43200	945	143	1175	7425	59	163	120	1,6
836	19699	431	65	536	3386	27	74	55	0,7
837	60480	1323	200	1644	10395	83	229	168	2,3
838	98496	2155	325	2678	16929	135	372	274	3,7
839	98496	2155	325	2678	16929	135	372	274	3,7
854	103680	2268	342	2819	17820	143	392	289	3,9
1022	34560	756	114	940	5940	48	131	96	1,3
1065	17280	378	57	470	2970	24	65	48	0,7
1183	13824	302	46	376	2376	19	52	38	0,5
1226	36288	794	120	987	6237	50	137	101	1,4
1372	12960	284	43	352	2228	18	49	36	0,5
1434	17280	378	57	470	2970	24	65	48	0,7
1669	6048	132	20	164	1040	8	23	17	0,2
1684	5875	129	19	160	1010	8	22	16	0,2
1812	8294	181	27	226	1426	11	31	23	0,3
2040	6048	132	20	164	1040	8	23	17	0,2
2314	34560	756	114	940	5940	48	131	96	1,3
2346	19008	416	63	517	3267	26	72	53	0,7
2351	5184	113	17	141	891	7	20	14	0,2
2792	10886	238	36	296	1871	15	41	30	0,4
2817	4320	95	14	117	743	6	16	12	0,2
3020	32832	718	108	893	5643	45	124	91	1,2
3056	41472	907	137	1128	7128	57	157	115	1,6
3058	6221	136	21	169	1069	9	24	17	0,2
3181	10368	227	34	282	1782	14	39	29	0,4
3308	5530	121	18	150	950	8	21	15	0,2
3607	4320	95	14	117	743	6	16	12	0,2
3989	5184	113	17	141	891	7	20	14	0,2
4036	9504	208	31	258	1634	13	36	26	0,4
4037	5184	113	17	141	891	7	20	14	0,2
4116	8640	189	29	235	1485	12	33	24	0,3
4118	6394	140	21	174	1099	9	24	18	0,2
6076	32832	718	108	893	5643	45	124	91	1,2
6078	345600	7560	1140	9396	59400	475	1307	962	13,1
6079	10368	227	34	282	1782	14	39	29	0,4
6153	5875	129	19	160	1010	8	22	16	0,2
6170	155520	3402	513	4228	26730	214	588	433	5,9
6193	25920	567	86	705	4455	36	98	72	1,0
6197	34560	756	114	940	5940	48	131	96	1,3
9721	4320	95	14	117	743	6	16	12	0,2
11433	5184	113	17	141	891	7	20	14	0,2
11471	12096	265	40	329	2079	17	46	34	0,5

Fortsetzung Tabelle 7-20:

	C [t]	N [t]	P [t]	Cl [t]	Fe [t]	Cu [t]	Zn [t]	Pb [t]	Cd [t]
11501	5184	113	17	141	891	7	20	14	0,2
11548	77760	1701	257	2114	13365	107	294	217	2,9
11582	5184	113	17	141	891	7	20	14	0,2
11599	11861	259	39	322	2039	16	45	33	0,4
11643	17971	393	59	489	3089	25	68	50	0,7
11675	20736	454	68	564	3564	29	78	58	0,8
11726	13824	302	46	376	2376	19	52	38	0,5
11729	15552	340	51	423	2673	21	59	43	0,6
11773	4666	102	15	127	802	6	18	13	0,2
11794	4320	95	14	117	743	6	16	12	0,2
11813	12096	265	40	329	2079	17	46	34	0,5
11814	8640	189	29	235	1485	12	33	24	0,3
11838	5184	113	17	141	891	7	20	14	0,2
11847	4666	102	15	127	802	6	18	13	0,2
11882	98496	2155	325	2678	16929	135	372	274	3,7
11883	34560	756	114	940	5940	48	131	96	1,3
11884	27648	605	91	752	4752	38	105	77	1,0
11957	25920	567	86	705	4455	36	98	72	1,0
11981	21600	473	71	587	3713	30	82	60	0,8
11996	23328	510	77	634	4010	32	88	65	0,9
13041	6912	151	23	188	1188	10	26	19	0,3
13042	25920	567	86	705	4455	36	98	72	1,0
13669	34560	756	114	940	5940	48	131	96	1,3
13671	13824	302	46	376	2376	19	52	38	0,5
14360	10368	227	34	282	1782	14	39	29	0,4
33572	13478	295	44	366	2317	19	51	38	0,5
33595	13306	291	44	362	2287	18	50	37	0,5
33600	5184	113	17	141	891	7	20	14	0,2
33606	20218	442	67	550	3475	28	76	56	0,8
33607	8640	189	29	235	1485	12	33	24	0,3
33639	7862	172	26	214	1351	11	30	22	0,3
38507	172800	3780	570	4698	29700	238	653	481	6,5
38520	9072	198	30	247	1559	12	34	25	0,3
38543	5616	123	19	153	965	8	21	16	0,2
38544	13478	295	44	366	2317	19	51	38	0,5
40690	8640	189	29	235	1485	12	33	24	0,3
41743	10368	227	34	282	1782	14	39	29	0,4
41779	17280	378	57	470	2970	24	65	48	0,7
41790	24192	529	80	658	4158	33	91	67	0,9
50147	64541	1412	213	1755	11093	89	244	180	2,4

Universität für Bodenkultur Wien

University of Natural Resources and Applied Life Sciences, Vienna
Department für Wasser – Atmosphäre – Umwelt
Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und konstruktiven Wasserbau

GEDES: Gefährdung durch Deponien und Altablagerungen im Hochwasserfall – Risikoanalyse und Minimierung

Teilbericht 2

Arbeitspaket 2: Beurteilung der Hochwassergefährdung der einzelnen Standorte inklusive Abflusssimulation

Programm-Verantwortung
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie
Renngasse 5, 1010 Wien
+43 (0) 1 711 62-65 31 29

Programm-Management
Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft mbH
Sensengasse 1 A-1090 Wien
+43 (0) 5 77 55-5011

Bearbeitung:

o.Univ.Prof.DI Dr.Dr.h.c. Hans-Peter Nachtnebel
ao.Univ.Prof.DI Dr. Hubert Holzmann
DI Clemens Neuhold
DI Ulrich Haberl
DI Bianca Kahl
Bakk. Andrea Bichler

Wien, 2009

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis III

Tabellenverzeichnis VI

Danksagung VII

1 Einleitung 1

2 Zielsetzung 4

3 Methodik 5

3.1 Beurteilung der Hochwassergefährdung 5

3.2 Auswahl der Fallstudien 5

3.3 Definition der Szenarien 6

3.4 Hydrodynamisch-numerische Modelle 7

3.4.1 CCHE-2D 8
3.4.2 Hydro_AS-2D 8
3.4.3 River2D 8

4 Fallstudien 9

4.1 Altablagerung Dietersdorf an der Kainach 10

4.1.1 Auswahlkriterien 11
4.1.2 Schutzgüter 12
4.1.3 Hydrologie Kainach 13

4.2 Altablagerung Reutte/Pflach am Lech 14

4.2.1 Auswahlkriterien 16
4.2.2 Schutzgüter 17
4.2.3 Hydrologie Lech 19

4.3 Deponie Siggerwiesen an der Salzach 21

4.3.1 Auswahlkriterien 22
4.3.2 Schutzgüter 23
4.3.3 Hydrologie Salzach 24

5 Visualisierung und Ergebnisse 26

5.1 Altablagerung Dietersdorf an der Kainach 28

5.1.1 Hydraulisches Modell und mögliche Unsicherheiten in den Ergebnissen 28
5.1.2 Gesamtübersicht der Ergebnisse 30
5.1.3 HQ_{30} 31
5.1.4 HQ_{100} 31
5.1.5 HQ_{300} 32
5.1.6 $HQ_{100}+$ 32
5.1.7 $HQ_{300}+$ 33
5.1.8 Monetäre Bewertung – jährlicher Schadenserwartungswert 33

5.2 Altablagerung Pflach am Lech 34

5.2.1 Hydraulisches Modell und mögliche Unsicherheiten in den Ergebnissen 34
5.2.2 Gesamtübersicht der Ergebnisse 36
5.2.3 HQ_{30} 37
5.2.4 HQ_{100} 37
5.2.5 HQ_{300} 38
5.2.6 $HQ_{100}+$ 38
5.2.7 $HQ_{300}+$ 39
5.2.8 Monetäre Bewertung – jährlicher Schadenserwartungswert 39

5.3 Deponie Siggerwiesen an der Salzach 40

5.3.1 Hydraulisches Modell und mögliche Unsicherheiten in den Ergebnissen 40
5.3.2 Gesamtübersicht der Ergebnisse 43
5.3.3 HQ_{30} und HQ_{100} 44
5.3.4 HQ_{300} 44
5.3.5 $HQ_{100}+$ 45
5.3.6 $HQ_{300}+$ 45
5.3.7 Monetäre Bewertung – jährlicher Schadenserwartungswert 46

5.4 Kopplung der Ergebnisse aus Arbeitspaket 1 und Arbeitpaket 2 47

5.4.1 Darstellung der durchschnittlichen Stofffreisetzung für die Altablagerung Dietersdorf an der Kainach 48
5.4.2 Darstellung der durchschnittlichen Stofffreisetzung für die Altablagerung Pflach am Lech 50
5.4.3 Darstellung der durchschnittlichen Stofffreisetzung für die Deponie Siggerwiesen an der Salzach 50

6 Qualitative Beurteilung des Folgerisikos 51

7 Zusammenfassung und Schlussfolgerung 52

Literatur 55

Anhang 58

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 4.1 Überblick über die drei Fallstudien Lech, Salzach und Kainach 9

Abbildung 4.2 Altablagerung orographisch links der Kainach 10

Abbildung 4.3 Ausweisung der HQ_{30}, HQ_{100} und HQ_{200} Anschlagslinien entlang der Kainach, Quelle: HORA 11

Abbildung 4.4 Ausweisung von Gefahrenzonen entlang der Kainach, Quelle: HORA 11

Abbildung 4.5 Ausweisung geschützter Landschaftsteile, Quelle: www.geoland.at 12

Abbildung 4.6 Darstellung der dokumentierten Altablagerungen und Deponien in der Steiermark. Markierung der Fallstudie Dietersdorf/Kainach 13

Abbildung 4.7 Vermeintliche Altablagerung Pflach am Lech 14

Abbildung 4.8 Gesicherte Altablagerung Pflach am Lech 15

Abbildung 4.9 Ausweisung der HQ_{30}, HQ_{100} und HQ_{200} Anschlagslinien entlang des Lech, Quelle: HORA 16

Abbildung 4.10 Ausweisung von Natura 2000 Gebieten nach der Vogelschutzrichtlinie (SPA), Quelle: www.geoland.at 17

Abbildung 4.11 Ausweisung von Natura 2000 Gebieten nach der Habitatrichtlinie (SCI), Quelle: www.geoland.at 17

Abbildung 4.12 Ausweisung von Naturparkflächen, Quelle: www.geoland.at 18

Abbildung 4.13 Ausweisung von Naturschutzgebieten, Quelle: www.geoland.at 18

Abbildung 4.14 Darstellung der dokumentierten Altablagerungen und Deponien in Tirol. Markierung der Fallstudie Reutte/Pflach 20

Abbildung 4.15 Altablagerung orographisch rechts der Salzach 21

Abbildung 4.16 Ausweisung der HQ_{30}, HQ_{100} und HQ_{200} Anschlagslinien entlang der Salzach, Quelle: HORA 22

Abbildung 4.17 Ausweisung von Gefahrenzonen entlang der Salzach, Quelle: HORA 22

Abbildung 4.18 Ausweisung von Natura 2000 Gebieten nach der Vogelschutzrichtlinie (SPA), Quelle: www.geoland.at 23

Abbildung 4.19 Ausweisung von Natura 2000 Gebieten nach der Habitatrichtlinie (SCI), Quelle: www.geoland.at 23

Abbildung 4.20 Darstellung der dokumentierten Altablagerungen und Deponien in Salzburg. Markierung der Fallstudie Siggerwiesen 25

Abbildung 5.1 Überflutungstiefen im betrachteten Gebiet der Fallstudie (Szenario HQ_{300}+). 29

Abbildung 5.2 Beurteilungsparameter Wassertiefe, Fließgeschwindigkeit und Sohlschubspannung für ein HQ_{30} 31

Abbildung 5.3 Beurteilungsparameter Wassertiefe, Fließgeschwindigkeit und Sohlschubspannung für ein HQ_{100} 31

Abbildung 5.4 Beurteilungsparameter Wassertiefe, Fließgeschwindigkeit und Sohlschubspannung für ein HQ_{300} 32

Abbildung 5.5 Beurteilungsparameter Wassertiefe, Fließgeschwindigkeit und Sohlschubspannung für ein HQ_{100} mit Klimazuschlag 32

Abbildung 5.6 Beurteilungsparameter Wassertiefe, Fließgeschwindigkeit und Sohlschubspannung für ein HQ_{300} mit Klimazuschlag 33

Abbildung 5.7 Überflutungstiefen für das HQ_{300}+ Szenario im Bereich Reutte-Pflach 35

Abbildung 5.8 Beurteilungsparameter Überflutungstiefe, Fließgeschwindigkeit und Sohlschubspannung – HQ_{30} 37

Abbildung 5.9 Beurteilungsparameter Überflutungstiefe, Fließgeschwindigkeit und Sohlschubspannung – HQ_{100} 37

Abbildung 5.10 Beurteilungsparameter Überflutungstiefe, Fließgeschwindigkeit und Sohlschubspannung – HQ_{300} 38

Abbildung 5.11 Beurteilungsparameter Überflutungstiefe, Fließgeschwindigkeit und Sohlschubspannung – HQ_{100}+ 38

Abbildung 5.12 Beurteilungsparameter Überflutungstiefe, Fließgeschwindigkeit und Sohlschubspannung – HQ_{300}+ 39

Abbildung 5.13 Hochwasserereignis August 2002: Ergebnis der Kalibrierung 40

Abbildung 5.14 Überflutungstiefen im betrachteten Gebiet der Fallstudie (Szenario HQ_{300}+) 42

Abbildung 5.15 Beurteilungsparameter Überflutungstiefe, Fließgeschwindigkeit und Sohlschubspannung – HQ_{300} 44

Abbildung 5.16 Beurteilungsparameter Überflutungstiefe, Fließgeschwindigkeit und Sohlschubspannung – HQ_{100}+ 45

Abbildung 5.17 Beurteilungsparameter Überflutungstiefe, Fließgeschwindigkeit und Sohlschubspannung – HQ_{300}+ 45

Abbildung 5.18 Schadstoffkonzentration ausgehend von der Altablagerung Pflach am Lech 50

Abbildung 5.19 Schadstoffkonzentration ausgehend von der Deponie Siggerwiesen an der Salzach 50

Abbildung 6.1 Farbschema zur Beurteilung des Folgerisikos 51

Abbildung 7.1 Zusammenfassende Darstellung der qualitativen Beurteilung des Folgerisikos 53

Anhang:

Abbildung 0.1 Überflutungstiefen HQ_{30} Kainach 59
Abbildung 0.2 Überflutungstiefen HQ_{100} Kainach 60
Abbildung 0.3 Überflutungstiefen HQ_{300} Kainach 61
Abbildung 0.4 Überflutungstiefen HQ_{100}+ Kainach 62
Abbildung 0.5 Überflutungstiefen Lech, HQ_{30} Lech 63
Abbildung 0.6 Überflutungstiefen Lech, HQ_{100} Lech 64
Abbildung 0.7 Überflutungstiefen Lech, HQ_{300} Lech 65
Abbildung 0.8 Überflutungstiefen Lech HQ_{100}+ Lech 66
Abbildung 0.9 Überflutungstiefen HQ_{100} Salzach 67
Abbildung 0.10 Überflutungstiefen HQ_{300} Salzach 68
Abbildung 0.11 Überflutungstiefen HQ_{100}+ Salzach 69
Abbildung 0.12 Beurteilungsparameter Überflutungstiefe, Fließgeschwindigkeit und Sohlschubspannung – HQ_{30} 71
Abbildung 0.13 Beurteilungsparameter Überflutungstiefe, Fließgeschwindigkeit und Sohlschubspannung – HQ_{100} 71
Abbildung 0.14 Beurteilungsparameter Überflutungstiefe, Fließgeschwindigkeit und Sohlschubspannung – HQ_{300} 72
Abbildung 0.15 Beurteilungsparameter Überflutungstiefe, Fließgeschwindigkeit und Sohlschubspannung – HQ_{100}+ 72
Abbildung 0.16 Beurteilungsparameter Überflutungstiefe, Fließgeschwindigkeit und Sohlschubspannung – HQ_{300}+ 73

Tabellenverzeichnis

Tabelle 4.1 Abflussdaten für Pegel Lieboch/Kainach HZB 211342 13
Tabelle 4.2 Abflussdaten für Pegel Lechaschau/Lech 12000706 19
Tabelle 4.3 Abflussdaten für Pegel Salzburg/Salzach 203398 24
Tabelle 4.4 Hochwasserabflussdaten für Pegel Oberndorf/Salzach – repräsentativ für Fallstudie 24
Tabelle 5.1 Kritische Sohlschubspannung und kritische Fließgeschwindigkeit zur Abschätzung von Erosion (Lange/Lecher, 1989) 27
Tabelle 5.2 Simulierte Szenarien für Altablagerung Dietersdorf/Kainach 28
Tabelle 5.3 Überblick über szenariobezogene Bewertungsparameter 30
Tabelle 5.4 Durch Hochwasser betroffene Wohngebäude – Fallstudie Kainach 33
Tabelle 5.5 Simulierte Szenarien für Altablagerung Pflach/Lech 34
Tabelle 5.6 Überblick über szenariobezogene Bewertungsparameter 36
Tabelle 5.7 Kritische Sohlschubspannung, kritische Fließgeschwindigkeit für „Rasen verwachsen“ 36
Tabelle 5.8 Durch Hochwasser betroffene Wohngebäude – Fallstudie Lech 39
Tabelle 5.9 Simulierte Szenarien für Deponie Siggerwiesen/Salzach 40
Tabelle 5.10 Überblick über die szenariobezogenen Bewertungsparameter 43
Tabelle 5.11 Kritische Sohlschubspannung, kritische Fließgeschwindigkeit für Mittel- und Grobkies 43
Tabelle 5.12 Schadstoffkonzentration ausgehend von der Altablagerung Dietersdorf an der Kainach, Szenario I 48
Tabelle 5.13 Schadstoffkonzentration ausgehend von der Altablagerung Dietersdorf an der Kainach, Szenarien II 48
Tabelle 5.14 Schadstoffkonzentration ausgehend von der Altablagerung Dietersdorf an der Kainach, Szenarien III 49
Tabelle 5.15 Schadstoffkonzentration ausgehend von der Altablagerung Dietersdorf an der Kainach, Szenarien IV 49
Tabelle 6.1 Qualitative Beurteilung des Folgerisikos der Fallstudie Dietersdorf 51
Tabelle 6.2 Qualitative Beurteilung des Folgerisikos der Fallstudie Pflach 51
Tabelle 6.3 Qualitative Beurteilung des Folgerisikos der Fallstudie Siggerwiesen 51

Danksagung

Das Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und konstruktiven Wasserbau (IWHW) dankt dem Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie und der österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft mbH für die Förderung der Studie „GEDES: Gefährdung durch Deponien und Altablagerungen im Hochwasserfall – Risikoanalyse und Minimierung“ im Rahmen des österreichischen Förderprogramms für Sicherheitsforschung (KIRAS).

Weiters möchte sich das IWHW für die sehr gute Zusammenarbeit mit dem Bundesministerium für Forst- und Landwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft und den Ländern Salzburg, Steiermark und Tirol bedanken, die Daten, Unterlagen sowie relevante Ergebnisse zur Verfügung gestellt haben.

Im Rahmen der Zusammenarbeit mit den Ländern kam es zu einer sehr guten Kooperation mit DonauConsult Zottl & Erber Ziviltechniker GmbH, Ingenos Ziviltechniker GmbH, sowie SKI GmbH & Co. KG.

Besonderer Dank gilt dem Institut für Wassergüte, Ressourcenmanagement und Abfallwirtschaft der Technischen Universität Wien für die hervorragende Projektleitung.

1 Einleitung

Die Risikoanalyse hat zum Ziel, eine Antwort auf die Frage „Was kann passieren?“ zu geben (BUWAL, 1999a). In einem abgegrenzten Gebiet untersucht man das Risiko als Funktion der Wahrscheinlichkeit eines Schadensereignisses und der daraus resultierenden Konsequenzen. Risiko ist ein Maß für die Größe einer Gefährdung, somit ist es Grundlage, um Handlungsbedarf aufzuzeigen und um Strategien, sowie Maßnahmen zur Risikominderung zu entwickeln. Grundsätzlich ist von einem möglichst umfassenden Schadensbegriff auszugehen. Damit die Risikoanalyse jedoch im Aufwand eingegrenzt bleibt, schränkt man fallspezifisch die zu untersuchenden Schadensarten ein.

Merz (2006) zeigt eine Vielfalt an möglichen Schäden durch Überschwemmung auf. Dabei bezieht er sich ausschließlich auf negative Auswirkungen, wie z.B. Tod und Verletzung von Menschen, Beschädigung von Gebäuden und deren Inventar, Produktions- und Verkehrsunterbrechungen, Verfrachtung von Schadstoffen und Verschmutzung von Grund- und Oberflächenwasser, Erosion, Ablagerung von Feststoffen und Vernichtung der Vegetation. Zur Beschreibung der negativen Auswirkungen von Hochwasser sind nach Egli (1996) und WBGU (1999) folgende Schadenskategorien sinnvoll:

- Personenschäden (Störung und Zerstörung von Leben und Gesundheit)
- Sachschäden (Schäden an Gebäuden und deren Inventar, an Infrastruktureinrichtungen, an Ernteerträgen etc.,)
- Schäden an Naturkapital (Schädigung von Pflanzen- und Tierpopulationen, Verschmutzung von Wasserkörpern und schützenswerten Gütern etc.,)
- sonstige Schäden (Beschädigung und Verlust von Kulturgütern, Verlust des Vertrauens der Betroffenen in Entscheidungsträger etc.,)

BUWAL (1999a, b) bezieht sich im Rahmen der Risikobeurteilung vorwiegend auf die Schadensarten:

- Personenschäden
- Sachschäden
- Folgeschäden

Wobei sich die Studie „GEDES – Gefährdung durch Deponien und Altablagerungen im Hochwasserfall“ mit dem Aspekt der Folgeschäden auseinandersetzt.

Folgerisiken sind Risiken, die erst als Folge der Einwirkung eines Gefahrenprozesses entstehen und Sachwerte, Personen oder ökologische Werte gefährden können (BUWAL, 1999a). Ein Beispiel sind die Überschwemmung entlang des Lago Maggiore im Jahr 1993: Damals wurden in Locarno viele Heizöltanks aus den Verankerungen gerissen, da diese nicht auftriebssicher ausgeführt waren. Dadurch rissen die Leitungen zu den Pumpen, wodurch Heizöl auslief und ökonomische und ökologische Schäden verursachte. Solche Risiken lassen sich nur mit großem Aufwand abschätzen. Laut der Studie Flood Risk (BMFLUW, 2005) können Schäden durch das Auslaufen von Öl um das zwei- bis dreifache höher sein, als Hochwasserschäden ohne Ölkontamination. In der Schweiz, beispielsweise, besteht seit 1991 die Verordnung über den Schutz vor Störfällen (Störfallverordnung, StFV 1991). Die Behörde kann aufgrund dieser Verordnung Betriebe mit gefährlichen chemischen Stoffen dazu verpflichten, eine Risikoanalyse durchzuführen.

Zur qualitativen und quantitativen Beurteilung von Folgeschäden kann zwischen den Schadensarten:

- Folgeschäden an Personen
- Folgeschäden an ökonomischen Werten
- Folgeschäden an ökologischen Werten

unterschieden werden (BUWAL, 1991). Im Rahmen der Studie werden vorwiegend Folgeschäden an ökologischen Werten (schützenswerte Güter) eingehend untersucht. Dabei ist es wesentlich, das System abzugrenzen, das System zu beschreiben, und die Ziele der Risikoanalyse festzulegen. Die Szenariobildung und Gefahrenanalyse ermöglichen im Anschluss eine eingehende Risikoanalyse und -bewertung.

Eine Quantifizierung von Risiko kann für direkte/indirekte und tangible/intangible Schäden durchgeführt werden (Messner, 2006; Penning-Rowsell et al., 2003; Smith & Ward, 1998). Direkte Schäden entstehen durch die unmittelbare Einwirkung des Wassers auf die betrachteten Risikoelemente. Indirekte Schäden treten – räumlich und/oder zeitlich – außerhalb des Hochwasserereignisses auf. Räumlich indirekte Schäden treten z.B. auf, wenn Infrastruktureinrichtungen überflutet werden, die auch außerhalb der Überschwemmungsfläche zu Schäden führen. Ein Beispiel für zeitlich-indirekte Schäden sind Abwanderungen von Betrieben, die durch ein Hochwasser geschädigt werden. Direkte und indirekte Schäden lassen sich weiter in tangible oder intangible Schäden unterteilen. Tangible Schäden sind solche, die sich naturgemäß in Geldeinheiten ausdrücken lassen. Für intangible Schäden ist dies nicht oder nur bedingt möglich. Beispiele hierfür sind Personenschäden oder Schäden an Flora und Fauna.

Hochwasserschäden, verursacht durch die Überflutung von Deponien und Altablagerungen, können erhebliche direkte (bei Beschädigung von Einrichtungen einer Deponie) und indirekte Schäden zur Folge haben, also Schäden durch Schadstoffemissionen oder -kontaminationen. Beispiele für indirekte Schäden aufgrund von Hochwasserereignissen sind nach Merz (2006):

- Bodenwertminderung
- Minderung des Wiederverkaufswerts
- Nutzungsextensivierung
- Verlust des Vertrauens in die Gemeinde oder Region mit negativen ökonomische Folgen, z.B. Verringerung zukünftiger Investitionen
- Produktionsausfall von Industrie, Gewerbe und Landwirtschaft
- Betriebsunterbrechung von Handel und Dienstleistungen
- Verluste aufgrund des Ausfalls von Infrastruktur (Verkehr, Ver- und Entsorgung)
- makroökonomische Effekte, wie z.B. Auswirkungen auf das Bruttoinlandsprodukt auf Kaufkraft und Konsum oder Inflation

Ein Beispiel von indirekten Schäden geben FEMA (1998): Durch das Hochwasser von Des Moins (Iowa, USA) wurden die Wasserwerke überschwemmt. Dies führte zu einem Ausfall der Serviceleistungen für mehr als 250.000 Kunden für 11 Tage. Die indirekten Schäden der Wasserwerke wurden mit 12 Mio US-$ beziffert. Die Schäden bei den Kunden durch den Ausfall der Wasserwerke wurden hingegen auf 200-500 Mio US-$ geschätzt. Dieses Szenario könnte noch erheblich verschärft werden, wenn zusätzlich zum Ausfall der Versorgungsanlage eine Kontamination der Trinkwasserspeicher zu verzeichnen wäre.

Abgesehen, von negativen Folgen können langfristig gesehen auch positive ökonomische Hochwasserfolgen z.B. durch die Modernisierung von Infrastruktur und Produktionsanlagen erzielt werden (Münchner Rück, 2001, 2003), diese werden im Rahmen dieser Studie jedoch vernachlässigt.

2 Zielsetzung

Die Zielsetzung des Arbeitspakets 2 der gegenständlichen Studie liegt darin, relevante Deponie- und Altablagerungsstandorte auf ihre Hochwassergefährdung zu untersuchen. Dabei soll eine Auswertung von bestehenden Unterlagen, wie Gefahrenzonenpläne, HORA-Datensätzen und Überflutungsberechnungen in Bezug auf die im Arbeitspaket 1 erfassten Deponie- und Altablagerungsstandorte durchgeführt werden, um gefährdete Standorte auszuweisen.

Weiters sollen Klimaszenarien, zur Berücksichtigung allfälliger Änderungen der vorherrschenden klimatologischen Bedingungen definiert werden, um diese für einzelne besonders gefährdete Standorte (3 Fallstudien) mit Hilfe von hydrodynamisch-numerischen Hochwasserabflussmodellen zu berechnen.

Damit soll eine computerunterstützte Hochwasserabflusssimulation für gefährdete Standorte unter verschiedenen klimatischen Bedingungen gewährleistet werden, um die aktuelle und zukünftige Gefährdung von schützenswerten Gütern besser beurteilen zu können.

3 Methodik

Das Kapitel 3 gibt einen Überblick über die Beurteilung der Hochwassergefährdung (3.1) von Deponie- und Altablagerungsstandorten, sowie den Entscheidungsfindungsprozess zur Auswahl der detailliert bearbeiteten Fallstudien (3.2). Kapitel 3.3 zeigt im Detail die Herleitung der Klimaszenarien und den internationalen Stand des Wissens im Kontext von Berücksichtigung möglicher klimatischer Einflüsse auf Hochwasser. Weiters wird ein konzeptioneller Überblick über die angewendeten hydrodynamisch-numerischen Simulationsmodelle gegeben (3.4), wobei Details den jeweiligen Benutzerhandbüchern zu entnehmen sind.

3.1 Beurteilung der Hochwassergefährdung

Die Beurteilung der Hochwassergefährdung aller Deponie- und Altablagerungsstandorte wurde zum Großteil unter Verwendung der digitalen Datensätze der HORA Studie (BMFLUW, 2006a) durchgeführt. Da die Beurteilung im unmittelbaren Zusammenhang mit Fragestellungen und methodischen Entwicklungen im Rahmen des Arbeitspakets 1 stand, wurde die methodische Abhandlung, sowie die Darstellung der Ergebnisse im Rahmen von Teilbericht 1 durchgeführt (Laner et al., 2008) und wird im Teilbericht 2 nicht mehr behandelt.

3.2 Auswahl der Fallstudien

Um besonders gefährdete Standorte für eine eingehende Betrachtung auszuwählen, wurden Kriterien definiert um relevante Deponien oder Altablagerungen an Hand ihrer Lage, Zusammensetzung und Größe auszuwählen. Dabei wurden folgende Attribute als wesentlich erachtet:

- unmittelbare Nähe zu Schutzgütern
- Abfälle hausmüllähnlicher Zusammensetzung
- Mindestvolumen 100.000m³
- Ablagerungszeitraum 1980 und später
- kein/nicht ausreichender Hochwasserschutz (laut Deponie VO $\geq HQ_{500}$)
- Datenverfügbarkeit

und für Deponien und Altablagerungen der in AP1 definierten Kategorien abgefragt. Daraus wurden die drei Fallstudien:

- Altablagerung Dietersdorf an der Kainach
- Altablagerung Pflach am Lech
- Deponie Siggerwiesen an der Salzach

abgeleitet, welche in Kapitel 4 beschrieben werden.

3.3 Definition der Szenarien

Wesentlicher Aspekt der Bearbeitung von Arbeitspaket 2 war die Definition von Klimaszenarien, um mögliche zukünftige Einwirkungen auf Deponien und Altablagerungen besser abschätzen zu können. Neben zahlreichen qualitativen Angaben konnten auch manche quantitative Abschätzungen in der Literatur gefunden werden, wie man im Rahmen der Schutzwasserwirtschaft oder Risikoanalyse mögliche Klimaszenarien berücksichtigen kann.

Die Grundlage der Szenarien basiert auf die Abschätzung extremer Hochwasserereignisse. Dabei stellt sich das grundsätzliche Problem der Extrapolation, inwieweit es gerechtfertigt ist, von Beobachtungen unter gewöhnlichen oder vergleichsweise häufigen Bedingungen und von der Vergangenheit bzw. Gegenwart auf die Zukunft auf Extremsituationen zu schließen (Merz, 2006). Gutknecht (1994) diskutiert die erstgenannte Problematik im Hinblick auf Extremhochwässer in kleinen österreichischen Einzugsgebieten und weist darauf hin, dass bei Extremsituationen Mechanismen wirksam werden, die sonst nicht beobachtet werden. Noch schwieriger ist die Extrapolation für längere zukünftige Zeiträume (Singh & Strupczewski, 2002).

Die Aussagen reichen in diesem Kontext mit zukünftigen Klimaszenarien von „Für die Schweiz werden als Folge der Klimaänderung im Winter und Frühjahr in Höhenlagen unter 1500m ü.A. häufiger und zum Teil größere Hochwässer erwartet“ (OcCC, 2007) bis „Der Freistaat Bayern schlägt vor, einen Klimazuschlag von 15% bei den Sicherheitsberechnungen im Hochwasserschutz auf Grund der Studie, Klimaveränderung und Konsequenzen für die Wasserwirtschaft, einzuführen“ (KLIWA, 2004). Weiters wird im Rahmen der KLIWA Studie darauf hingewiesen, dass im Land Baden-Württemberg mit bis zu 35% stärkeren Winterniederschlägen und einer Zunahme mittlerer Hochwasserereignisse um 15 bis 25% gerechnet werden muss (KLIWA, 2007).

Qualitative Aussagen, wie im Rahmen der GRDC Report Series – Nr. 32 (Kundzewicz et al., 2004) besagen, dass zukünftige Klimaszenarien mit hoher Wahrscheinlichkeit eine Zunahme an Starkregenniederschlägen, sowie Hochwasserereignissen erwarten lassen. In der Zusammenfassung des IPCC Reports wird festgestellt: „Es wird eine Zunahme von Trockenheit, Hitzewellen und Hochwasser und ihren negativen Einflüssen vorausgesagt.“ (IPCC, 2007).

In der Studie HYD-KLIMA (Nachtnebel, et al., 2001) wird auf die Komplexität und die damit einhergehenden Unsicherheiten der Abschätzung regionaler Entwicklungen auf Grund einer globalen Klimaerwärmung hingewiesen. Es wird qualitativ festgehalten, dass ausgehend von den Ergebnissen der aktuellsten globalen Klimamodellrechnungen innerhalb des 21. Jahrhunderts in den verschiedenen Regionen Österreichs deutliche Veränderungen der klimatischen und hydrologischen Verhältnisse zu erwarten sind. Jedoch wird auch für viele Gebiete in Österreich ein abnehmender Trend der Hochwässer beobachtet; dies wird von vielen Simulationen belegt. Abgesehen von möglichen Klimaeinflüssen ist die anthropogene Beeinflussung der Hochwassercharakteristik entscheidend. So zeigt die Studie Nachtnebel & Debene (2005), dass sich die Laufzeit von Donauhochwässern in den letzten Jahrzehnten durch die energiewirtschaftliche Nutzung und Begradigung drastisch verkürzt hat.

Weitere quantitative Angaben zeigen Schanze et al., 2008, wo von einer wahrscheinlichen Zunahme von 5-10% der Hochwasserspitzen in den nächsten 50 bis 100 Jahren auf Grund des Klimawandels ausgegangen wird (Penning-Rowsell & Harris, Kapitel 7.1). Weiters werden in

der Englischen Methodik zur Kosten-Nutzen Untersuchung 20% „Klimazuschlag“ zur Berücksichtigung zukünftiger Szenarien und Entwicklungszustände angesetzt (Evans, et al., 2004).

Die hier angeführten qualitativen und quantitativen Literaturwerte und die damit einhergehenden Unsicherheiten der Klimamodelle lassen den Schluss zu, dass der Ansatz eines prozentuellen Klimazuschlags zur Hochwasserspitze ein gangbarer Weg ist. Da die angeführten Werte von 15% und 20% einen Sicherheitszuschlag (ähnlich dem Freibord bei Hochwasserschutzdeichen) beinhalten und im Rahmen der gegenständlichen Studie der Einfluss auf die Hochwasserwelle und nicht die schutzwasserbaulichen Konsequenzen entscheidend sind, wird ein Zuschlag von +10% bei den relevanten Szenarien angesetzt. Somit wurden zur Analyse des Risikos ausgehend von Deponien und Altablagerungen für die drei Fallstudien je fünf Szenarien definiert:

- **HQ_{30}**
- **HQ_{100}**
- **HQ_{300}**
- **HQ_{100} plus Klimazuschlag (HQ_{100}+)**
- **HQ_{300} plus Klimazuschlag (HQ_{300}+)**

Die Deponieverordnung definiert unter anderen als Ausschlusskriterium eines Deponiestandorts, wenn: „ ...sich Flächen außerhalb eines Hochwasserabflußgebietes gemäß Abs. 1 Z 3 jedoch innerhalb eines Abflußgebietes eines HQ_{500} befinden, soweit nicht die Hochwasserfreiheit des Standortes durch technische Maßnahmen erzielt werden kann“ (BMU, 2004). Die Überlegung dieses HQ_{500} Szenario separat zu berechnen erwiesen sich als nicht notwendig, da es auf Grund der erheblichen Unsicherheit im Rahmen einer Extrapolation durchwegs in die Bandbreite des HQ_{300} und HQ_{300}+ Szenarios fällt. Um dies zu belegen wurde für den Deponiestandort Siggerwiesen ein Gutachten der Salzburger Landesregierung erstellt, das klar zeigt, dass der für den Bereich Siggerwiesen erhobene HQ_{500} Abfluss kleiner ist, als das Szenario HQ_{300}+ (Staudinger, 2008).

3.4 Hydrodynamisch-numerische Modelle

Um Synergieeffekte mit bereits durchgeführten Projekten optimal nutzen zu können, wurde bei den relevanten Stellen (Land Salzburg, Land Steiermark und Land Tirol) die Verfügbarkeit von Unterlagen, Daten, Modellen und Simulationsergebnissen erhoben. Dabei stellte sich im Anschluss an die Festlegung der Fallstudien heraus, dass für den Abschnitt Salzach-Siggerwiesen, sowie für den Bereich Lech-Pflach aktuelle zweidimensionale hydrodynamisch-numerische Modelle vorliegen, die für die Fragestellungen im Rahmen des Arbeitspakets 2 genutzt, adaptiert und optimiert werden konnten. Für den Bereich Dietersdorf an der Kainach wurde ein 2D Modell aufgebaut, um die Einwirkung auf die vorhandene Altablagerungen berechnen zu können und in weiterer Folge die möglichen Emissionen abschätzen zu können. Durch die unterschiedlichen Charakteristika der betrachten Flussabschnitte kamen 3 Simulationsmodelle zur Anwendung, deren Konzepte in den folgenden Unterkapiteln (3.4.1, 3.4.2, 3.4.3) beschreiben werden. Detailliere Beschreibungen der Modelle sind den Benutzerhandbüchern zu entnehmen (Zhang & Jia, 2007; Zhang, 2006; Benutzerhandbuch HYDRO_AS-2D office@ib-nujic.de; Blackburn & Steffler, 2002).

3.4.1 CCHE-2D

Die Software wurde konzipiert, um den Abfluss zweidimensional zu simulieren und zu analysieren. Die Prozesse werden an Hand der tiefengemittelten Reynold´s Gleichung gelöst. Das Model basiert auf der „Effiziente-Elemente-Methode“, eine spezielle Form der Finite-Elemente-Methode. Interne Randbedingungen können synchron mit dem Abfluss simuliert werden. Es werden drei Turbulenzmodelle angeboten, das tiefengemittelte parabolische Wirbelviskositätsmodell, das tiefengemittelte k-ε Modell, sowie das Mischungswegmodell. Das numerische Modell kann strömenden und schießenden Abfluss, sowie den jeweiligen Übergang simulieren. Das Modell besteht aus zwei Komponenten, dem Netzgenerator, sowie der Benutzeroberfläche.

3.4.2 Hydro_AS-2D

Das Strömungsmodell wurde schwerpunktmäßig für die Berechnung der Dammbruch- und Flutwellenausbreitung entwickelt, kann jedoch ebenso für allgemeine zweidimensionalen Stömungs- und Abflusssimulationen eingesetzt werden. Das in HYDRO_AS-2D integrierte Verfahren basiert auf der numerischen Lösung der 2D-tiefengemittelten Störmungsgleichung mit der Finite-Volumen-Diskretisierung mit explizitem Zeitschrittverfahren. Die Finite Volumen Methode verfolgt konservative Eigenschaften (Massen- und Impulserhaltung) und ist für Berechnungen von diskontinuierlichen Übergängen (Wechselsprünge) geeignet (Hydrotec, 2009).

3.4.3 River2D

River2D ist ein zweidimensionales hydrodynamisches Simulationsmodell. Es löst die tiefengemittelten Strömungsgleichungen mit Hilfe der Finite-Elemente-Methode. Zusätzlich zur Modellierung von Hochwasserwellen erlaubt das Modell die Evaluierung von Fischhabitaten an Hand des PHABSIM Ansatzes (Waddle, 2001). Es besteht aus einem modularen Aufbau zur individuellen Berücksichtigung und Bearbeitung von Flussmorphologie, Eisbildung, Geländegeometrie sowie dem Berechnungsmodul. Diese Komponenten werden üblicherweise in der genannten Reihenfolge angewendet (Blackburn & Steffler, 2002).

4 Fallstudien

Die folgenden Kapitel liefern einen Überblick über drei eingehend analysierte Fallstudien. Dabei wird die Hydrologie der relevanten Flüsse dargestellt, sowie die Standorte beschrieben. Die Parameter, die zur Wahl der Fallstudie führten, werden diskutiert, sowie schützenswerte Güter ausgewiesen, die durch die Deponie oder Altablagerung gefährdet sein können.

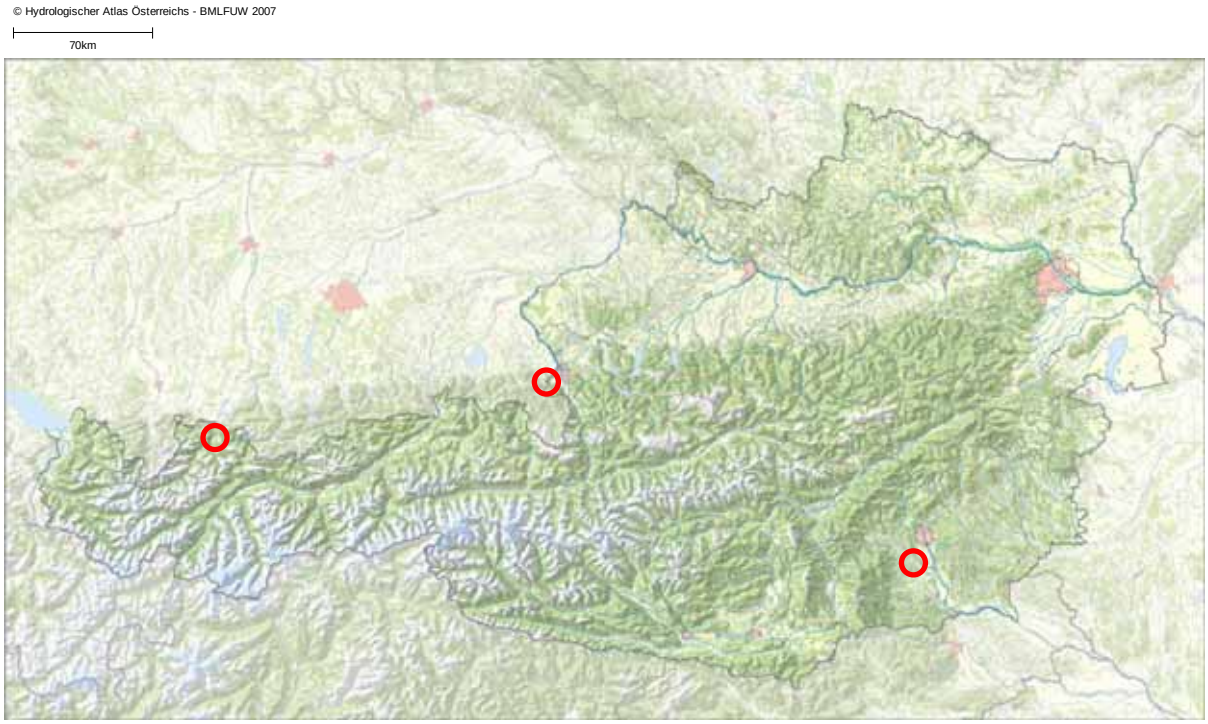


Abbildung 4.1 Überblick über die drei Fallstudien Lech, Salzach und Kainach

Ein wesentlicher Aspekt bei der Wahl der Fallstudien war die unmittelbare Hochwassergefährdung des Altablagerungs- oder Deponiestandortes. Hierfür wurde an Hand des HORA-Datensatzes (BMFLUW, 2006) überprüft, inwieweit sich der Standort im Überflutungsbereich eines HQ_{30}, HQ_{100} oder HQ_{200} Hochwassers befindet. Dazu wurde im Teilbericht 1 (Laner et al, 2008) sämtliche Deponie- und Altablagerungsstandorte (Verfüllungsvolumen > 25.000m³) an Hand ihrer Lagekoordinaten (Punktkoordinate X/Y) auf ihre Hochwassergefährdung beurteilt. Im Rahmen des Teilberichts 2 wurden zusätzlich Orthophotos zur Beurteilung der Hochwassergefährdung herangezogen.

Weiters wurde mit Hilfe der Kartenwerke auf www.geoland.at das Vorhandensein von Schutzgütern und Infrastruktureinrichtungen geprüft. Dabei wurde die unmittelbare Nähe von

- geschützten Landschaftsteilen
- Natura2000 Gebieten (nach Vogelschutzrichtlinie und Habitatrichtlinie)
- Naturparkflächen
- Naturschutzgebieten
- Schutzgebieten

abgefragt und visualisiert. Die Ergebnisse der Abfragen wurden im Anschluss mit den Katasterdaten des Umweltbundesamtes (UBA, 2008) verknüpft und an Hand der definierten Attribute und Parameter drei besonders gefährdete Standorte ausgewählt.

4.1 Altablagerung Dietersdorf an der Kainach

Die Altablagerung Dietersdorf befindet sich im Bereich von ehemaligen Mäandern der Kainach. Die unmittelbar flussauf liegende Altablagerung Fading wurde laut der Altlastenkatasters des UBA folgendermaßen beschrieben: *„.Es gab Probleme bei Hochwasser der Kainach, wodurch der Hausmüll weggeschwemmt wurde. Die Tiefe der Grube wurde mit ca. 2 m angegeben. Im Zuge der Regulierung der Kainach und der Grundzusammenlegung wurde das Areal gleichgeschoben. Zur Zeit der Feldbegehung im September 1988 erwies sich die Fläche als landwirtschaftlich genutzt“*. Es ist daher davon auszugehen, dass die Hochwässer der Kainach genug Erosionskraft entwickeln können, um die weiter flussab liegende Altablagerung ebenfalls abzutragen und diese somit eine erhebliche Gefährdung für Schutzgüter darstellt.

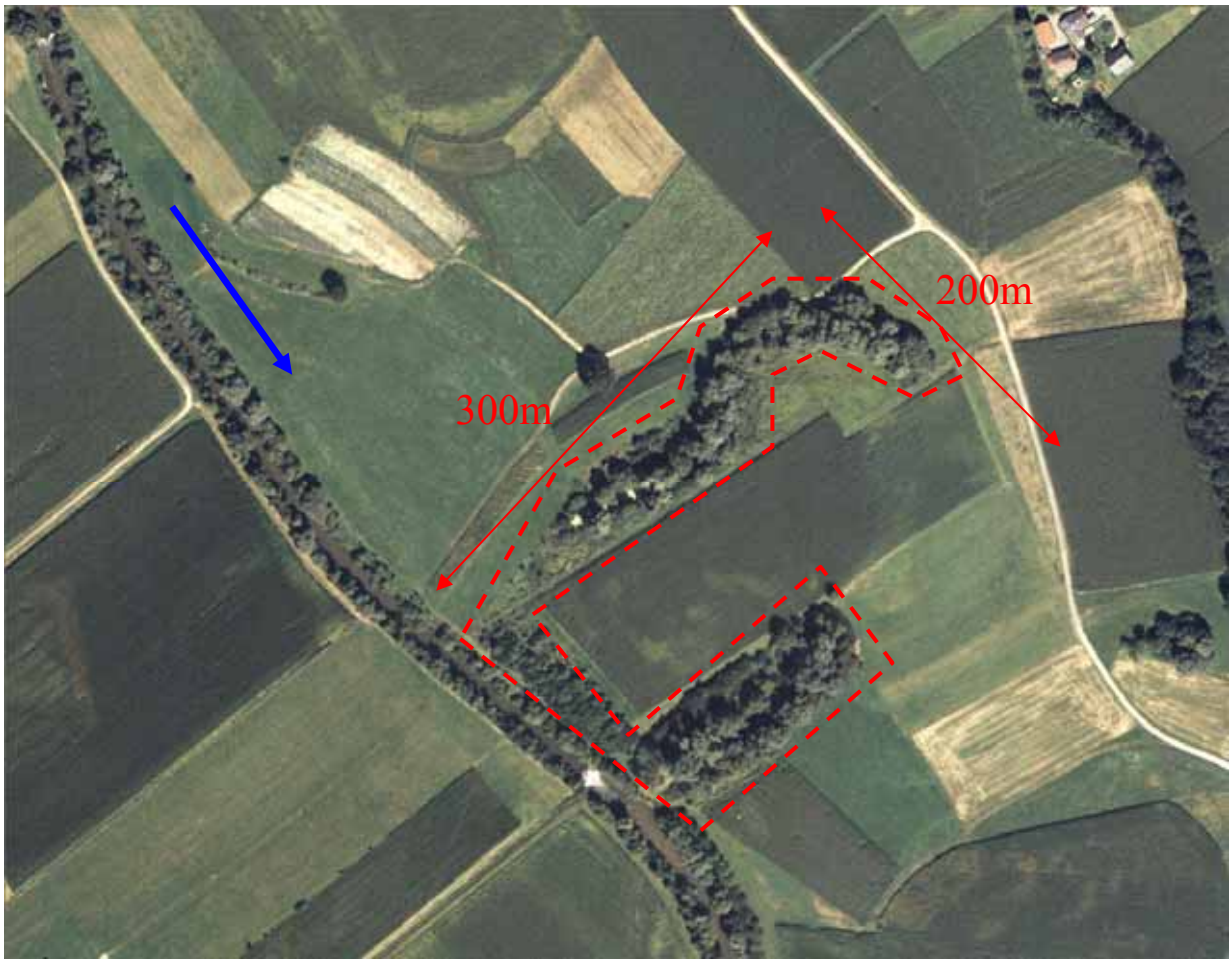


Abbildung 4.2 Altablagerung orographisch links der Kainach

Die Altablagerung liegt orographisch links der Kainach und umfasst ca. 6 ha. Die Bereiche der ehemaligen Flussschlingen liegen topographisch tiefer als das Umland, wodurch das Wasser bei einer Überflutung mehrere Tage bis Wochen in diesem Bereich verbleibt und somit Reaktionen mit dem abgelagerten Hausmüll und folglich Emissionen ins Grundwasser und das Umland zu erwarten sind.

4.1.1 Auswahlkriterien

Die beiden Darstellungen (Abbildung 4.3 und Abbildung 4.4) zeigen, dass der betrachtete Standort selbst bei relativ niedrigen Hochwässern überflutet wird. Zusätzlich relevant für die Wahl dieser Fallstudie war die unmittelbare Nähe zu Siedlungsgebieten und das Vorhandensein zahlreicher kleiner Entwässerungsgräben, die mögliche Emissionen, ausgehend von der Altablagerung, im gesamten Gebiet weitreichend verteilen können.

Abbildung 4.3 Ausweisung der HQ_{30}, HQ_{100} und HQ_{200} Anschlagslinien entlang der Kainach, Quelle: HORA

Abbildung 4.4 Ausweisung von Gefahrenzonen entlang der Kainach, Quelle: HORA

4.1.2 Schutzgüter

Im Rahmen der Erhebung schützenswerter Güter flussab der Altablagerung Dietersdorf an der Kainach konnten keine wesentlichen Gefahrenpotentiale im Hinblick auf Natura 2000, Naturschutzgebiete, Schongebiete,... festgestellt werden. Sowohl die direkte Lage neben dem Gewässer, als auch die unmittelbare Nähe zu landwirtschaftlichen Flächen und vor allem zu Siedlungsgebieten gaben jedoch Grund zur Auswahl der Fallstudie.

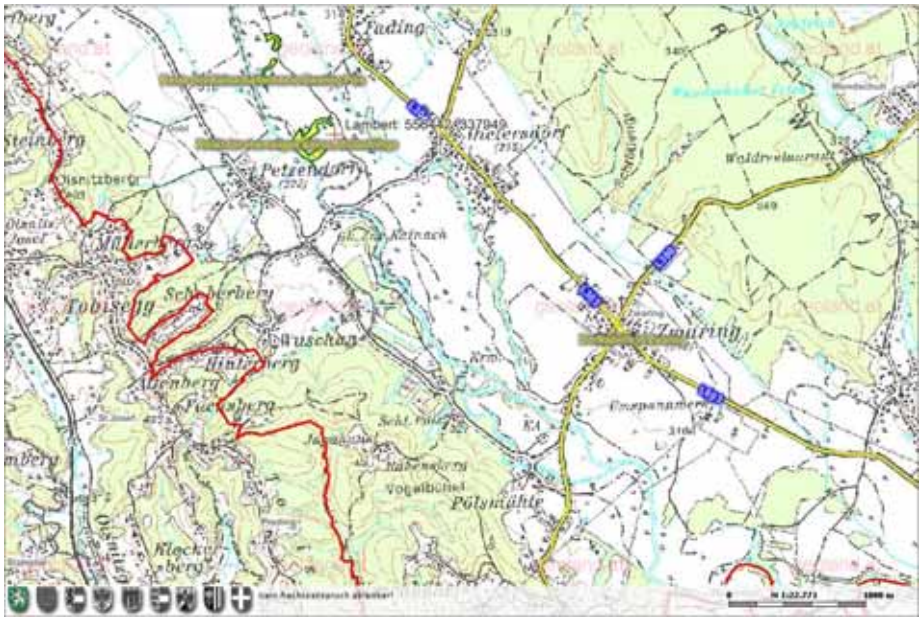


Abbildung 4.5 Ausweisung geschützter Landschaftsteile, Quelle: www.geoland.at

Weiters erfüllte die Altablagerung Dietersdorf die vorab definierten Rahmenbedingungen:

- Abfälle hausmüllähnlicher Zusammensetzung
- Mindestvolumen von 100.000m³ (130.000m³)
- Ablagerungszeitraum 1980 und später
- kein Hochwasserschutz.

4.1.3 Hydrologie Kainach

Die Kainach entspringt auf 1660 m ü.A. (Gleinalpe) und mündet auf 290 m ü.A. orographisch rechts in die Mur. Das Einzugsgebiet (849 km²) des 64 km langen Flusses befindet sich ausschließlich auf dem Landesgebiet der Steiermark. Für den Pegel Lieboch, der knapp oberhalb des betrachteten Gebietes liegt, werden vom HZB Steiermark folgende statistische Hochwasserwerte ausgewiesen (Stand: Dezember 2004):

Tabelle 4.1 Abflussdaten für Pegel Lieboch/Kainach HZB 211342

PEGEL LIEBOCH/KAINACH HZB 211342	
Durchfluss – beobachtete Werte [m³/s]	
Beobachtungsbeginn	01.01.1951
Höchster beobachteter Wert	320
Niedrigster beobachteter Wert	0.36
Durchfluss – Statistische Werte [m³/s]	
HQ_1	105
HQ_5	220
HQ_{10}	260
HQ_{30}	320
HQ_{50}	360
HQ_{100}	410
MQ	9.95
Q_{95}	2.94
$MJNQ_T$	2.02
NNQ_T	≤ 0.46

Von Seiten des IWHW wurde ein Hochwasserabflusswert für ein HQ_{300} von 480m³/s extrapoliert und für das relevante Szenario als Input angesetzt.

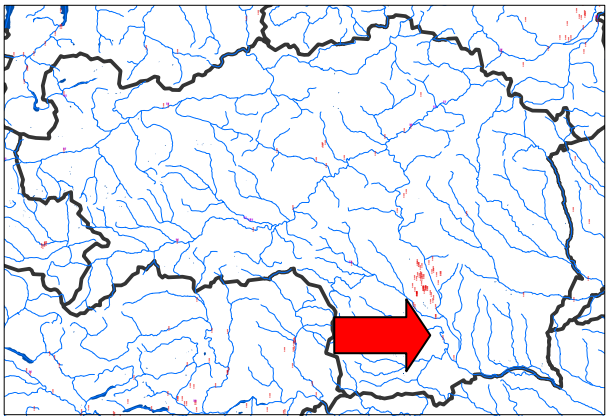


Abbildung 4.6 Darstellung der dokumentierten Altablagerungen und Deponien in der Steiermark. Markierung der Fallstudie Dietersdorf/Kainach

Die Darstellung der dokumentierten Altablagerungen und Deponien in der Steiermark (UBA-Abbildung 4.6) zeigt, dass sich eine Vielzahl der Standorte im Raum Graz und entlang der Mur und Mürz befinden.

4.2 Altablagerung Reutte/Pflach am Lech

Die Stationierung der Altablagerung Pflach am Lech wurde im Altlastenkataster mit den Koordinaten X=202766, Y=403706 (Lambert) definiert (Abbildung 4.7). Auf Grund dieser Angabe und einer Begehung vor Ort wurde die markierte Fläche als die mögliche Altablagerung identifiziert und in vollem Umfang ausgewertet (siehe Anhang).

Abbildung 4.7 Vermeintliche Altablagerung Pflach am Lech

In der Endphase der Berichtlegung wurde im Zuge einer Literaturstudie für andere Projekte das Dokument „Altlast T10-Deponie Pflach“ erhoben, welches die Altablagerung als gesichert und somit als Deponie ausweist. Anhand der Datengrundlage zur Auswahl der Fallstudien, sowie der Annahme vor Ort, dass es sich um eine Altablagerung (ohne Sicherungsmaßnahmen) handelt wurde die falsche Fläche ausgewählt und analysiert.

Die vorhandenen Analyseergebnisse können somit als Entscheidungsgrundlage verstanden werden, um flussnahe Verdachtsflächen auf mögliche Folgerisiken zu bewerten. Die Fehlinterpretation der Datengrundlage wurde rechtzeitig erkannt und zusätzlich zur Fläche, dargestellt in Abbildung 4.7, die tatsächliche Altablagerung Pflach am Lech (Abbildung 4.8) analysiert. Die Unsicherheiten in den Datengrundlagen und Erhebungen können demnach beträchtlich sein.

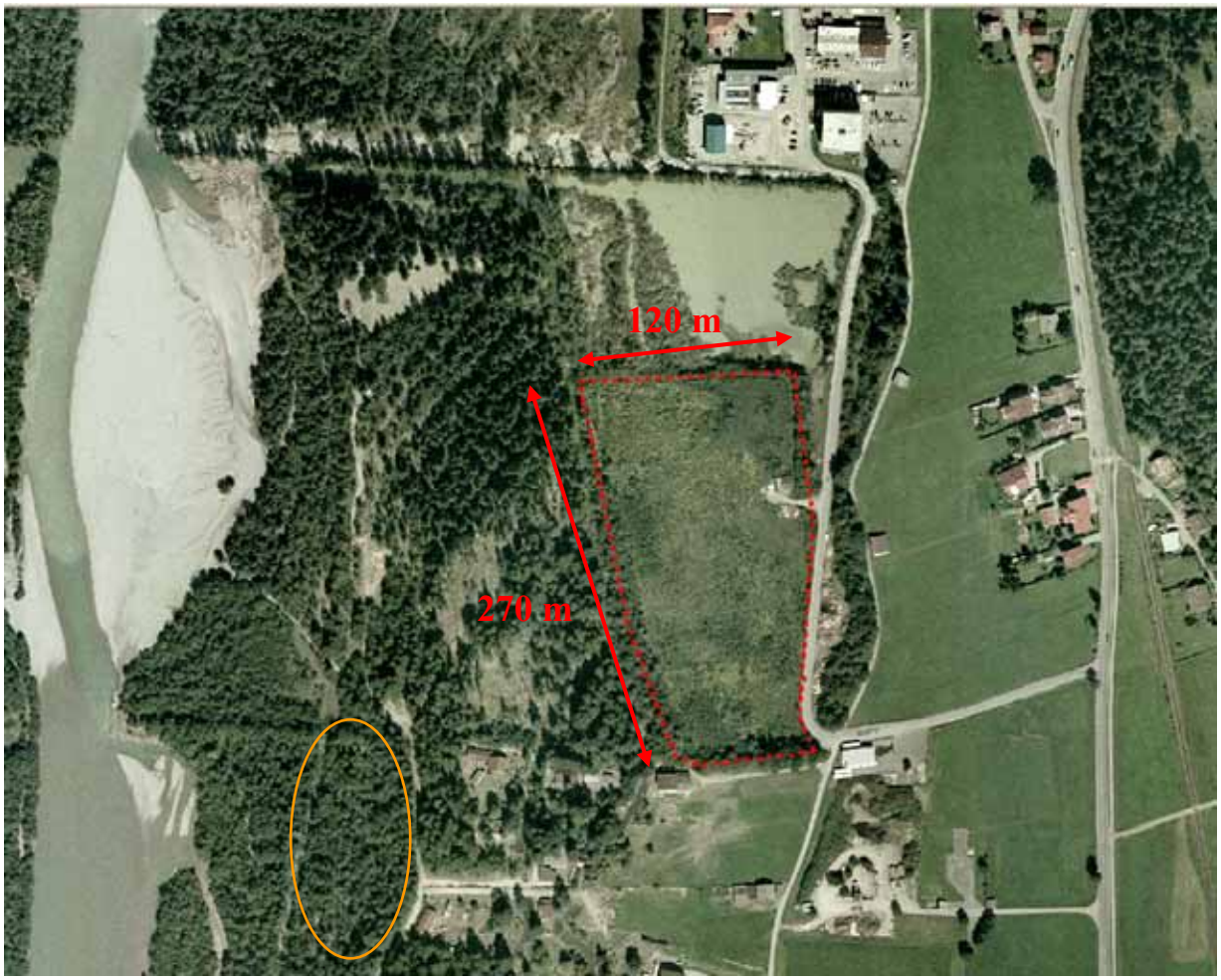


Abbildung 4.8 Gesicherte Altablagerung Pflach am Lech

Die Altablagerung Pflach befindet sich orographisch rechts des Lechs und grenzt unmittelbar an ein Siedlungsgebiet. Die ca. 3 ha große Altablagerung liegt zwischen den Orten Pflach und Reutte in den östlichen Lechauen (und diente diesen beiden Gemeinden von etwa 1976 bis 1993 als Deponie für Hausmüll, Bauschutt und Sperrmüll sowie gewerbliche und industrielle Abfälle. Die Mächtigkeit der Ablagerung beträgt ca. 4 m bis 5 m, die abgelagerte Abfallmenge etwa 130000 m³. Die Schüttung erfolgte ohne Errichtung einer Basisabdichtung teilweise direkt in das anstehende Grundwasser. Bei mittleren Grundwasserständen ist der Deponiekörper bis zu etwa 1/6, bei sehr hohen Grundwasserständen bis zu 50 % eingestaut. Die Topographie in diesem Gebiet weist eine Engstelle am betrachteten Gebietsauslass auf (Querverbauung durch Infrastruktur), wodurch ein Verbleib der Hochwasserfracht und somit der möglicherweise gelöster oder emittierte Stoffe im System verlängert wird.

4.2.1 Auswahlkriterien

Die Darstellung der Anschlagslinien in HORA (Abbildung 4.9) zeigt, dass für die dargestellten Szenarien (HQ_{30}, HQ_{100} und HQ_{200}) massive Überflutungen im Gebiet Reutte/Pflach zu erwarten sind. Die unmittelbare Nähe der Altablagerung zum Lech lässt darauf schließen, dass eine erhebliche Einwirkungen auf die Fläche und die vorhandenen Schutzmaßnahmen zu erwarten sind.

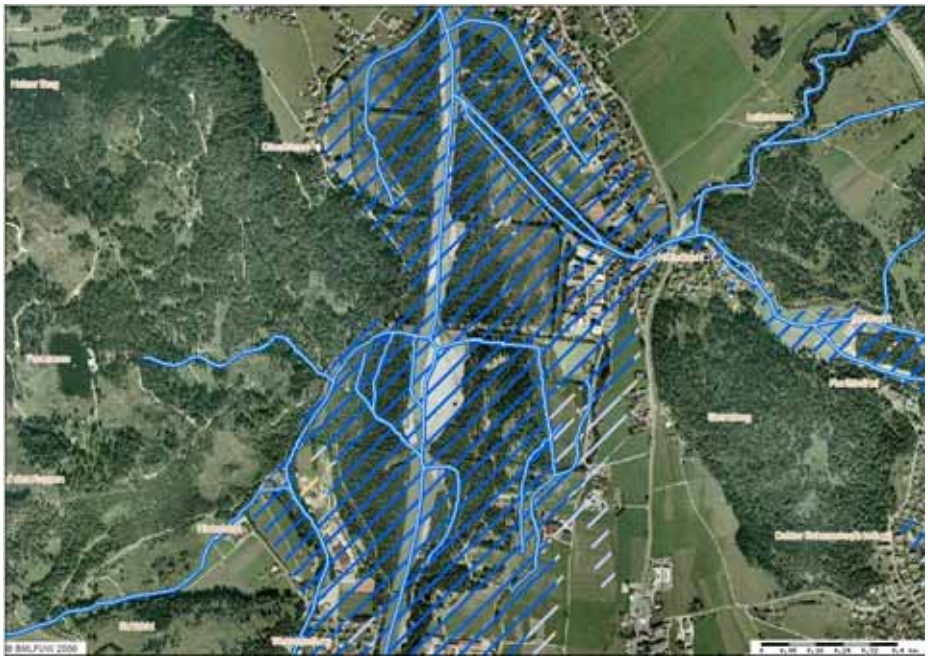


Abbildung 4.9 Ausweisung der HQ_{30}, HQ_{100} und HQ_{200} Anschlagslinien entlang des Lech, Quelle: HORA

Für den Abschnitt des Lechs stehen derzeit noch keine Gefahrenzonenpläne in digitaler Form zur Verfügung. Da in diesem Bereich derzeit schutzwasserbauliche Maßnahmen geplant werden, ist davon auszugehen, dass Gefahrenzonenpläne bald auch im HORA System abgefragt werden können.

4.2.2 Schutzgüter

Im Rahmen der Erhebung schützenswerter Güter flussab der betrachteten Altablagerung wurden zahlreiche Gefahrenpotentiale (Schutzgüter, die im Hochwasserfall beeinträchtigt werden) festgestellt. Die folgenden Darstellungen (Abbildung 4.10 bis Abbildung 4.13) zeigen das Vorhandensein von sensiblen Naturräumen im gesamten Gebiet der Fallstudie. Zusätzlich zu den hier dargestellten schützenswerten Gütern (Quelle: www.geoland.at) wurde erhoben, dass auf Deutschem Bundesgebiet das Trinkwasser- und Naturschutzgebiet Augsburger Stadtwald vom Lech durchflossen wird und so gelöste Stoffe, bei ausreichend hohen Konzentrationen, diese Bereiche kontaminieren könnten.

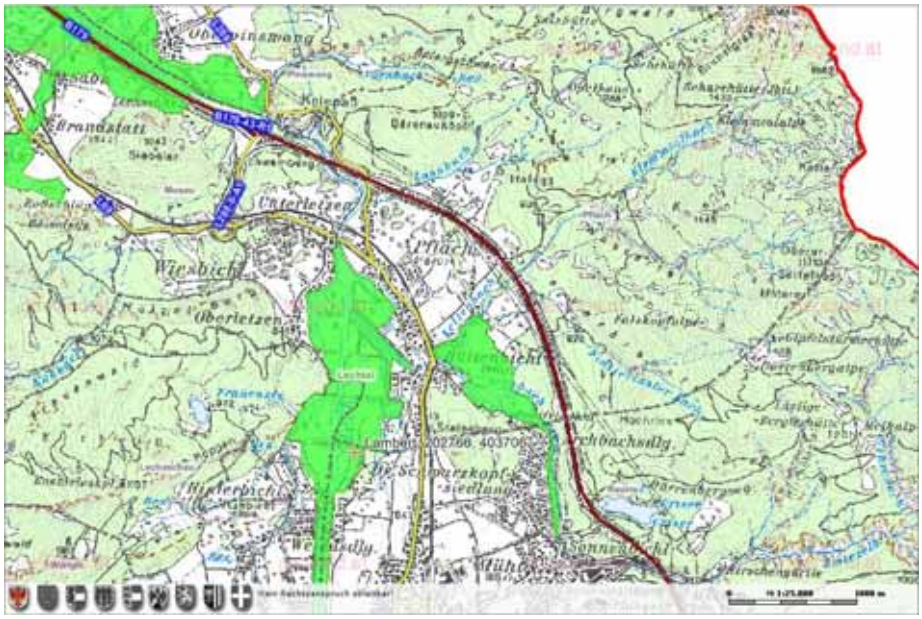


Abbildung 4.10 Ausweisung von Natura 2000 Gebieten nach der Vogelschutzrichtlinie (SPA), Quelle: **www.geoland.at**

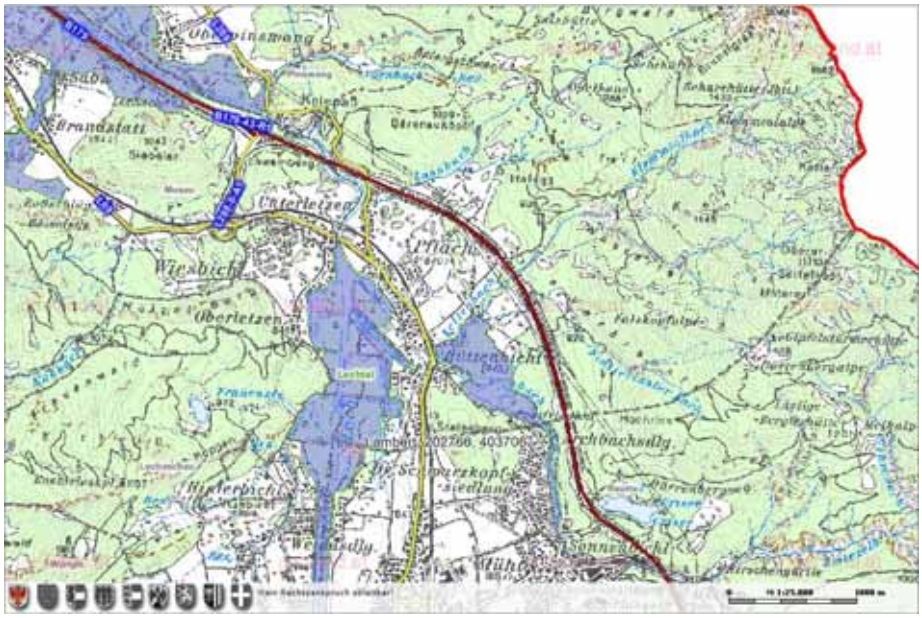


Abbildung 4.11 Ausweisung von Natura 2000 Gebieten nach der Habitatrichtlinie (SCI), Quelle: **www.geoland.at**

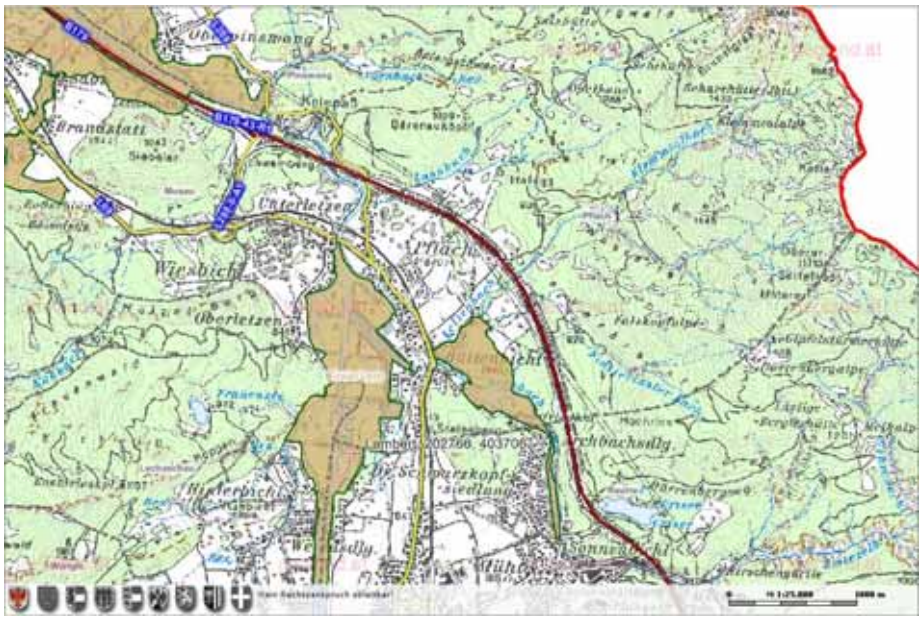


Abbildung 4.12 Ausweisung von Naturparkflächen, Quelle: **www.geoland.at**

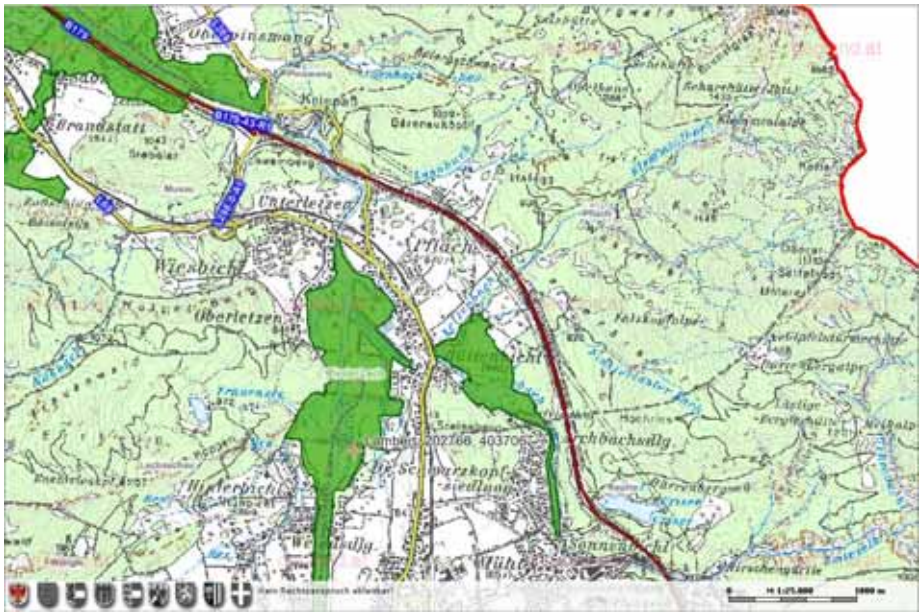


Abbildung 4.13 Ausweisung von Naturschutzgebieten, Quelle: **www.geoland.at**

Den Darstellungen zu Folge ist das Gebiet der Fallstudie als:

- Natura 2000 Gebiet nach der Vogelschutzrichtlinie (SPA)
- Natura 2000 Gebiet nach der Habitatrichtlinie (SCI)
- Naturparkfläche
- Naturschutzgebiet

ausgewiesen. Zusätzliche erfüllt die Altablagerung zum Großteil die vorab definierten Randbedingungen:

- Abfall hausmüllähnlicher Zusammensetzung
- Mindestvolumen von 100.000m³ (130.000m³)
- Ablagerungszeitraum 1980 oder später

4.2.3 Hydrologie Lech

Der Lech entspringt im Lechquellengebirge (Vorarlberg) aus seinen zwei Quellbächen Formarinbach und Spullerbach. Er fließt zunächst in nordöstlicher Richtung zwischen den Allgäuer Alpen und den Lechtaler Alpen durch Tirol. Reutte ist der größte am Lech liegende Ort auf österreichischem Gebiet. Im unteren Lechtallauf durchquert der Lech flussab Reutte Pflach, Musau und Pinswang. Folgend durchfließt er das Trinkwasser- und Naturschutzgebiet Augsburger Stadtwald. Bei Marxheim, etwa 12 km donauabwärts von Donauwörth, mündet der Lech in die Donau.

Das Bayerische Landesamt für Wasserwirtschaft weist eine Gesamteinzugsgebietsgrößen von 3.926 km² und eine Flusslänge von 256 km aus. Etwa ein Drittel des Einzugsgebietes liegt auf österreichischem Gebiet. Der Lech ist ein alpin geprägter Fluss; hinsichtlich des Temperaturhaushaltes ist er als sommerkalter Alpenfluss einzustufen. Die mittlere Jahrestemperatur liegt zwischen 7,5-9,5 °C. Aufgrund seines starken Gefälles herrscht von Natur aus Geschiebetrieb.

Die natürliche Wasserführung des Lechs ist in Abhängigkeit von den Jahreszeiten sehr unterschiedlich. Im Winter herrschen gewöhnlich geringe Abflüsse vor, höhere Abflüsse und Hochwässer ereignen sich aufgrund von Schneeschmelze oder starken Niederschlägen im Einzugsgebiet vorwiegend in den Sommermonaten. Etwa drei Viertel der gesamten Jahreswasserfracht entfallen auf den Sommer. Die Abflüsse werden über den Forggensee künstlich gesteuert, so dass die daraus resultierende Abflussdynamik nur noch im längerfristigen Mittel gegenüber der ehemals natürlichen Dynamik stark gedämpft ist.

Laut dem hydrographischen Dienst Tirol können für den Pegel Lechaschau/Lech, der sich am oberen Rand der Fallstudie befindet, folgende charakteristische Abflusswerte und Hochwasserabflusswerte angegeben werden (Tabelle 4.2).

Tabelle 4.2 Abflussdaten für Pegel Lechaschau/Lech 12000706

PEGEL LECHASCHAU/LECH (Quelle: HD Tirol)	**Messstellennummer 12000706**
Flusskilometer: 173.40	
Einzugsgebiet bis Pegel: 1012.20 km²	
Charakteristische Abflusswerte	[m³/s]
Niedrigwasser NQ	1.96
Mittleres Niedrigwasser MNQ	9.38
Mittelwasser MQ	44.3
Mittleres Hochwasser MHQ	352
30 jährliches Hochwasser HQ_{30}	740
100 jährliches Hochwasser HQ_{100}	878
300 jährliches Hochwasser HQ_{300}	1000

Die Darstellung der dokumentierten Altablagerungen und Deponien in Tirol (Abbildung 4.14) zeigt, dass sich diese überwiegend entlang des Inns befinden.

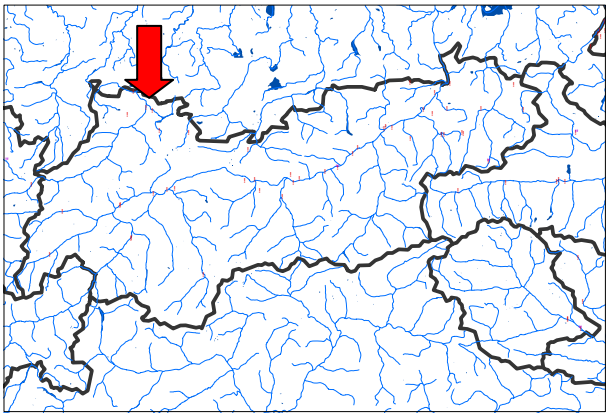


Abbildung 4.14 Darstellung der dokumentierten Altablagerungen und Deponien in Tirol. Markierung der Fallstudie Reutte/Pflach

4.3 Deponie Siggerwiesen an der Salzach

Die Deponie Siggerwiesen liegt orographisch rechts 4 km flussab von Salzburg, unmittelbar angrenzend an den Flussschlauch (HQ_{100}-Hochwasserschutz) der Salzach. Es handelt sich im Gegensatz zu den Fallstudien Dietersdorf an der Kainach und Pflach am Lech um eine geordnete Massenabfalldeponie (Mechanisch-Biologische-Aufbereitung: MBA), wo in der Vergangenheit vorwiegend Hausmüll deponiert wurde. Seitens des Deponiebetreibers ist Sicherheit gegenüber eines 100-jährlichen Hochwassers durch einen vorhandenen Umschließungsdeich gewährleistet. Die Deponie umfasst eine Fläche von ca. 50 ha, worauf sich zahlreiche Betriebsgebäude befinden (Abbildung 4.15).

Abbildung 4.15 Altablagerung orographisch rechts der Salzach

Der vorhandene Hochwasserschutz wurde in den vergangenen Jahren relativ gesehen sicherer, da die Salzach in diesem Bereich erhebliche Eintiefungstendenzen zeigt. Bei den Hochwasserereignissen der vergangenen Jahre konnte mit kleineren objektbezogenen Maßnahmen nennenswerter Schaden abgewandt werden. Die Schwachstelle der Deponie liegt im Bereich der Umschließung der Betriebsgebäude, wo ein Tor eine Öffnung des Damms darstellt und somit anstehendes Hochwasser auf das Betriebsgelände gelangen kann. Dieses kann sehr rasch mittels Bagger und Erdmaterial verschlossen werden, womit die Durchgängigkeit des Umschließungsdammes zumindest temporär erreicht werden kann.

4.3.1 Auswahlkriterien

Im Fall der Deponie Siggerwiesen wurde in der HORA Darstellung (Abbildung 4.16 und Abbildung 4.17) offensichtlich der vorhandene Hochwasserschutzdeich nicht berücksichtigt. Lediglich der stark erhöhte abgeschlossene Teil der Deponie wurde gemäß HORA nicht überflutet. Da im Rahmen der Festlegung der Fallstudien noch nicht bekannt war, dass ein Umschließungsdamm vorhanden ist und die Deponien alle Kriterien erfüllte, um als besonders gefährdet kategorisiert zu werden, wurde die Deponie als dritte Fallstudie gewählt.

Abbildung 4.16 Ausweisung der HQ_{30}, HQ_{100} und HQ_{200} Anschlagslinien entlang der Salzach, Quelle: HORA

Abbildung 4.17 Ausweisung von Gefahrenzonen entlang der Salzach, Quelle: HORA

4.3.2 Schutzgüter

Zusätzlich zu der in HORA dargestellten akuten Hochwassergefährdung wurden auf www.geoland.at im Unterliegerbereich schützenswerte Güter erhoben. Angrenzend an das Gelände der Deponie befinden sich Natura2000 Gebiete, sowohl nach Vogelschutzrichtlinie (SPA), als auch Habitatrichtlinie (SCI).

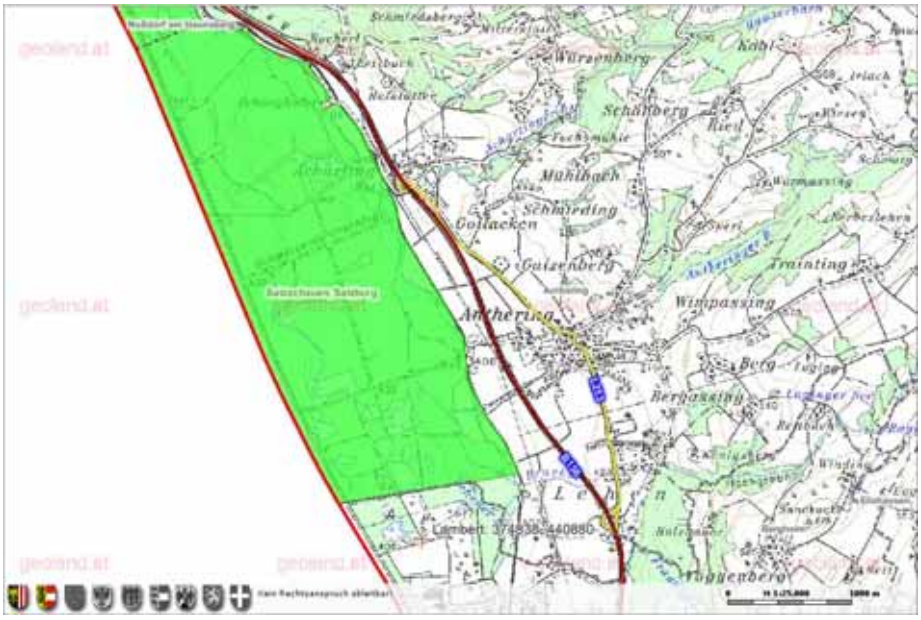


Abbildung 4.18 Ausweisung von Natura 2000 Gebieten nach der Vogelschutzrichtlinie (SPA), Quelle: www.geoland.at

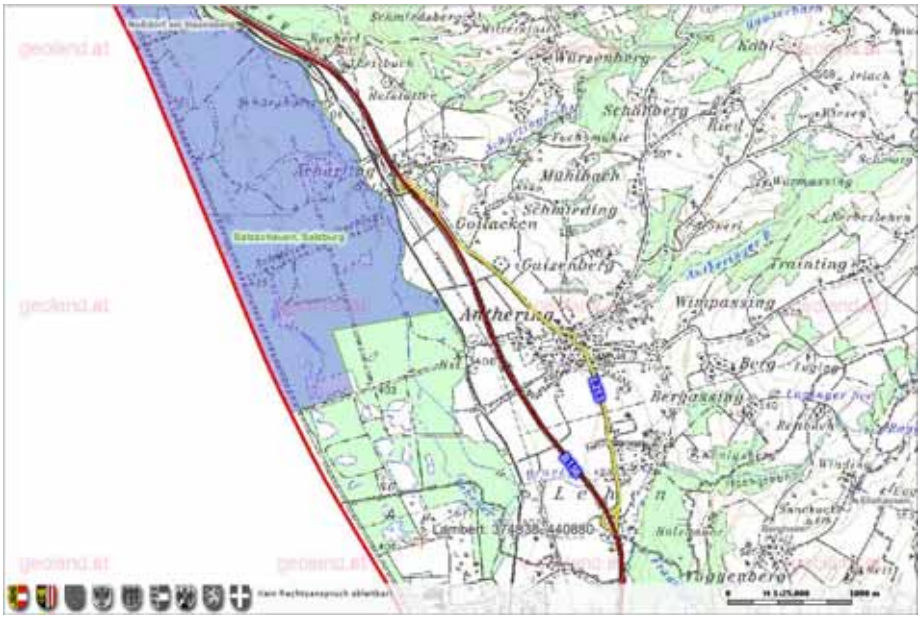


Abbildung 4.19 Ausweisung von Natura 2000 Gebieten nach der Habitatrichtlinie (SCI), Quelle: www.geoland.at

Weitere Auswahlkriterien und Richtwerte wurden ebenfalls erfüllt:

- Abfall hausmüllähnlicher Zusammensetzung
- Mindestvolumen 100.000m³ (ca. 2.200.000m³)
- Ablagerungszeitraum nach 1980 und später – 1978 bis heute

4.3.3 Hydrologie Salzach

Die Salzach, die nahezu 75% der Landesfläche entwässert, ist mit einem Gesamteinzugsgebiet von 6728 km² der größte Fluss Salzburgs. Sie entspringt nördlich von Krimml in einer Höhe von 2300 m am sog. „Salzachgeier“, der zu den Kitzbühler Alpen bzw. zur Grauwackenzone gehört. Nach einer kurzen wildbachartigen Strecke vom Ursprung bis Krimml folgt ihr Oberlauf einer glazial geprägten Längstalfurche in west-östlicher Richtung bis nach Schwarzach, schwenkt dann nach Norden und durchbricht bei den „Salzachöfen“ die nördlichen Kalkhochalpen. Im Unterlauf durchfließt sie das Salzburger Becken, anschließend das Alpenvorland und mündet nach rund 226 km auf einer Seehöhe von 390 m in den Inn.

Hydrologisch gesehen ist die Salzach ein rasch fließender Gebirgsfluss mit Gletschereinfluss. Die Einzugsgebiete der zahlreichen Zubringer aus den Hohen Tauern, welche auch „Tauernachen“ genannt werden, reichen bis in Gletscherregionen des Alpenhauptkammes und prägen das Abflussregime der Salzach maßgeblich. Am meisten Wasser führt die Salzach zwischen Mai und August, die Minima treten meist im Jänner und Februar auf. Mehrere hochalpine Speicherkraftwerke an den Zubringern (Tauernachen) und Laufkraftwerke im Mittel- und Unterlauf beeinflussen jedoch den natürlichen Abfluss im Jahresverlauf (Nachtnebel et al., 2009). Für den Pegel Salzburg, der sich ca. 4 km oberhalb der Fallstudie befindet werden folgende Werte vom HD Salzburg angegeben:

Tabelle 4.3 Abflussdaten für Pegel Salzburg/Salzach 203398

PEGEL SALZBURG/SALZACH (Quelle: HD Salzburg)	**Stationsnummer: 203398**
Einzugsgebiet: 4471.1 km²	
Charakteristische Abflusswerte	[m³/s]
Niedrigwasser NQ	12.5
Mittleres Niedrigwasser MNQ	55.2
Mittelwasser MQ	176
Mittleres Hochwasser MHQ	999

Um gesicherte Aussagen für die hydrodynamische Modellierung als Grundlage heranziehen zu können, wurde ein Gutachten in Auftrag gegeben, das die spezielle Situation (Distanz zum Oberliegerpegel, Mündung der Saalach unmittelbar oberhalb) für die Fallstudie analysieren soll. Von Seiten des Landes Salzburg (Staudinger, 2008) wurden folgende charakteristischen Abflusswerte für die Fallstudie und den Unterliegerpegel Oberndorf vorgeschlagen:

Tabelle 4.4 Hochwasserabflussdaten für Pegel Oberndorf/Salzach – repräsentativ für Fallstudie

PEGEL OBERNDORF (Quelle: Staudinger, 2008)	**Stationsnummer: 203539**
Charakteristische Abflusswerte	[m³/s]
30-jährliches Hochwasser HQ_{30}	2500
50-jährliches Hochwasser HQ_{50}	2700
100-jährliches Hochwasser HQ_{100}	3100
300-jährliches Hochwasser HQ_{300}	3500
500-jährliches Hochwasser HQ_{500}	3750

Im Einzugsgebiet der Salzach sind aufgrund der orographischen Gegebenheiten, der Wetterlage und der unterschiedlichen Überregnung des Einzugsgebietes vielfältige Hochwasserentwicklungen möglich. In den Sommermonaten Juli und August führen räumlich eng begrenzte Niederschläge (Gewitter) vor allem in den kleinen, meist sehr steilen Einzugsgebieten zu Hochwässern. Größere Hochwässer an der Salzach werden vor allem durch Nordweststaulagen verursacht und sind bisher meist im Zeitraum Juli bis September nach mehrtägiger (2-3 Tage) Überregnung des gesamten Salzacheinzugsgebietes aufgetreten. Die Tauernachen, mit kurzen Reaktionszeiten bei starken Niederschlägen, bewirken sehr rasch ansteigende Abflüsse im Oberlauf der Salzach.

Flussab von Salzburg bildet die Saalach, mit einem Einzugsgebiet von 1157 km², den größten Zubringer der Salzach. Die Saalach hat somit einen merklichen Anteil an der Hochwasserführung der Salzach. Charakteristisch für den Verlauf von Salzachhochwässern sind der rasche Anstieg der Hochwasserwelle (Stadt Salzburg mit bis zu 30-50 cm pro Stunde am Pegel), sowie die hohen Fließgeschwindigkeiten der Salzach mit bis zu 20 km/h.

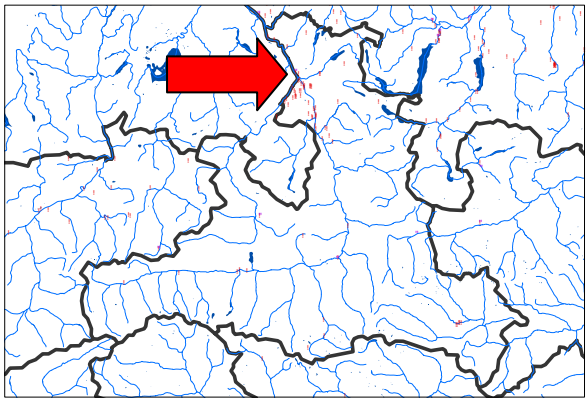


Abbildung 4.20 Darstellung der dokumentierten Altablagerungen und Deponien in Salzburg. Markierung der Fallstudie Siggerwiesen

Die Darstellung der dokumentierten Altablagerungen und Deponien in Salzburg (Abbildung 4.20) zeigt, dass die meisten im Raum Salzburg und Hallein befinden.

5 Visualisierung und Ergebnisse

Bisher wurden als Intensitätsparameter im Wesentlichen die Abflussmenge und deren Jährlichkeit angesprochen. Die Abflussmenge ist hydrologisch gesehen eine wichtige Größe einer Risikoanalyse, sie muss jedoch in Parameter umgerechnet werden, die direkt die Höhe der Einwirkungen auf die Deponien und Altablagerungen angeben. Hierfür gilt als wichtigste Kenngröße die Überschwemmungstiefe, also die Höhe des Wasserstands am betrachteten Risikoelement (Merz et al., 2004). Weitere wichtige Parameter sind die Fließgeschwindigkeit, die Dauer einer Überflutung sowie die transportierten Schad- und Schwebstoffe, Treibgut und Geschiebe.

Diese Größen können räumlich und zeitlich sehr variabel sein, und daher nur mit sehr großem Aufwand abgeschätzt werden. Deshalb beschränken sich die meisten Expositionsanalysen auf die Berechnung des Wasserstandes (Merz, 2006). Weiters ist fraglich, inwieweit repräsentative Schadensszenarien im Voraus berechnet werden können, da z.B. die Freisetzung von Schadstoffen kaum prognostiziert werden kann. Um für das Szenario des Stabilitätsverlustes und vollständigen Abtrags (siehe AP1) eine Entscheidungsgrundlage zur Verfügung stellen zu können, werden als Indikatoren der Hochwasserintensität die Parameter:

- Überflutungstiefe
- Fließgeschwindigkeit
- Sohlschubspannung

herangezogen. Somit sollte es möglich sein, über den Parameter Sohlschubspannung und Fließgeschwindigkeit in Verbindung mit Tabelle 5.1 (umseitig), zu prognostizieren, ob eine Gefährdung der Erosion oder des vollständigen Abtragens vorliegt. Durch den betroffenen Flächenanteil kann weiters auch abgeschätzt werden, in welchem Ausmaß mit Erosion zu rechnen ist und ob das Szenario des vollständigen Abtrags der Altablagerung oder der Deponie (siehe Teilbericht 1) realistisch ist.

Um Ungenauigkeiten und Unsicherheiten in der Datenerhebung zu berücksichtigen wurde die Visualisierung der Bewertungsparameter basiert auf 10m x 10m Raster durchgeführt. Diese Auflösung wurde auf Grund der Erfahrung vergangener Studien (Nachtnebel, et al. 2006; Nachtnebel & Neuhold, 2008; Schanze et al., 2008) gewählt. Es wurden für alle drei Fallstudien idente Größenkategorieeinteilungen dargestellt, um die unterschiedlichen Einwirkungen auf die betrachteten Fallstudien relativ zueinander bewerten und vergleichen zu können. Weiters wurde jeweils das worst-case Szenario für das Gesamtgebiet der Überflutungstiefen zur Beurteilung der Ausbreitung und Ausdehnung des Hochwasserereignisses dargestellt (weitere Visualisierungen finden sich im Anhang).

Zusätzlich zur Analyse der Bewertungsparameter im Bereich der Deponie- und Altablagerungsstandorte wurde eine Abschätzung der direkten ökonomischen Schäden im Bereich des modellierten Gebietes durchgeführt. Diese Risikobeurteilung stellt lediglich eine Ergänzung zur qualitativen Beurteilung des Folgerisikos, ausgehend von der relevanten Deponie oder Altablagerung, für ökologische Werte, und somit zur Zielsetzung des Arbeitspaketes 2, dar.

Tabelle 5.1 Kritische Sohlschubspannung und kritische Fließgeschwindigkeit zur Abschätzung von Erosion (Lange/Lecher, 1989)

Sohlenbeschaffenheit		**Korngröße in mm**	**τ_{krit} in N/m²**	**v_{krit} in m/s**
Einzelkorngefüge vorherschend	Feinsand	0,063-0,2	1,0	0,20-0,35
	Mittelsand	0,2-0,63	2	0,35-0,45
	Grobsand	0,63-1	3,0	
	Grobsand	1-2	4,0	
	Grobsand	0,63-2	6,0	0,45-0,60
	Kies-Sand-Gemisch, festgelagert langanhaltend überströmt	0,63-6,3	9,0	
	Kies-Sand-Gemisch, festgelagert vorübergehend überströmt	0,63-6,3	12,0	
	Feinkies	2-6,3		0,60-0,80
	Mittelkies	6,3-20	15,0	0,80-1,25
	Grobkies	20-63	45,0	1,25-1,60
	Steine	63-100		1,60-2,00
	Plattiges Geschiebe, 1-2 cm hoch, 4-6 cm lang		50,0	
Boden, wenig kolloidal	Lehmiger Sand		2,0	
	Lehmhaltige Ablagerungen		2,5	
	Lockerer Schlamm		2,5	0,10-0,15
	Lehmiger Kies, langanhaltend überströmt		15,0	
	Lehmiger Kies, vorübergehend überströmt		20,0	
Boden, stark kolloidal	Lockerer Lehm		3,5	0,15-0,20
	Festgelagerter, sandiger Lehm			0,40-0,60
	Festgelagerter Lehm		12,0	0,70-1,00
	Ton		12,0	
	Festgelagerter Schlamm		12,0	
	Fester Klei			0,90-1,30
Rasen verwachsen	Rasen, langanhaltend überströmt		15,0	1,50
	Rasen, vorübergehend überströmt		30,0	2,00

5.1 Altablagerung Dietersdorf an der Kainach

Für die Fallstudie Dietersdorf/Kainach wurden folgende Szenarien simuliert

Tabelle 5.2 Simulierte Szenarien für Altablagerung Dietersdorf/Kainach

SZENARIO	Angaben in [m³/s]
HQ_{30}	320
HQ_{100}	410
HQ_{300}	480
$HQ_{100}+$	450
$HQ_{300}+$	530

Die Visualisierung der Beurteilungsparameter Überflutungstiefe, Fließgeschwindigkeit und Sohlschubspannung ist den Kapiteln 5.1.3 bis 5.1.7 zu entnehmen.

5.1.1 Hydraulisches Modell und mögliche Unsicherheiten in den Ergebnissen

Die Datenverfügbarkeit stellte auf Grund des Mangels an LaserScan Daten eine Einschränkung bei der Erstellung des Modells dar. So wurde das hydrodynamisch-numerische Modell an Hand des BEV-Höhenrasters (10x10m) und die, für diesen Abschnitt verfügbaren Querprofil und Vorlandvermessungen erstellt. Die Wahl der Rauhigkeiten erfolgte auf Grund des Orthophotos und einer Begehung vor Ort.

Da keine Dokumentation von Anschlagslinien historischer Hochwässer vorhanden war, war eine Kalibrierung und Validierung des Modells nicht möglich. Diese wären auch auf Grund der hohen Unsicherheiten, mit denen der BEV Datensatz behaftet ist, nur bedingt gültig.

Durch die Gegebenheiten vor Ort – keine Hochwasserschutzmaßnahmen - und einer daraus resultierend Überflutung des Gebiets bei relativ niedrigem Hochwasserabfluss kann jedoch von einer brauchbaren Aussage des 2D Modells ausgegangen werden, da die Profile terrestrisch vermessen wurden und somit das Ausufern genau nachgebildet werden kann. Die Abflussvorgänge im Vorland unterliegen jedoch den Unsicherheiten in den Geländedataten, bedingt durch das BEV-Höhenmodell. Dieses konnte an mehreren Punkten an Hand der terrestrischen Vermessungsdaten überprüft werden und zeigte eine Abweichung von wenigen Millimetern bis einigen Dezimetern.

Die in Abbildung 5.1 dargestellten Überflutungstiefen zeigen die Ausmaße eines HQ_{300} Hochwassers mit Klimazuschlag. Deutliche erkennbar dabei ist der Einstau der Altablagerung, sowie die räumlich erhebliche Ausbreitung des Hochwassers im Talraum. Zusätzlich zu den zu erwarteten Emissionen und Kontaminationen im Gebiet sind auch Siedlungsgebiete betroffen.

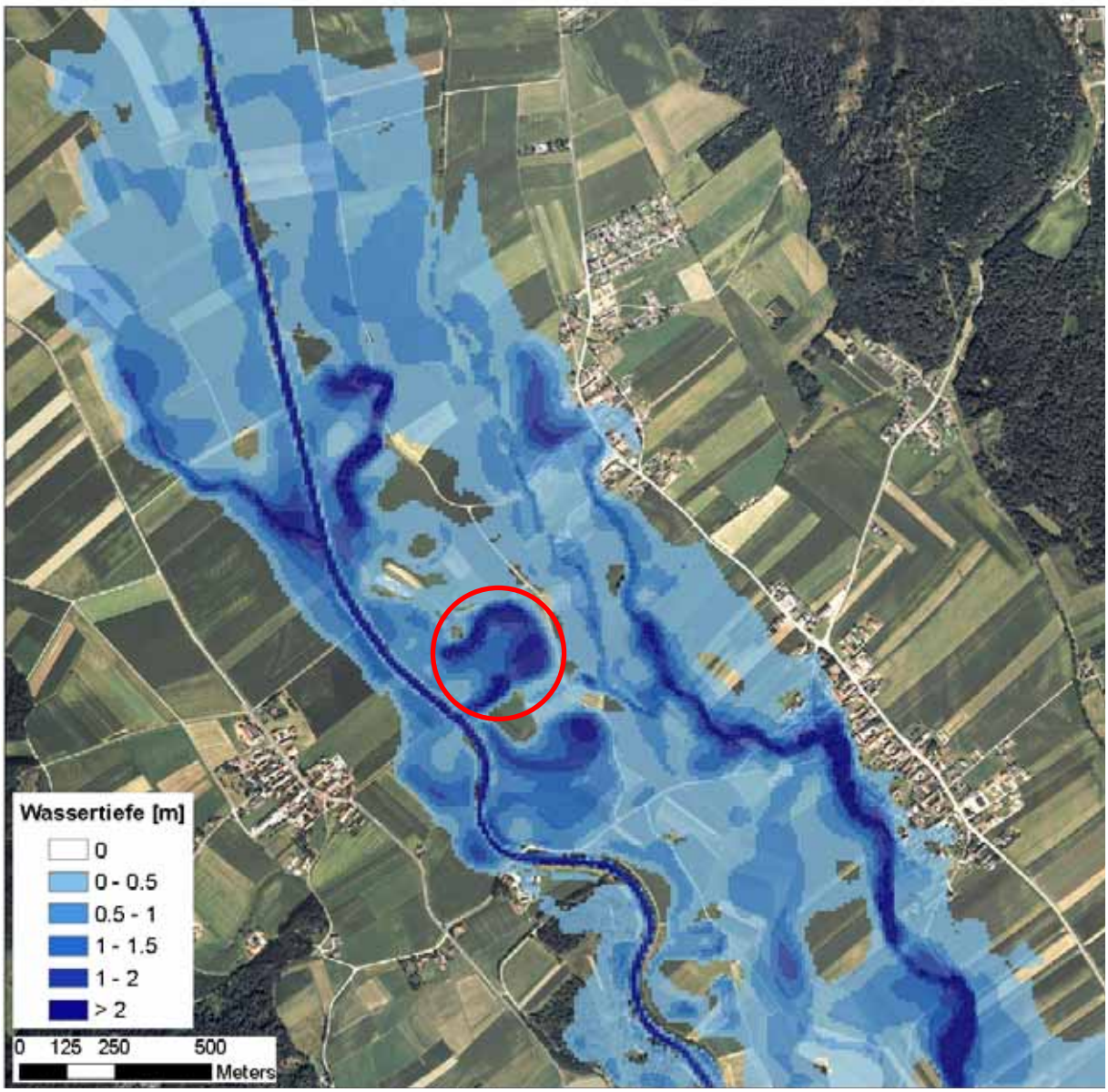


Abbildung 5.1 Überflutungstiefen im betrachteten Gebiet der Fallstudie (Szenario HQ_{300}+)

Die folgenden Kapitel beziehen sich auf den Bereich der Altablagerung Dietersdorf, um die Hochwassereinwirkungen, ausgehend von einzelnen Überflutungsszenarien und Jährlichkeiten, beurteilen zu können. Die weiteren Abbildungen der Überflutungstiefen für den gesamten Abschnitt sind dem Anhang zu entnehmen.

5.1.2 Gesamtübersicht der Ergebnisse

Die Tabelle 5.3 stellt die Analyseergebnisse der Fallstudie Kainach dar. Es werden Szenario bezogen die Maxima, sowie Mittelwerte der Beurteilungsparameter Überflutungstiefe, Fließgeschwindigkeit und Sohlschubspannung für den Bereich der Altablagerung angegeben. Weiters wird die Größe der überschwemmten Altablagerungsfläche ausgewiesen und welcher relative Anteil an der gesamten Fläche der Altablagerung daraus resultiert. Zusätzlich wurde an Hand der überschwemmten Fläche in Kombination mit den Tiefenangaben je Gridzelle und der mittleren Fließgeschwindigkeit das Abflussvolumen (Lösungsvolumen) berechnet, das zur Emittierung von Schadstoffen beitragen kann:

$$\left(\frac{Altablagerungsfläche_wo_v>0}{Altablagerungsfläche_wo_t>0}\cdot mittlere_Fließgeschwindigkeit\right)\cdot Breite_durchflossener_Querschnitt\cdot mittlere_Wassertiefe = Lösungsvolumen$$

Tabelle 5.3 Überblick über szenariobezogene Bewertungsparameter

	HQ_{30}	**HQ_{100}**	**HQ_{300}**	**HQ_{100}+**	**HQ_{300}+**
Bewertungsparameter Wassertiefe					
Maximum [m]	3.47	3.55	3.60	3.58	3.63
Mittel [m]	1.38	1.46	1.50	1.48	1.53
betroffene Altablagerungsfläche, wo t > 0 [m²]	63600	63600	63800	63600	63800
Anteil an Gesamtfläche [%]	99.7	99.7	100.0	99.7	100.0
Bewertungsparameter Fließgeschwindigkeit					
Maximum [m/s]	2.48	2.47	2.54	2.51	2.57
Mittel [m/s]	0.24	0.28	0.30	0.28	0.33
betroffene Altablagerungsfläche, wo v > 0 [m²]	43300	48400	53300	52800	52400
Anteil an Gesamtfläche [%]	67.9	75.9	83.5	82.8	82.1
Bewertungsparameter Sohlschubspannung					
Maximum [N/m²]	50.32	48.74	50.57	49.15	51.28
Mittel [N/m²]	3.13	2.83	1.38	3.00	1.53
betroffene Altablagerungsfläche, wo τ > 0 [m²]	7400	10600	47500	10700	47900
Anteil an Gesamtfläche [%]	11.6	16.6	74.5	16.8	75.1
maximales Lösungsvolumen [m³/s]	66.24	91.98	112.50	102.12	123.93

5.1.3 HQ_{30}

Ein 30-jährliches Ereignis führt zum kompletten Einstau der betrachteten Altablagerung, die Beurteilungsparameter Fließgeschwindigkeit uns Sohlschubspannung lassen darauf schließen, dass es sich um eine weitgehend stehende Überflutung handelt und mit keinen flächenhaften Erosionen zu rechnen sein wird. Durch den Einstau der topographisch tiefer gelegenen Fragmente ehemaliger Flussschlingen ist jedoch damit zu rechnen, dass das Wasser länger in diesem Bereich verweilt und es somit zu Emissionen, vor allem in das Grundwasser, kommen kann.

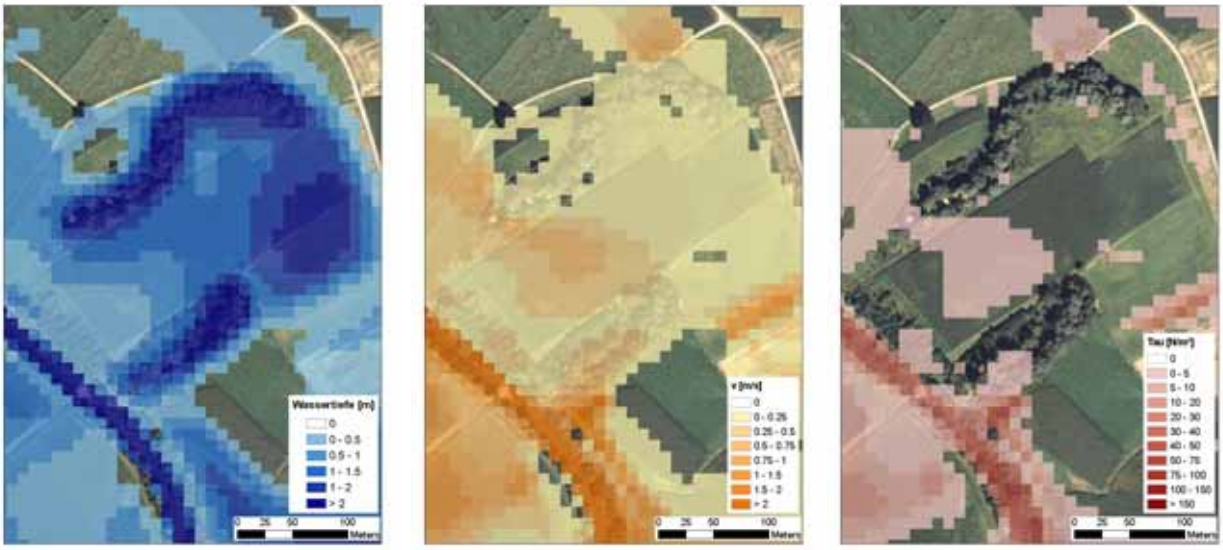


Abbildung 5.2 Beurteilungsparameter Wassertiefe, Fließgeschwindigkeit und Sohlschubspannung für ein HQ_{30}

5.1.4 HQ_{100}

Das Szenario HQ_{100} weist ähnliche Charakteristika wie das HQ_{30} auf. Es wird daher mit ähnlichen Gefährdungen, wie für das HQ_{30} beschrieben, zu rechnen sein.

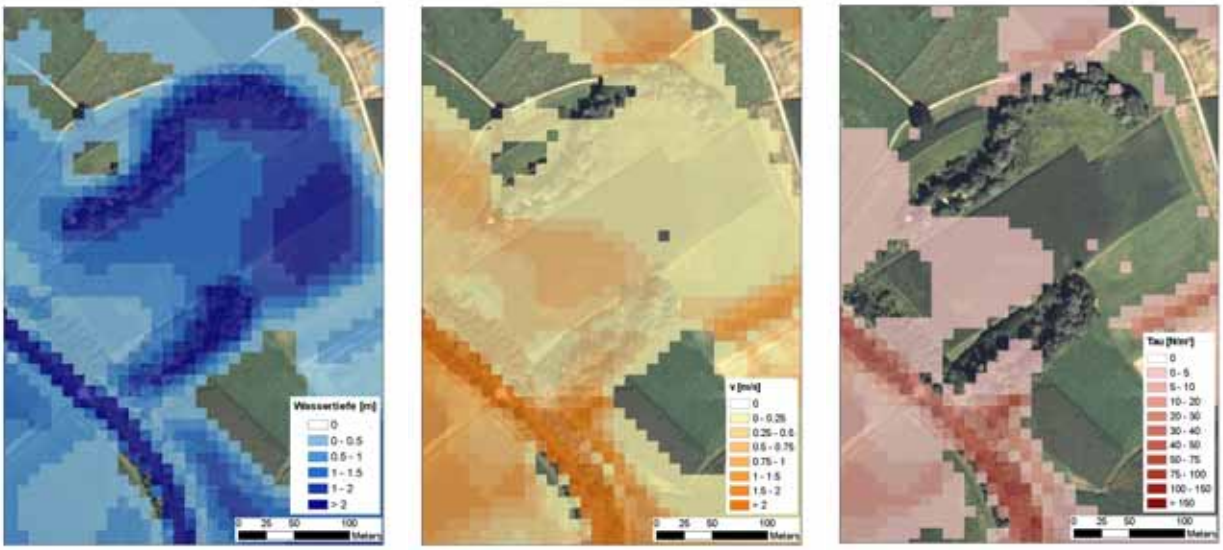


Abbildung 5.3 Beurteilungsparameter Wassertiefe, Fließgeschwindigkeit und Sohlschubspannung für ein HQ_{100}

5.1.5 HQ_{300}

Die Ergebnisse der Simulation eines Hochwasserereignisses mit der Jährlichkeit von 300 Jahren weisen weit reichende Einwirkungen und vor allem stärkere Einwirkungen auf die Altablagerung aus. Durch die Dämpfung der Fließgeschwindigkeit und Sohlschubspannungen durch die vorhandene Vegetationsdecke ist jedoch auch in diesem Fall ein völliger Abtrag der Altablagerung sehr unwahrscheinlich. Es zeigt sich, dass die Charakteristik der Überflutung nicht mehr als stehend bezeichnet werden kann, sondern ein deutliches Potential zur Verfrachtung von gelösten und eventuell erodierten Stoffen besteht.

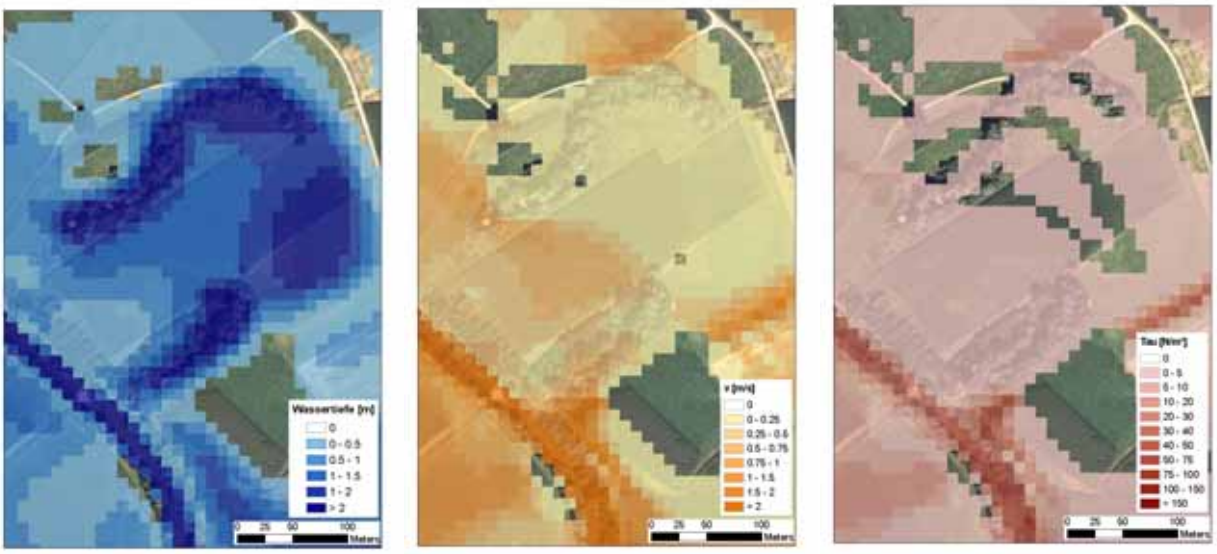


Abbildung 5.4 Beurteilungsparameter Wassertiefe, Fließgeschwindigkeit und Sohlschubspannung für ein HQ_{300}

5.1.6 HQ_{100}+

Das Szenario HQ_{100}+ weist ähnliche Charakteristika wie das HQ_{30} auf. Es wird daher mit ähnlichen Gefährdungen, wie für das HQ_{30} beschrieben, zu rechnen sein.

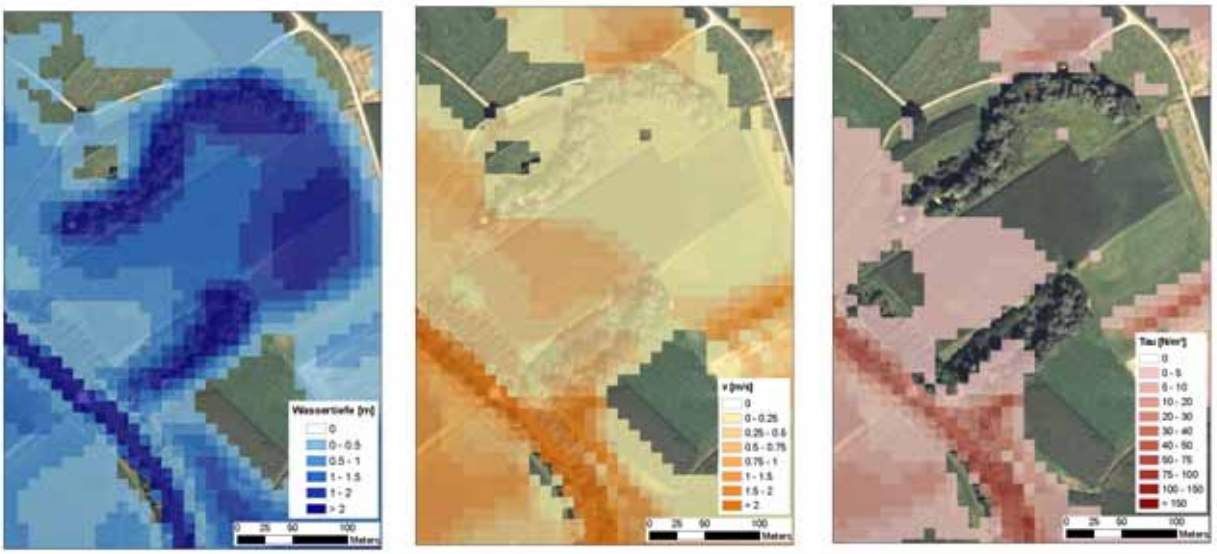


Abbildung 5.5 Beurteilungsparameter Wassertiefe, Fließgeschwindigkeit und Sohlschubspannung für ein HQ_{100} mit Klimazuschlag

5.1.7 HQ_{300}+

Das Szenario HQ_{300}+ zeigt erwartungsgemäß ähnliche Ergebnisse wie jenes des Ist-Zustandes, die Intensitäten der Einwirkungsparameter sind jedoch tendenziell erhöht und räumlich ausgeweitet.

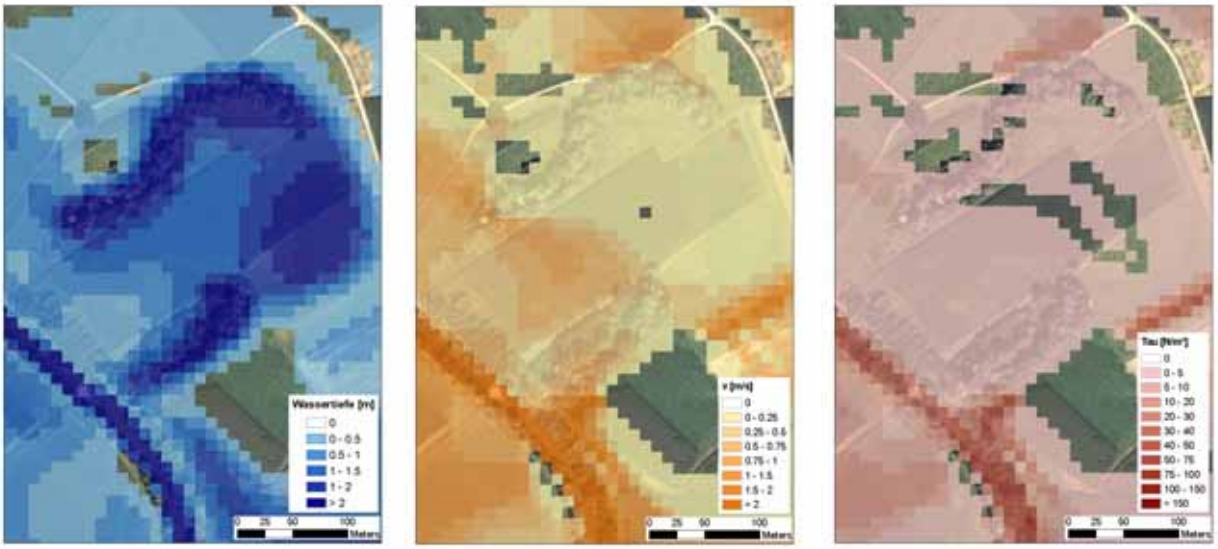


Abbildung 5.6 Beurteilungsparameter Wassertiefe, Fließgeschwindigkeit und Sohlschubspannung für ein HQ_{300} mit Klimazuschlag

5.1.8 Monetäre Bewertung – jährlicher Schadenserwartungswert

Die Simulationsergebnisse der Fallstudie Dietersdorf an der Kainach zeigen eine weitreichende Beeinträchtigung von Siedlungsgebieten. Aufbauend auf die Überlegungen der Studie Nachtnebel & Neuhold, (2008) wird eine vereinfachte Berechnung des Schadenserwartungswertes der direkten monetären Schäden durchgeführt. Dafür wird von einem spezifischen Objektschaden, basierend auf Warnecke (2004) von € 31.300 (diskontiert aus dem Jahr 2002 auf den Stand 2008) pro betroffenem Wohngebäude ausgegangen.

Tabelle 5.4 Durch Hochwasser betroffene Wohngebäude – Fallstudie Kainach

	betroffene Gebäude
HQ_{30}	24
HQ_{100}	39
HQ_{300}	48
HQ_{100}+	43
HQ_{300}+	48

Aus der Anzahl der betroffenen Gebäude wird ein Szenario bezogener Schadenswert errechnet, indem mit dem Einheitsschaden multipliziert wird. Um eine Aussage über das langjährliche Mittel des Schadenserwartungswertes treffen zu können, werden die so erhaltenen Stützstellen über den Gesamtzeitraum (Jährlichkeit kein erwarteter Schaden – Jährlichkeit worst-case Szenario) aufsummiert. Der somit erhaltene jährliche Schadenserwartungswert kann mit ca. € 60.000 quantifiziert werden. Dieser Wert beruht auf verallgemeinerten Annahmen und bedarf zur Festigung der Aussage zusätzlicher Analysen.

5.2 Altablagerung Pflach am Lech

Für die Fallstudie Pflach am Lech wurden folgende Szenarien simuliert

Tabelle 5.5 Simulierte Szenarien für Altablagerung Pflach/Lech

SZENARIO	Angaben in [m³/s]
HQ_{30}	740
HQ_{100}	878
HQ_{300}	1000
$HQ_{100}+$	970
$HQ_{300}+$	1100

Die Visualisierung der Beurteilungsparameter maximale Überflutungstiefe, Fließgeschwindigkeit und Sohlschubspannung ist den Unterkapiteln 5.2.3 bis 5.2.7 zu entnehmen.

5.2.1 Hydraulisches Modell und mögliche Unsicherheiten in den Ergebnissen

Grundlage für das hydrodynamisch-numerische Modell war das im Rahmen der Regionalstudie Lech-Außerfern 1992 erstellte digitale Geländemodell. Berücksicht wurden die durchgeführten Schutzwasserbauten in Pflach, Weida-Siedlung und Lechaschau, sowie die verwirklichten Bauvorhaben. Diese Maßnahmen wurden durch Integration von terrestrischen Vermessungen, beziehungsweise vorliegenden Ausführungsplänen, berücksichtigt. Zusätzlich wurden terrestrische Vermessungen im Bereich des rechten Lechufers unterhalb der Lechaschauer Lechbrücke, im Bereich der Gießen und die Bestandsvermessung im Brückenbereich Unterletzen integriert. Da das digitale Geländemodell den Sohlbereich nicht abdeckt, wurde das Gerinnebett an Hand der aktuellsten Profildaten aus dem Jahr 2005 konstruiert.

Das hydrodynamische Modell reicht von Flusskilometer 179.3 bis 175.6 und deckt mit einer Fläche von ca. 2 km² den gesamten Talboden im Bereich Reutte, Lechaschau, Pflach und Unterletzen ab. Das erstellte Modellnetz weist einen hohen Detaillierungsgrad auf, wobei zusätzlich Gebäude im Modell berücksichtigt wurden. Die Rauhigkeiten wurden auf Grund einer Begehung definiert und in drei nutzungsbedingte Kategorien untergliedert:

- Flussbett, Böschung (0.25 m)
- Grünland, Wiese, Landwirtschaft (0.40 m)
- Wald (0.60 m)

Dabei wurden absolute Rauhigkeiten angesetzt, da diese über einen größeren Tiefenbereich als relativ konstant angenommen werden können (DonauConsult, 2007).

Die in Abbildung 5.7 dargestellten Überflutungstiefen zeigen die Ausmaße eines HQ_{300}+ Hochwassers. Dabei ist deutlich zu erkennen, dass es durch die Einschnürung am Gebietsauslass zu massivem Rückstau kommt und somit gelöste, emittierte Stoffe länger im System verbleiben und chemisch reagieren können. Die Simulationsergebnisse zeigen, dass nur geringe Überflutungen der Altablagerung zu erwarten sind, jedoch die Einwirkungen auf den Umschließungsdamm abschnittsweise erheblich sein können. Daraus lässt sich schließen, dass hochwasserbedingten Emissionen und Kontaminationen im Gebiet nur im Versagensfall der Hochwasserschutzmaßnahmen zu erwarten sind.

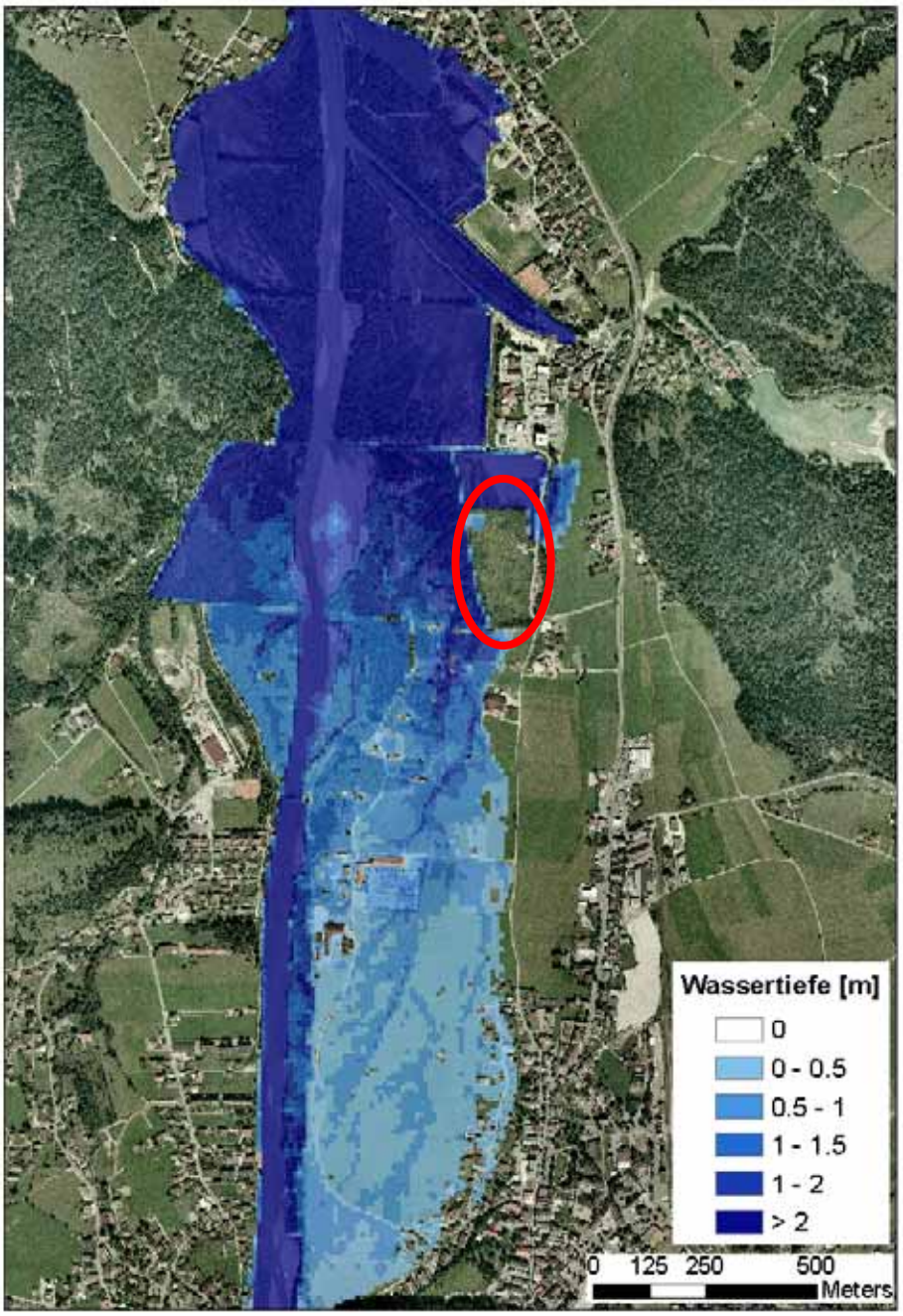


Abbildung 5.7 Überflutungstiefen für das HQ_{300}+ Szenario im Bereich Reutte-Pflach

Die folgenden Kapitel beziehen sich auf den Bereich der Altablagerung, um die Einwirkungen, ausgehend von einzelnen Überflutungsszenarien und Jährlichkeiten, beurteilen zu können. Die weiteren Abbildungen der Überflutungstiefen für den gesamten Abschnitt sind dem Anhang zu entnehmen.

5.2.2 Gesamtübersicht der Ergebnisse

Tabelle 5.6 stellt die Analyseergebnisse der Fallstudie Lech dar. Es werden Szenario bezogen die Maxima der Beurteilungsparameter Fließgeschwindigkeit und Sohlschubspannung für den Bereich des Hochwasserschutzdammes angegeben, da es lediglich im HQ_{300}+ Falls zu kleinräumigen Überflutungen kommt. Die Auswertung soll gewährleisten, dass in Verbindung mit Tabelle 5.1 und Tabelle 5.7 abgeschätzt werden kann, ob Erosion entlang des Dammes und somit ein Versagen möglich ist.

Tabelle 5.6 Überblick über szenariobezogene Bewertungsparameter

	HQ30	**HQ100**	**HQ300**	**HQ100+**	**HQ300+**
Bewertungsparameter Fließgeschwindigkeit					
Maximum [m/s]	1.22	1.59	2.39	1.88	2.41
Bewertungsparameter Sohlschubspannung	21.83	24.13	26.43	27.54	31.04
Maximum [N/m²]					

Für die Fallstudie Altablagerung Pflach wird angenommen, dass die Grenzwerte für Erosion am Damm, jenen für „Rasen verwachsen“ entsprechen:

Tabelle 5.7 Kritische Sohlschubspannung, kritische Fließgeschwindigkeit für „Rasen verwachsen“

Rasen verwachsen	**kritische Sohlschubspannung**	**kritische Fließgeschwindigkeit**
lang anhaltend überströmt	15 N/m²	1.5 m/s
vorübergehend überströmt	30 N/m²	2.0 m/s

5.2.3 HQ_{30}

Die Berechnung der Überflutungsfläche zeigt, dass bereits bei einem HQ_{30} Einwirkungen auf den Hochwasserschutzdamm stattfinden. Die berechneten Größenordnungen der Fließgeschwindigkeiten reichen noch nicht aus, um nach Tabelle 5.7 Erosionen des Dammes hervorzurufen. Die Sohlschubspannungen von bis zu 15 N/m² können jedoch bei lang anhaltender Überflutung zu Schäden am Damm und somit zu seinem Versagen führen.

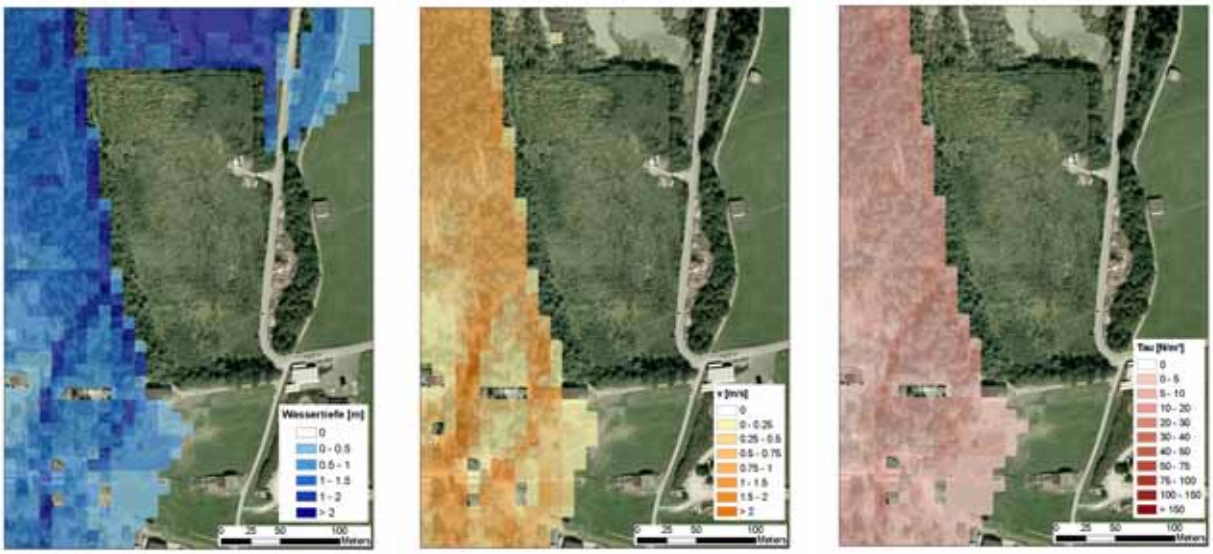


Abbildung 5.8 Beurteilungsparameter Überflutungstiefe, Fließgeschwindigkeit und Sohlschubspannung – HQ_{30}

5.2.4 HQ_{100}

Bei HQ_{100} Ereignissen werden beide Schwellenwerte (Fließgeschwindigkeit und Sohlschubspannung) für lang anhaltende Überflutung überschritten, somit besteht Risiko des Versagens der Hochwasserschutzmaßnamen und der Kontamination von Schutzgütern.

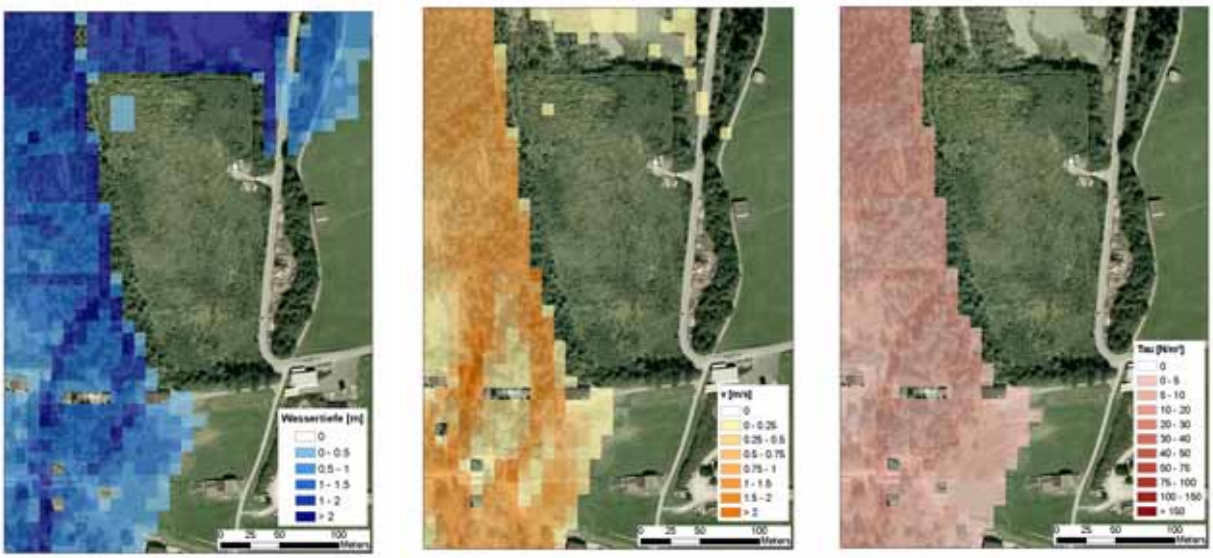


Abbildung 5.9 Beurteilungsparameter Überflutungstiefe, Fließgeschwindigkeit und Sohlschubspannung – HQ_{100}

5.2.5 HQ_{300}

Im Fall des hydrologischen HQ_{300} Szenarios werden für die Fließgeschwindigkeiten abschnittsweise die Grenzwerte für vorübergehende Überflutungen überschritten. Es muss daher davon ausgegangen werden, dass es zu mindest teilweise zum Versagen kommen kann und eine Beeinträchtigung flussab wahrscheinlich ist.

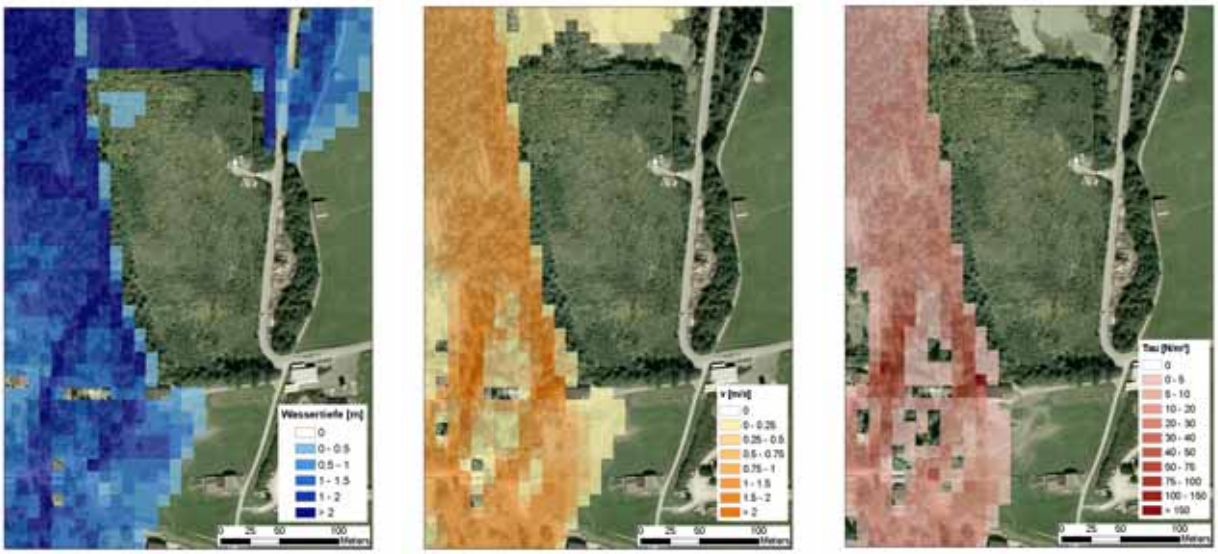


Abbildung 5.10 Beurteilungsparameter Überflutungstiefe, Fließgeschwindigkeit und Sohlschubspannung – HQ_{300}

5.2.6 HQ_{100}+

Das HQ_{100}+ Ereignis weist ähnlichen Charakter wie das HQ_{100} auf, die Einwirkungsparameter sind höher, überschreiten jedoch noch nicht jene Grenzwerte, die selbst bei vorübergehender Überströmung zu Erosion führen können.

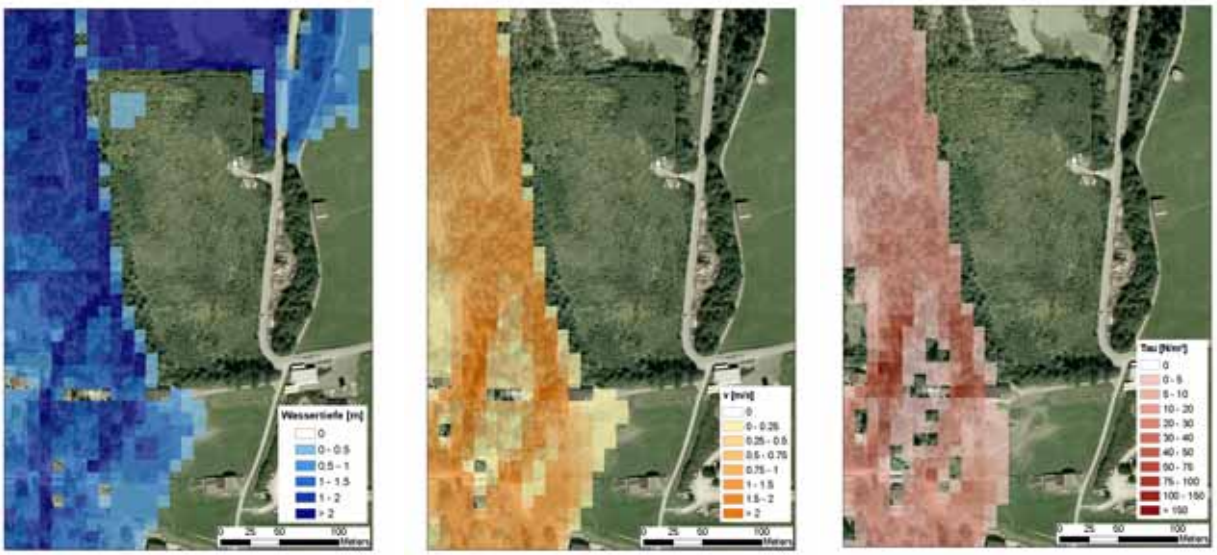


Abbildung 5.11 Beurteilungsparameter Überflutungstiefe, Fließgeschwindigkeit und Sohlschubspannung – HQ_{100}+

5.2.7 HQ_{300}+

Das HQ_{300}+ Szenario zeigt besonders deutlich, welche Kräfte im unmittelbaren Umland zum Fließgewässer Lech wirken können. Die Beurteilungsparameter weisen Größenordnungen auf, die selbst bei kurzen Hochwasserereignissen, z.B. Starkregenereignissen, zur erheblichen Schädigung der vorhandenen Schutzmaßnahmen führen können. Für dieses Szenario ist davon auszugehen, dass es zumindest abschnittsweise zum Versagen der Schutzmaßnahmen kommt.

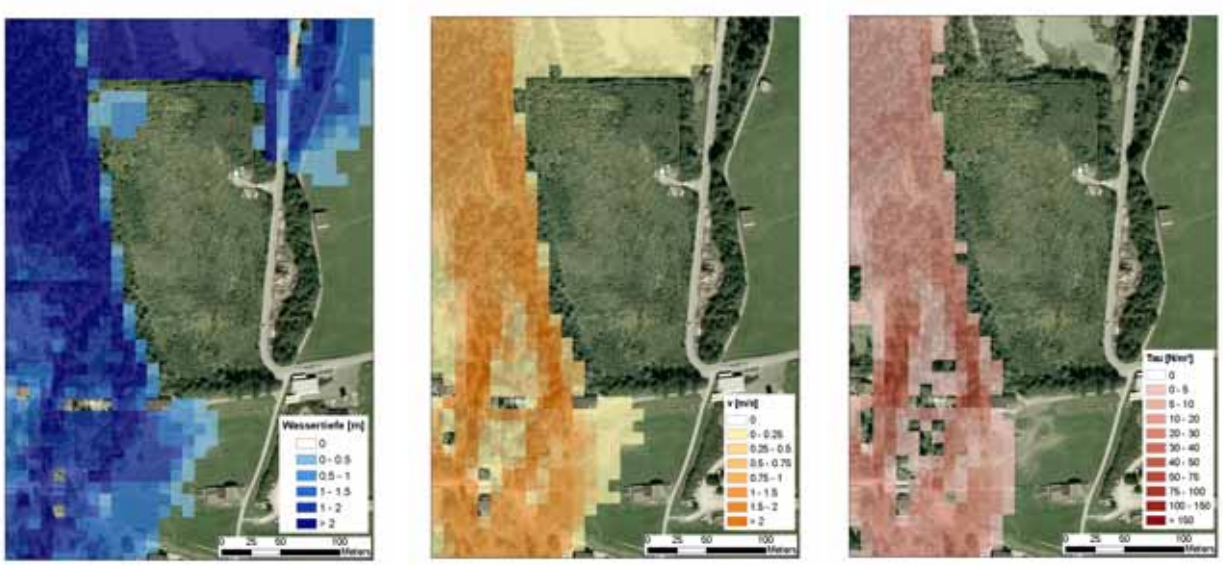


Abbildung 5.12 Beurteilungsparameter Überflutungstiefe, Fließgeschwindigkeit und Sohlschubspannung – HQ_{300}+

5.2.8 Monetäre Bewertung – jährlicher Schadenserwartungswert

Die Simulationsergebnisse der Fallstudie Lech zeigen eine abschnittsweise Beeinträchtigung von Siedlungsgebieten. Aufbauend auf die Überlegungen der Studie Nachtnebel & Neuhold, 2008 wird eine vereinfachte Berechnung des Schadenserwartungswertes der direkten monetären Schäden durchgeführt. Dafür wird von einem spezifischen Schanden pro betroffenem Wohngebäude, basierend auf Warnecke, 2004 von € 31.300 (diskoniert von 2002 auf den Stand 2008) ausgegangen.

Tabelle 5.8 Durch Hochwasser betroffene Wohngebäude – Fallstudie Lech

	betroffene Gebäude
HQ_{30}	9
HQ_{100}	16
HQ_{300}	37
HQ_{100}+	30
HQ_{300}+	45

Aus der Anzahl der betroffenen Gebäude wird ein Szenario bezogener Schadenswert errechnet, indem mit dem Einheitsschaden multipliziert wird. Um eine Aussage über das langjährliche Mittel treffen zu können, werden die so erhaltenen Stützstellen über den Gesamtzeitraum (Jährlichkeit kein erwarteter Schaden – Jährlichkeit worst-case Szenario) aufsummiert. Der somit erhaltene jährliche Schadenserwartungswert kann mit ca. € 25.000 quantifiziert werden. Dieser Wert beruht auf verallgemeinerten Annahmen und bedarf zur Festigung der Aussage zusätzlicher Analysen (Nachtnebel & Neuhold, 2008).

5.3 Deponie Siggerwiesen an der Salzach

Für die Salzach wurden folgende Szenarien simuliert

Tabelle 5.9 Simulierte Szenarien für Deponie Siggerwiesen/Salzach

SZENARIO	Angaben in [m³/s]
HQ_{30}	2500
HQ_{100}	3100
HQ_{300}	3500
$HQ_{100}+$	3410
$HQ_{300}+$	3850

Zusätzlich zu den hier angegebenen Werten wurde ein Gutachten von Staudinger (2008) erstellt, um zu zeigen, dass der HQ_{500} Abfluss (geforderte Sicherheit für Deponiestandorte) im Rahmen der HQ_{300} Szenarien liegt. Der dabei ermittelte Wert wurde mit ca. 3750 m³/s extrapoliert. Somit wurde auch belegt, dass eine separate Simulation dieses Szenarios keinen Mehrwert zur Analyse von Folgerisiken beiträgt.

5.3.1 Hydraulisches Modell und mögliche Unsicherheiten in den Ergebnissen

Wesentliche Grundlage für die Erstellung des hydrodynamisch-numerischen Modells sind LaserScan Daten aus einer Befliegung im Winterhalbjahr 2005/06. Zudem wurden Querprofilaufnahmen aus den Jahren 2002 (zur Kalibrierung an Hand des Hochwasserereignisses 2002) sowie 2005 für die Berechnungen verwendet (SKI GmbH & Co. KG – Sanierung untere Salzach).

Das 2D Modell wurde an Hand des dokumentierten Hochwasserereignisses vom August 2002 kalibriert. Dabei handelt es sich etwa um ein 100-jährliches Hochwasserereignis. In Abbildung 5.13 sind in einem Längsschnitt die berechneten Wasserspiegel im Flussschlauch zusammen mit den fixierten Hochwasserspiegellagen während des Hochwasserereignisses dargestellt.

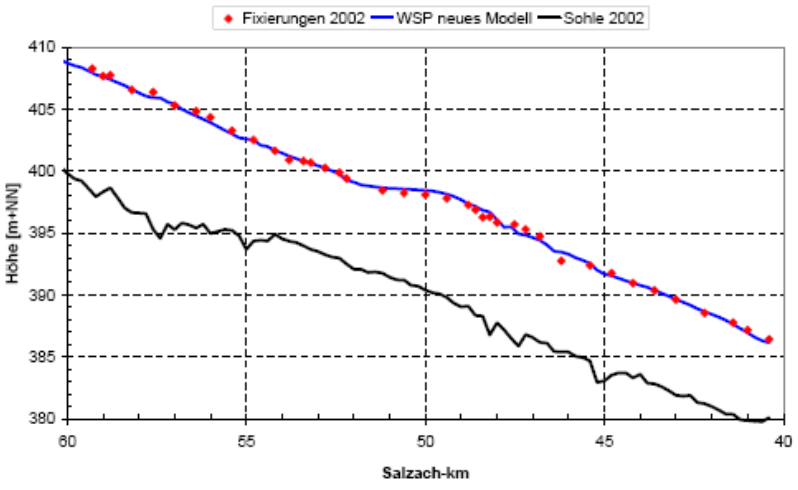


Abbildung 5.13 Hochwasserereignis August 2002: Ergebnis der Kalibrierung

Insgesamt ist die Übereinstimmung zwischen Messung und Rechnung als gut zu bezeichnen. Insbesondere im nördlichen Freilassinger Becken (ca. Fkm 55 bis 49) ist die Übereinstimmung sehr gut. Im südlichen Freilassinger Becken (ca. Fkm 59 bis 55) liegen die gemessenen Wasserspiegel tendenziell über den berechneten. Dies liegt daran, dass sich während des Hochwasserereignisses die Sohle in diesem Bereich stark eingetieft hat. Offensichtlich war zum Zeitpunkt des Wellenscheitels die Sohleintiefung noch nicht abgeschlossen. Die tatsächliche Sohle lag also noch höher als im Modell, die auf einer Querprofilaufnahme nach dem Hochwasserereignis beruht.

Im Bereich der Laufener Enge sind insbesondere zwischen Fkm 47 und 46 Abweichungen zwischen Messung und Rechnung vorhanden. Dies ist damit zu erklären, dass die extreme Kurvenströmung zum einen eine Querneigung des Wasserspiegels im Querschnitt hervorruft, zum anderen entstehen in Folge der Kurvenströmung Sekundärströmungen und vertikale Beschleunigungen, die mit dem vorhandenen 2D Modell (tiefengemittelte Flachwassergleichungen) nicht erfasst werden können (SKI, 2009).

Die in Abbildung 5.14 dargestellten Überflutungstiefen zeigen die Ausmaße eines HQ_{300} Hochwassers mit Klimazuschlag. Im Bereich der Fallstudie sind, vorwiegend am Betriebsgelände, deutliche Überflutungen erkennbar. Der Deponiekörper selbst dürfte, abgesehen von Versagensfällen, den Einwirkungen von extremen Hochwässern stand halten. Am Betriebsgelände selbst werden zahlreiche Müllkomponenten zwischengelagert, aufbereitet und behandelt. Es ist deutlich erkennbar, dass, sollte es zu Emission seitens dieser Abfälle kommen, dies weitreichende Folgen für die Abschnitte flussab der Deponie hat. Die gelagerten Stoffe könnten hier zu erheblichen Kontaminationen führen.

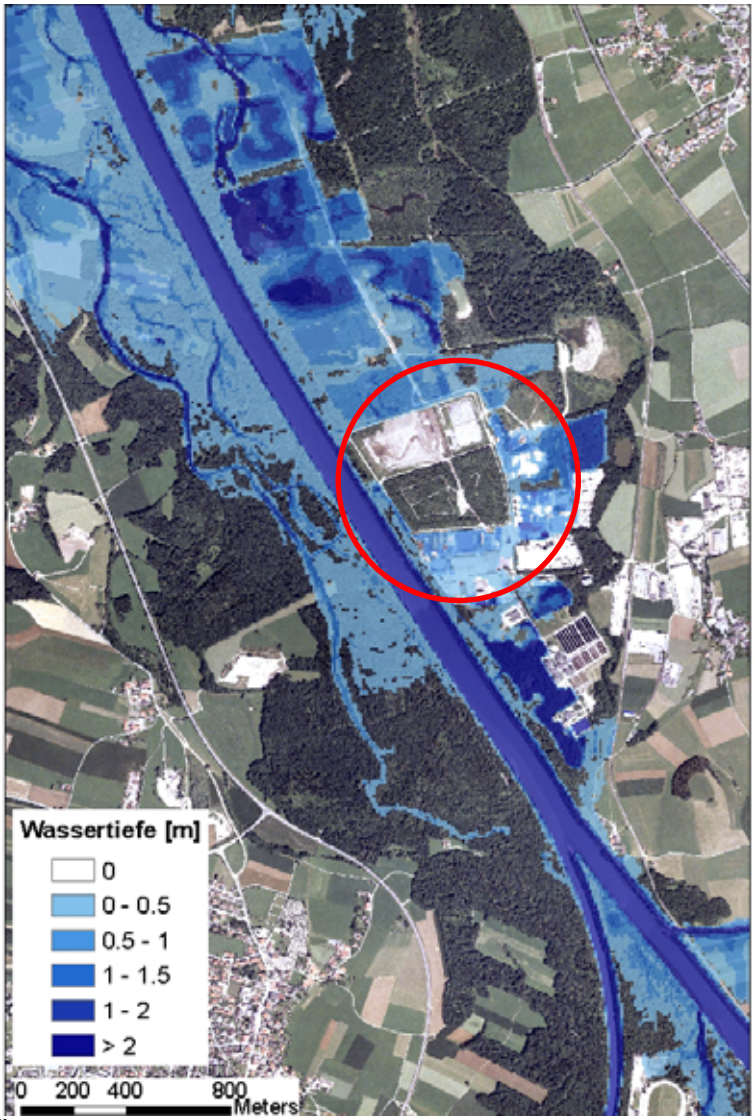


Abbildung 5.14 Überflutungstiefen im betrachteten Gebiet der Fallstudie (Szenario HQ_{300}+)

Die Visualisierung der Beurteilungsparameter der Fallstudie Salzach:

- maximale Überflutungstiefe
- Fließgeschwindigkeit
- Sohlschubspannung

ist den Unterkapiteln 5.3.3 bis 5.3.6 zu entnehmen.

5.3.2 Gesamtübersicht der Ergebnisse

Die Tabelle 5.10 stellt die Analyseergebnisse der Fallstudie Salzach dar. Da es ausschließlich zu Überschwemmungen im HQ_{300}+ Szenario kommt, wird das Maximum und der Mittelwerte der Beurteilungsparameter Überflutungstiefe, Fließgeschwindigkeit und Sohlschubspannung für dieses Szenario angegeben. Weiters werden die Größe der überschwemmten Fläche und der relative Anteil an der gesamten Fläche der Deponie ausgewiesen. Zusätzlich wurde an Hand der überschwemmten Fläche in Kombination mit den Tiefenangaben je Gridzelle und der mittleren Fließgeschwindigkeit das Abflussvolumen (Lösungsvolumen) berechnet, das zur Emittierung von Schadstoffen beitragen kann (Formel, siehe Kapitel 5.1.2).

Zusätzlich zu den Deponiegelände bezogenen Angaben werden für die Szenarien HQ_{300}, HQ_{100}+ und HQ_{300}+ (Tabelle 5.10 grau hinterlegt) die maximalen Fließgeschwindigkeiten und Sohlschubspannungen für den Bereich des Umschließungsdammes ausgewiesen, da an Hand dieser Aussagen abgeschätzt werden kann, ob Erosion am Dammkörper und somit Versagen möglich ist.

Tabelle 5.10 Überblick über die szenariobezogenen Bewertungsparameter

	HQ300+	**HQ_{300}**	**HQ_{100}+**	**HQ_{300}+**
Bewertungsparameter Wassertiefe				
Maximum [m]	2.97			
Mittel [m]	0.52			
betroffene Altablagerungsfläche, wo t>0 [m²]	80700			
Anteil an Gesamtfläche [%]	28.5			
Bewertungsparameter Fließgeschwindigkeit				
Maximum [m/s]	0.72	0.21	0.11	0.75
Mittel [m/s]	0.08			
betroffene Altablagerungsfläche, wo v>0 [m²]				
Anteil an Gesamtfläche [%]				
Bewertungsparameter Sohlschubspannung				
Maximum [N/m²]	36.67	10.14	15.48	65.00
Mittel [N/m²]	1.25			
betroffene Altablagerungsfläche, wo t>0 [m²]				
Anteil an Gesamtfläche [%]				
maximales Lösungsvolumen [m³/s]	12.54			

Für die Fallstudie Deponie Siggerwiesen wird angenommen, dass die Grenzwerte für Erosion von gelagerten Abfällen, jenen für Mittel- bis Grobkies entsprechen:

Tabelle 5.11 Kritische Sohlschubspannung, kritische Fließgeschwindigkeit für Mittel- und Grobkies

	kritische Sohlschubspannung	**kritische Fließgeschwindigkeit**
Mittelkies	15 N/m²	0.80-1.25 m/s
Grobkies	45 N/m²	1.25-1.60 m/s

5.3.3 HQ_{30} und HQ_{100}

Die Deponie Siggerwiesen weist einen Hochwasserschutz gegenüber einem HQ_{100} plus Freibord auf. Auf eine Visualisierung der Bewertungsparameter Wassertiefe, Fließgeschwindigkeit und Sohlschubspannung wird deshalb für den Fall HQ_{30} und HQ_{100} verzichtet, da keine Einwirkungen auf die Deponie Siggerwiesen bestehen.

5.3.4 HQ_{300}

Selbst im Fall eines 300-jährlichen Hochwasserereignisses (Abbildung 5.15), sowie dem HQ_{100}+ Szenario (Abbildung 5.16), können nur lokale Einwirkungen auf den Umschließungsdamm festgestellt werden. Einwirkungen auf den Deponiekörper, sowie daraus resultierende Emissionen und Kontaminationen im Unterliegerbereich, können somit für die vier Szenarien HQ_{30}, HQ_{100}, HQ_{300} und HQ_{100}+ mit hoher Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden. Wichtig ist es jedoch, darauf hinzuweisen, dass Überlastfälle, sowie unzureichende Wartung, Pflanzenwachstum, Wühltiertätigkeit... zum Versagen von nicht überströmten Deichen führen kann und somit eine absolute Sicherheit im Kontext eines Restrisikos nie gegeben sein kann.

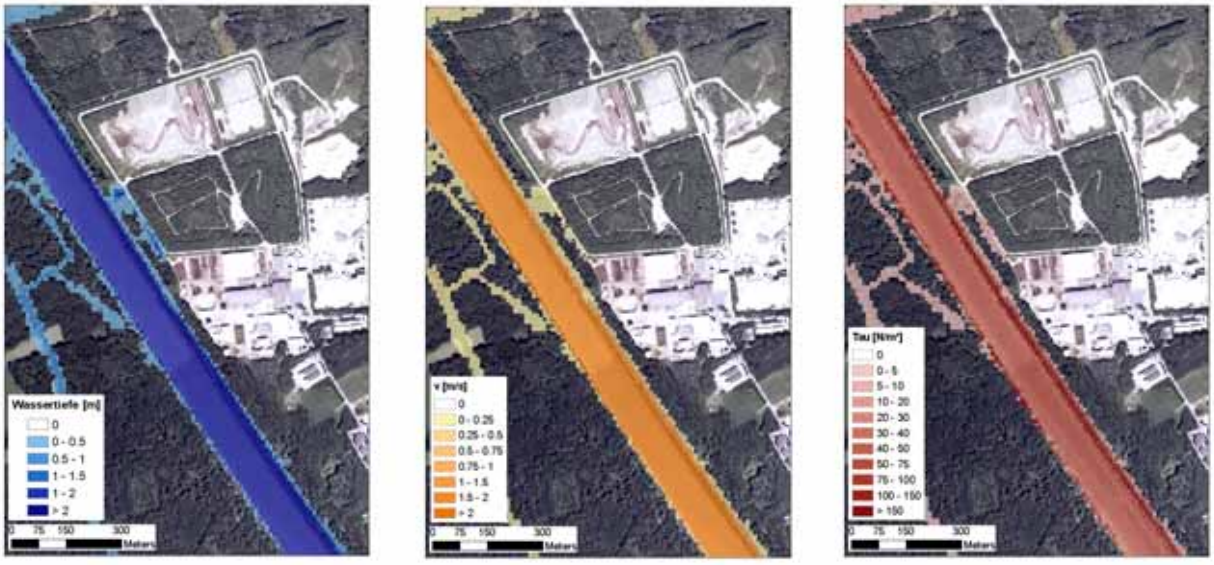


Abbildung 5.15 Beurteilungsparameter Überflutungstiefe, Fließgeschwindigkeit und Sohlschubspannung – HQ_{300}

5.3.5 HQ_{100}+

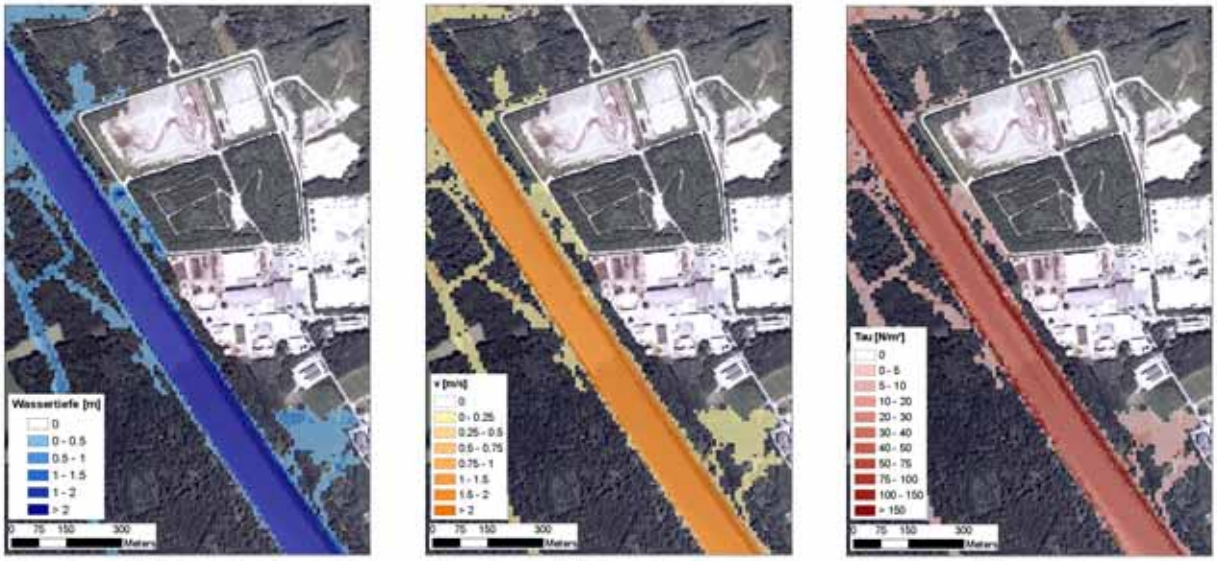


Abbildung 5.16 Beurteilungsparameter Überflutungstiefe, Fließgeschwindigkeit und Sohlschubspannung – HQ_{100}+

5.3.6 HQ_{300}+

Das HQ_{300}+ Szenario führt zu Überflutungen des befestigten Betriebsgeländes, für den Deponiekörper selbst, werden jedoch keine Überflutungen berechnet. Für dieses Szenario können somit Emissionen von Schadstoffen aus der Deponie Siggerwiesen als relativ unwahrscheinlich bewertet werden. In den überfluteten Bereichen wird Material zur mechanisch-biologischen Aufbereitung gelagert wird, darum muss dennoch mit teilweise erheblichen Einwirkungen auf Schutzgüter im Unterliegerbereich gerechnet werden.

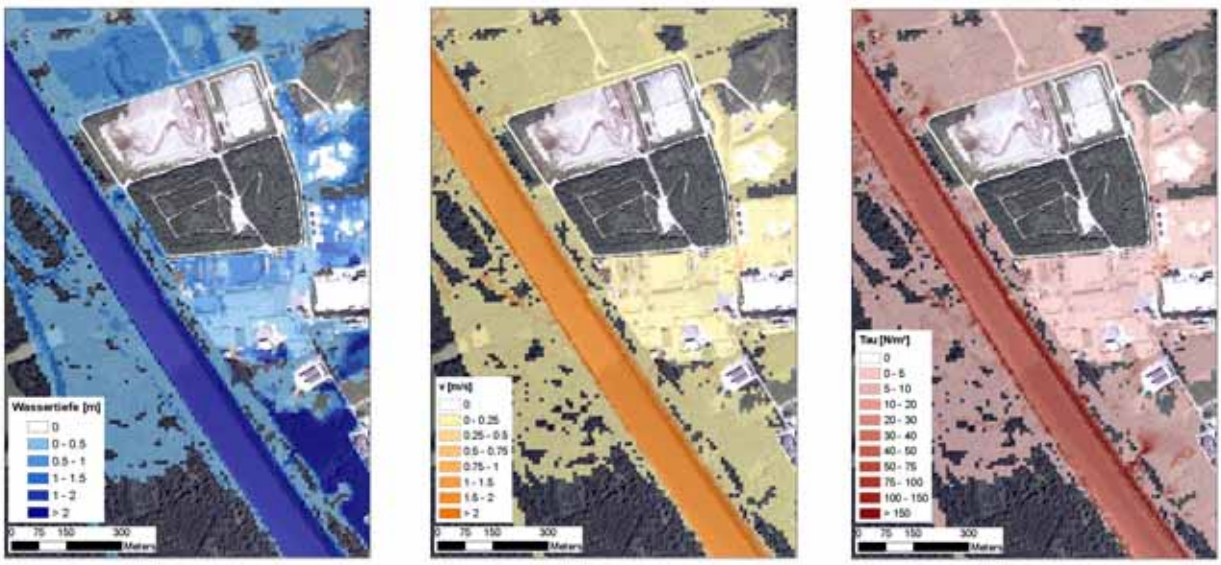


Abbildung 5.17 Beurteilungsparameter Überflutungstiefe, Fließgeschwindigkeit und Sohlschubspannung – HQ_{300}+

5.3.7 Monetäre Bewertung – jährlicher Schadenserwartungswert

Da im Rahmen der Fallstudie Siggerwiesen Salzach keine Einwirkung auf Wohngebäude festgestellt werden konnte, wird von einer monetären Bewertung von direkten Sachschäden abgesehen. Eine Beurteilung der direkten Hochwasserschäden im Bereich der Betriebsgebäude würde einen hohen Aufwand bedeuten (Schanze et al., 2008) und war nicht Zielsetzung dieser Studie.

5.4 Kopplung der Ergebnisse aus Arbeitspaket 1 und Arbeitpaket 2

Dieses Kapitel bietet eine Vernetzung der Erkenntnisse aus dem Arbeitspaket 1 mit den Simulationsergebnissen der Fallstudien. Basierend auf den Definitionen aus Teilbericht 1, Kapitel 3.6 werden folgende Stofffreisetzungsszenarien festgelegt:

- Szenario A [Hohe Stofffreisetzung]
- Szenario B [Geringe Stofffreisetzung]
- Szenario C [Mittlere Stofffreisetzung]
- Szenario D [Stabilitätsverlust und vollständiger Abtrag]

Diese Nomenklatur ist im Rahmen der Szenariodefinition entstanden und entspricht keiner Hierarchie im Sinne von „geringer Stofffreisetzung“ bis „vollständiger Abtrag“ (siehe Teilbericht 1). Zum besseren Verständnis der Kopplung der Ergebnisse der beiden Arbeitspakete wird eine neue, hierarchische, Zuordnung der Szenarien gewählt:

- Szenario I: geringe Stofffreisetzung (entspricht Szenario B aus AP1)
- Szenario II: mittlere Stofffreisetzung (entspricht Szenario C aus AP1)
- Szenario III: hohe Stofffreisetzung (entspricht Szenario A aus AP1)
- Szenario IV: Stabilitätsverlust und vollständiger Abtrag (entspricht Szenario D aus AP1)

Ein, den Szenarien I-III entsprechender Stoffaustrag kann im Wesentlichen nur für die Fallstudie Dietersdorf an der Kainach erwartet werden. Für die Fallstudien Altablagerung Pflach am Lech, sowie Deponie Siggerwiesen an der Salzach ist lediglich das Szenario IV relevant, wobei bei der Deponie Siggerwiesen Folgerisiko auf Grund von gelagerten und noch nicht deponierten Abfällen ausgeht. Für diesen Fall wurden keine Stofffreisetzungsszenarien entwickelt.

Die Stofffreisetzungen der einzelnen Szenarien wurden im Rahmen des AP1 auf die Gesamtfreisetzung eines Hochwasserereignisses bezogen. Dabei wurde die hohe Variabilität der Hochwassercharakteristik (Konvektivereignisse, lang anhaltende Niederschlagsereignisse, Einfluss der Schneeschmelze, ...) vernachlässigt, da die Aussagen der möglichen Lösung von Schadstoffen aus vollständig gesättigten Deponien bzw. Altablagerungen mit enormen Unsicherheiten behaftet sind.

Um Aussagen bezüglich der möglichen Verdünnung von emittierten Stoffen bzw. deren Einwirkung flussab treffen zu können, wurden die in Kapitel 5.1.2 berechneten maximalen Lösungsvolumina (für die Fallstudie Dietersdorf an der Kainach) mit einem Referenzzeitraum der Wirkung dieser Volumina von 24h angesetzt. Für die Fallstudien Altablagerung Pflach am Lech, sowie Deponie Siggerwiesen an der Salzach konnten keine Überflutungen der Deponiekörper berechnet werden, dadurch ist auch die Ableitung eines maximalen Lösungsvolumens (siehe Fallstudie Dietersdorf an der Kainach) nicht möglich. Für die beiden Fallstudien wurde zur Abschätzung der Stofffreisetzung das Gesamtvolumen des Hochwassers abgeschätzt um so Aussagen über den Verdünnungsgrad bei vollständigem Abtrag der Deponie beziehungsweise der Altablagerung zu erhalten. Um die Aussagen aller Fallstudien vergleichen zu können wurde hier ebenfalls ein Lösungszeitraum von 24h angesetzt.

5.4.1 Darstellung der durchschnittlichen Stofffreisetzung für die Altablagerung Dietersdorf an der Kainach

Die Tabelle 5.12 bis 5.15 zeigen die berechneten Stoffkonzentrationen, die für Stofffreisetzungsszenarien I-IV für HQ_{30}, HQ_{100}, HQ_{300}, HQ_{100}+ und HQ_{300}+ Abflüsse berechnet wurden. Die Konzentrationen [mg/l] beziehen sich dabei auf eine einheitliche Auslaugungs- bzw. Überflutungsdauer von 24h. Die Ergebnisse können somit für kürzere (Multiplikation der Stoffkonzentration) oder längere (Division der Stoffkonzentration) Hochwasserereignisse und Überflutungsdauern umgerechnet werden. Eine grüne Hinterlegung der Ergebnisse zeigt an, dass die auftretenden Konzentrationen niedriger sind, als die Grenzwerte, die in der Emissionsverordnung (BMFLUW, 1996) bei einer Einleitung in Fließgewässer ausgewiesen werden. Die orange Färbung zeigt, dass sich der Grenzwert für Stickstoff [N] zwischen den zwei Grenzwerten, abhängig von der chemischen Bindung (Nitrit, Ammonium), befindet. Eine rote Färbung weist ein Überschreiten der jeweiligen Grenzwerte nach Emissionsverordnung aus.

Tabelle 5.12 Schadstoffkonzentration ausgehend von der Altablagerung Dietersdorf an der Kainach, Szenario I

Szenario I	C [mg/l]	N [mg/l]	P [mg/l]	Cl [mg/l]	Fe [mg/l]	Cu [mg/l]	Zn [mg/l]	Pb [mg/l]	Cd [mg/l]
HQ30	1.7E+00	2.4E-01	3.4E-03	8.3E-01	1.4E-02	8.2E-04	9.0E-03	1.7E-04	4.5E-06
HQ100	1.2E+00	1.7E-01	2.4E-03	6.0E-01	9.8E-03	5.9E-04	6.5E-03	1.2E-04	3.2E-06
HQ300	1.0E+00	1.4E-01	2.0E-03	4.9E-01	8.0E-03	4.8E-04	5.3E-03	9.7E-05	2.6E-06
HQ100+	1.1E+00	1.5E-01	2.2E-03	5.4E-01	8.8E-03	5.3E-04	5.8E-03	1.1E-04	2.9E-06
HQ300+	9.1E-01	1.3E-01	1.8E-03	4.4E-01	7.3E-03	4.4E-04	4.8E-03	8.8E-05	2.4E-06
Mittelwert	1.2E+00	1.7E-01	2.4E-03	5.8E-01	9.5E-03	5.7E-04	6.3E-03	1.2E-04	3.1E-06

Tabelle 5.13 Schadstoffkonzentration ausgehend von der Altablagerung Dietersdorf an der Kainach, Szenarien II

Szenario II	C [mg/l]	N [mg/l]	P [mg/l]	Cl [mg/l]	Fe [mg/l]	Cu [mg/l]	Zn [mg/l]	Pb [mg/l]	Cd [mg/l]
HQ30	1.1E+01	9.3E-01	3.9E-02	3.1E+00	6.1E-02	8.2E-03	1.0E-01	5.2E-03	3.1E-05
HQ100	8.2E+00	6.7E-01	2.8E-02	2.2E+00	4.4E-02	5.9E-03	7.4E-02	3.7E-03	2.3E-05
HQ300	6.7E+00	5.5E-01	2.3E-02	1.8E+00	3.6E-02	4.8E-03	6.1E-02	3.1E-03	1.8E-05
HQ100+	7.4E+00	6.0E-01	2.5E-02	2.0E+00	4.0E-02	5.3E-03	6.7E-02	3.4E-03	2.0E-05
HQ300+	6.1E+00	5.0E-01	2.1E-02	1.7E+00	3.3E-02	4.4E-03	5.5E-02	2.8E-03	1.7E-05
Mittelwert	7.9E+00	6.5E-01	2.7E-02	2.2E+00	4.3E-02	5.7E-03	7.2E-02	3.6E-03	2.2E-05

Tabelle 5.14 Schadstoffkonzentration ausgehend von der Altablagerung Dietersdorf an der Kainach, Szenarien III

Szenario III	C [mg/l]	N [mg/l]	P [mg/l]	Cl [mg/l]	Fe [mg/l]	Cu [mg/l]	Zn [mg/l]	Pb [mg/l]	Cd [mg/l]
HQ30	2.9E+01	1.9E+00	1.1E-01	6.2E+00	1.4E-01	2.3E-02	3.0E-01	1.7E-02	8.2E-05
HQ100	2.1E+01	1.4E+00	8.1E-02	4.5E+00	9.8E-02	1.7E-02	2.2E-01	1.2E-02	5.9E-05
HQ300	1.7E+01	1.1E+00	6.6E-02	3.7E+00	8.0E-02	1.4E-02	1.8E-01	9.7E-03	4.8E-05
HQ100+	1.9E+01	1.2E+00	7.3E-02	4.0E+00	8.8E-02	1.5E-02	1.9E-01	1.1E-02	5.3E-05
HQ300+	1.6E+01	1.0E+00	6.0E-02	3.3E+00	7.3E-02	1.2E-02	1.6E-01	8.8E-03	4.4E-05
Mittelwert	2.0E+01	1.3E+00	7.8E-02	4.3E+00	9.5E-02	1.6E-02	2.1E-01	1.2E-02	5.7E-05

Tabelle 5.15 Schadstoffkonzentration ausgehend von der Altablagerung Dietersdorf an der Kainach, Szenarien IV

Szenario IV	C [mg/l]	N [mg/l]	P [mg/l]	Cl [mg/l]	Fe [mg/l]	Cu [mg/l]	Zn [mg/l]	Pb [mg/l]	Cd [mg/l]
HQ30	3.9E+03	8.6E+01	1.3E+01	1.1E+02	6.7E+02	5.4E+00	1.5E+01	1.1E+01	1.5E-01
HQ100	2.8E+03	6.2E+01	9.3E+00	7.7E+01	4.8E+02	3.9E+00	1.1E+01	7.8E+00	1.1E-01
HQ300	2.3E+03	5.0E+01	7.6E+00	6.3E+01	4.0E+02	3.2E+00	8.7E+00	6.4E+00	8.7E-02
HQ100+	2.5E+03	5.6E+01	8.4E+00	6.9E+01	4.4E+02	3.5E+00	9.6E+00	7.1E+00	9.6E-02
HQ300+	2.1E+03	4.6E+01	6.9E+00	5.7E+01	3.6E+02	2.9E+00	7.9E+00	5.8E+00	7.9E-02
Mittelwert	2.7E+03	6.0E+01	9.0E+00	7.4E+01	4.7E+02	3.8E+00	1.0E+01	7.6E+00	1.0E-01

Die Ergebnisse zeigen, dass der Grenzwert für Chlor in jedem Überflutungsszenario und Stofffreisetzungsszenario überschritten wird, wobei sich der Grenzwert in der Emissionsverordnung auf freies Chlor bezieht. Man kann jedoch davon ausgehen, dass es sich in diesem Fall um gebundenes Chlor in Form von Chlorid handelt. Die Grenzwerte für Kohlenstoff bzw. Stickstoff weisen, abgesehen von Szenario IV – Stabilitätsverlust, bei Szenario III erhöhte Werte auf. Cadmium ist bei Szenario IV das einzige Element, dass bei den hydrologischen Szenarien mit höheren Wasservolumina die Grenzwerte selbst hier unterschreitet.

5.4.2 Darstellung der durchschnittlichen Stofffreisetzung für die Altablagerung Pflach am Lech

Die ausgewiesenen Konzentrationen der einzelnen chemischen Elemente unterschreiten durchgehend die Grenzwerte der Emissionsverordnung (BMFLUW, 1996). Das verfügbare Wasservolumen ist jedoch nicht mit einer herkömmlichen Einleitung einer kommunalen Kläranlage in ein Fließgewässer vergleichbar und stellt daher eine erhebliche Gefährdung für den Fall eines Stabilitätsverlustes der Altablagerung Pflach am Lech dar.

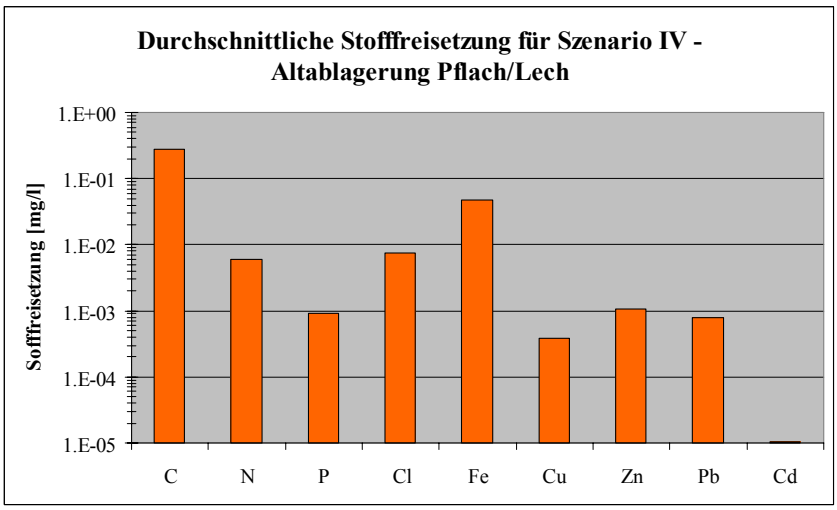


Abbildung 5.18 Schadstoffkonzentration ausgehend von der Altablagerung Pflach am Lech

5.4.3 Darstellung der durchschnittlichen Stofffreisetzung für die Deponie Siggerwiesen an der Salzach

Die berechneten Konzentrationen, ausgehend von der Deponie Siggerwiesen bei Szenario IV, sind auf Grund des hohen Ablagerungsvolumens entsprechend höher, als jene die für die Fallstudie Pflach/Lech berechnet wurden. Zusätzlich zur Erosion noch nicht deponierter Abfälle im Bereich der Betriebsgebäude muss von einem Restrisiko ausgegangen werden.

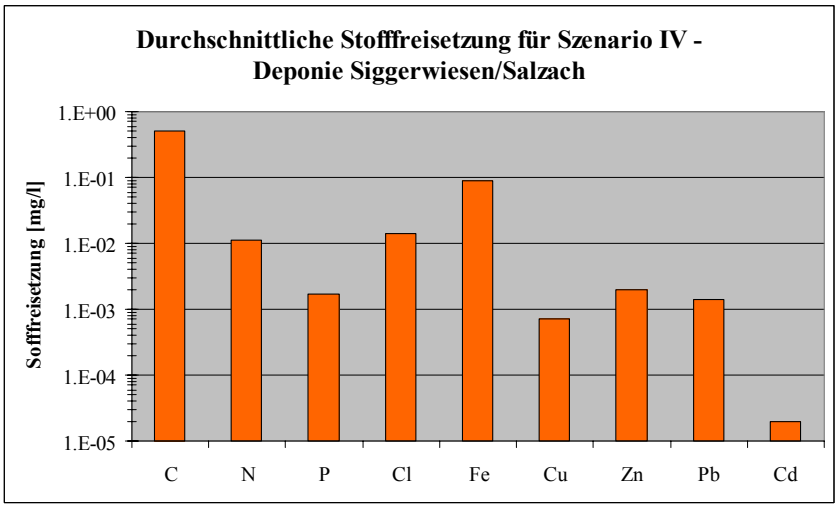


Abbildung 5.19 Schadstoffkonzentration ausgehend von der Deponie Siggerwiesen an der Salzach

6 Qualitative Beurteilung des Folgerisikos

Unter Berücksichtigung der Bewertungsparameter, sowie der in Arbeitspaket 1 definierten Stofffreisetzungsszenarien konnte eine qualitative Beurteilung des Folgerisikos abgeleitet werden. Zur übersichtlichen Darstellung der Ergebnisse wurde ein Farbschema in drei Stufen gewählt. Bei der Definition der Bewertungskategorien wurde bewusst darauf verzichtet eine Kategorie „keine Gefährdung“ zu definieren, da durch unvorhersehbare Prozesse oder Ereignisse in jedem Fall ein Restrisiko besteht.

gering	mäßig	erheblich

Abbildung 6.1 Farbschema zur Beurteilung des Folgerisikos

Die Bewertungsparameter „Überflutung“, „maximale Fließgeschwindigkeit“, „maximale Sohlschubspannung“, sowie „Stofffreisetzung“ wurden einzeln bewertet, um so das Szenario bezogene (hydrologisches Szenario) Folgerisiko abzuleiten.

Tabelle 6.1 Qualitative Beurteilung des Folgerisikos der Fallstudie Dietersdorf

Bewertungsparameter	HQ_{30}	HQ_{100}	HQ_{300}	$HQ_{100}+$	$HQ_{300}+$
Überflutung [%]	99.7	99.7	100.0	99.7	100.0
Erosion - v_{max} [m/s]	2.48	2.47	2.54	2.51	2.57
Erosion - τ_{max} [N/m²]	50.32	48.74	50.57	49.15	51.28
Stofffreisetzung					
Folgerisiko					

Tabelle 6.2 Qualitative Beurteilung des Folgerisikos der Fallstudie Pflach

Bewertungsparameter	HQ_{30}	HQ_{100}	HQ_{300}	$HQ_{100}+$	$HQ_{300}+$
Überflutung					
Erosion - v_{max} [m/s]	1.22	1.59	2.39	1.88	2.41
Erosion - τ_{max} [N/m²]	21.83	24.13	26.43	27.54	31.04
Stofffreisetzung					
Folgerisiko					

Tabelle 6.3 Qualitative Beurteilung des Folgerisikos der Fallstudie Siggerwiesen

Bewertungsparameter	HQ_{30}	HQ_{100}	HQ_{300}	$HQ_{100}+$	$HQ_{300}+$
Überflutung					
Erosion - v_{max} [m/s]			0.21	0.11	0.75
Erosion - τ_{max} [N/m²]			10.14	15.48	65.00
Stofffreisetzung					
Folgerisiko					

An Hand einer Gesamtdarstellung aller Szenarien soll eine Übersicht gegeben werden, ab welcher Intensität der Hochwässer mit erheblichen Einwirkungen auf Schutzgüter und die Unterliegerbereiche zu rechnen ist. Die Altablagerung Dietersdorf an der Kainach weist das höchste zu erwartende Folgerisiko („mäßig“-„erheblich“) aus. Das Folgerisiko ausgehend von der Altablagerung Pflach kann als „mäßig“ kategorisiert werden. Das Folgerisiko der Deponie Siggerwiesen ist in Summe mit „gering“ zu bewerten.

7 Zusammenfassung und Schlussfolgerung

Im Rahmen des Teilberichts 2 der Studie „GEDES: Gefährdung durch Deponien und Altablagerungen im Hochwasserfall – Risikoanalyse und Minimierung“ werden einleitend die Risikoanalyse, deren Bestandteile, sowie methodische Ansätze dargestellt. Die Risikoanalyse wird definiert als Untersuchung in einem abgegrenzten Gebiet, wo das Risiko als Funktion der Wahrscheinlichkeit eines Schadensereignisses und der daraus resultierenden Konsequenzen analysiert wird. Risiko ist somit ein Maß für die Größe einer Gefährdung (Erwartungswert), und bildet die Grundlage, um Handlungsbedarf aufzuzeigen und um Strategien, sowie Maßnahmen zur Risikominderung zu entwickeln.

Die Zielsetzung der Studie lag darin, relevante Deponie- und Altablagerungsstandorte auf ihre Hochwassergefährdung zu untersuchen. Weiters sollten Klimaszenarien, zur Berücksichtigung allfälliger Änderungen der vorherrschenden klimatologischen Bedingungen definiert werden, um diese für drei besonders gefährdete Standorte mit Hilfe von hydrodynamisch-numerischen Hochwasserabflussmodellen zu berechnen. Damit soll eine computerunterstützte Hochwasserabflusssimulation für gefährdete Standorte unter verschiedenen klimatischen Bedingungen gewährleistet werden, um die aktuelle und zukünftige Gefährdung von Schutzgütern besser beurteilen zu können.

Um besonders gefährdete Standorte für eine eingehende Betrachtung auszuwählen, wurden Kriterien definiert, um relevante Deponien und Altablagerungen an Hand ihrer Lage, Zusammensetzung und Größe zu kategorisieren. Dabei wurden folgende Attribute als wesentlich erachtet:

- unmittelbare Nähe zu Schutzgütern
- Abfälle hausmüllähnlicher Zusammensetzung
- Mindestvolumen von 100.000 m³
- Ablagerungszeit 1980 und später
- kein oder unzureichender Hochwasserschutz (laut Deponieverordnung $\geq HQ_{500}$)
- Datenverfügbarkeit

und für Deponien und Altablagerungen der im Teilbericht 1 definierten Kategorien abgefragt. Durch die Koppelung der erhaltenen Auswahl mit den digitalen Datensätzen der HORA-Studie (BMFLUW, 2006) und der daraus resultierenden Möglichkeit der visuellen Beurteilung an Hand von Orthophotos, sowie einer Begehung mehrerer Standorte, wurden die drei Fallstudien:

- Altablagerung Dietersdorf and der Kainach
- Altablagerung Pflach am Lech
- Deponie Siggerwiesen an der Salzach

abgeleitet und im Rahmen der Studie eingehend analysiert. Um den Einfluss und die Auswirkung von möglichen klimatischen Veränderungen in die Überlegungen mit ein zu beziehen wurde, basierend auf eine Auswertung zahlreicher qualitativer und quantitativer Angaben und den damit einhergehenden Unsicherheiten der verwendeten Klimamodelle geschlossen, dass der Ansatz eines prozentuellen Klimazuschlags zur Hochwasserspitze von +10% ein gangbarer Weg ist. Zahlreiche Studien zeigen auf, dass hydrologisch gesehen kein klarer positiver Trend vergangener Hochwasserereignisse erkennbar ist, jedoch ein deutlicher

Anstieg an sozio-ökonomischen Werten in den Einzugsgebieten zu verzeichnen ist. Zur Analyse der drei Fallstudien wurden somit die Szenarien

- HQ_{30}
- HQ_{100}
- HQ_{300}
- HQ_{100} plus Klimazuschlag (HQ_{100}+)
- HQ_{300} plus Klimazuschlag (HQ_{300}+)

definiert und an Hand hydrodynamisch-numerischer Modelle simuliert. Die Überlegung zusätzlich ein HQ_{500} Szenario (geforderter Mindestschutz laut Deponieverordnung) separat zu berechnen erwies sich als nicht notwendig, da ein Szenario dieser Jährlichkeit auf Grund der erheblichen Unsicherheit im Rahmen einer Extrapolation durchwegs in die Bandbreite des HQ_{300} und HQ_{300}+ fällt. Um dies zu belegen wurde für den Deponiestandort Siggerwiesen ein Gutachten der Salzburger Landesregierung erstellt, das klar zeigt, dass der, für den Bereich Siggerwiesen erhobene HQ_{500} Abfluss kleiner ist, als jener des Szenarios HQ_{300}+ (Staudinger, 2008).

An Hand der erhobenen Daten, sowie der zweidimensionalen hydrodynamisch-numerischen Simulationsergebnisse konnten für die drei Fallstudien folgende Bewertungsparameter berechnet, visualisiert, analysiert und mit den Ergebnissen des Arbeitspakets 1 gekoppelt werden:

- Überflutungstiefe
- Fließgeschwindigkeit
- Sohlschubspannung

Unter Berücksichtigung der Bewertungsparameter, sowie der in Arbeitspaket 1 definierten Stofffreisetzungsszenarien konnte eine qualitative Beurteilung des Folgerisikos abgeleitet werden. Zur übersichtlichen Darstellung der Ergebnisse wurde ein Farbschema in drei Stufen („gering"-gelb, „mäßig"-orange und „erheblich"-rot) gewählt. Bei der Definition der Bewertungskategorien wurde bewusst darauf verzichtet eine Kategorie „keine Gefährdung" zu definieren, da durch unvorhersehbare Prozesse oder Ereignisse in jedem Fall ein Restrisiko besteht.

Fallstudie	**HQ_{30}**	**HQ_{100}**	**HQ_{300}**	**HQ_{100}+**	**HQ_{300}+**
Dietersdorf/Kainach					
Pflach/Lech					
Siggerwiesen/Salzach					

Abbildung 7.1 Zusammenfassende Darstellung der qualitativen Beurteilung des Folgerisikos

Die **Altablagerung Dietersdorf an der Kainach** wird selbst bei Hochwässern geringer Jährlichkeit (HQ_{30} und kleiner) überflutet und eingestaut. Die Topographie in Kombination mit dem Gesamtabfluss führt jedoch dazu, dass erst ab einer Jährlichkeit von 300 Jahren mit erheblichem Austrag an gelösten Stoffen gerechnet werden muss. Die Charakteristik der Hochwässer ist auf Grund der örtlichen Gegebenheiten als vorwiegend stehende Retention zu bezeichnen, woraus geschlossen werden kann, dass mit keiner weitreichenden Verfrachtung von Schadstoffen gerechnet werden muss. Daraus kann abgeleitet werden, dass das Szenario IV [D-Stabilitätsverlust] unwahrscheinlich ist, aber eine Gefährdung von umliegenden Schutzgütern in der Bandbreite von Szenario I-III [A-C] wahrscheinlich und mit erheblichen

Konsequenzen, Emissionen und Kontaminationen verbunden ist. Das Folgerisiko, ausgehend von der Altablagerung im Fall einer Überflutung, wird somit mit **„mäßig"-„erheblich"** eingestuft.

Die Kombination eines alpinem Flusses mit steilem Gefälle und Hochwasserspitzen von mehr als 1000 m³/s führt dazu, dass für die Fallstudie **Altablagerung Pflach am Lech** die Gefährdung durch Stofffreisetzungsszenario IV [D] für den Unterliegerbereich als das wahrscheinlichste Szenario identifiziert wurde. Die topographische Ausbildung der Fallstudie mit einer Engstelle am Gebietsauslass gibt zusätzlich Veranlassung, ein erhebliches Folgerisiko auf Schutzgüter auszuweisen. Die Stofffreisetzungsszenarien I-III [A-C] können als unwahrscheinlich bezeichnet werden, da die Altablagerung gesichert ist und es in keinem der betrachten hydrologischen Szenarien zu einer markanten Überströmung der vorhandenen Schutzdeiche kommt. Die Kräfte, die am Deich wirken weisen hingegen Größenordnungen auf, die ein Versagen zur Folge haben können. Das Folgerisiko, ausgehend von der Altablagerung im Fall eines Hochwassers, wird somit mit **„mäßig"** eingestuft.

Die **Deponie Siggerwiesen an der Salzach** weist bis zu einem HQ_{300} keine wesentlichen Einwirkungen auf das Deponie- und Betriebsgelände auf. Erst ein berücksichtigter Klimazuschlag von +10% führt zu Überflutungen des Betriebsgeländes. Der vorhandene Hochwasserschutz an der Salzach, sowie der Umschließungsdamm um die Deponie veranlassen, das Folgerisiko als weitgehend gering einzustufen. Lediglich für den Fall HQ_{300}+ wird mäßiges Risiko der Kontaminierung von Schutzgütern durch die am Betriebsgelände gelagerten Abfälle ausgewiesen. Das vorhandene Potential auf der Deponie mit einem Ablagerungsvolumen von ca. 2.2 Mio m³ ist sehr hoch einzustufen, die davon ausgehende mögliche Gefährdung dürfte aber, abgesehen von Restrisiko in Form von unerwarteten Extremsituation und Versagensfällen, nicht relevant sein. Das Folgerisiko, ausgehend von der Deponie im Fall einer Überflutung, wird somit mit **„gering"-„mäßig"** eingestuft.

Eine wesentliche Erkenntnis der Studie ist es, dass jeder Teilarbeitschritt mit zum Teil erheblichen Unsicherheiten behaftet ist. Die Beurteilung der potentiell gefährdeten Altablagerungen und Deponien zeigt, dass diese basierend auf Punktkoordinaten und zum Teil noch nicht aktualisierten Datensätzen zu Fehlinterpretationen führen kann. Die teilweise Nichtberücksichtigung von Hochwasserschutzmaßnahmen im Rahmen der HORA-Studie führte ebenso zu einer Überschätzung der potentiellen Gefährdung von Altablagerungs- und Deponiestandorten. Das Fehlen an Methoden und Datengrundlagen im Kontext mit Extrapolation von hydrologischen Extremwerten, der Quantifizierung von Folgeschäden, sowie der Berechnung von Stofffreisetzungen zeigt ebenso erheblichen Forschungsbedarf auf.

Die Studie hat deutlich gezeigt, dass eine Vielzahl an Deponie und Altablagerungsstandorten eine Gefährdung von Schutzgütern darstellt. Eine mögliche Überflutung und die damit verbundenen und ausgelösten Prozesse können massive Schäden an Mensch und Umwelt verursachen. Die entwickelte Methodik bietet eine Möglichkeit, diese Gefährdungen qualitativ in Form der Kategorien „geringes Risiko", „mäßiges Risiko" und „erhebliches Risiko" zu kommunizieren und so Handlungsbedarf aufzuzeigen, sowie Strategien und Maßnahmen zur Risikominderung zu entwickeln.

Literatur

Blackburn, J. & Steffler, P.; 2002: River2D, Two-Dimensional Depth Averaged Model of River Hydrodynamics and Fisch Habitat, Introduction to Depth Averaged Modelling and User´s Manual, University of Alberta, September, 2002

BMFLUW, 1996: Bundesgesetzblatt für die Republik Österreich, 186. Verordnung: Allgemeine Begrenzung von Abwasseremissionen in Fließgewässer und öffentliche Kanalisationen (AAEV). Wien

BMFLUW, 2005: Analyse der Hochwasserereignisse vom August 2002 – Flood Risk

BMFLUW, 2006: Hochwasserrisiko – HORA, www.hochwasserrisiko.at

BMU, 2004: Verordnung des Bundesministers für Umwelt über die Ablagerung von Abfällen. BGBl. Nr. 164/1996 idF BGBl. II Nr. 49/2004

BUWAL, 1991: Handbuch I zur Störfallverordnung StFV; Richtlinien für Betriebe mit Stoffen, Erzeugnissen und Sonderabfällen. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern 74 S.

BUWAL, 1999a: Risikoanalyse bei gravitativen Natrugefahren – Methode; Umwelt-Materialien Nr. 107/I Naturgefahren, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern

BUWAL, 1999b: Risikoanalyse bei gravitativen Natrugefahren – Fallbeispiele und Daten; Umwelt-Materialien Nr. 107/II Naturgefahren, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern

Egli, Th.; 1996: Hochwasserschutz und Raumplanung. Schutz vor Naturgefahren mit Instrumenten der Raumplanung – dargestellt am Beispiel vom Hochwasser und Murgängen. ORL-Bericht 100/1996, ETH Zürich, 165 pp.

Evans, E.; Ashley, R.; Hall, J.; Penning-Rowsell, E.; Sayers, P.; Thorne, C. & Watkinson, A., 2004: Foresigth, Future Flooding, Volume I and Volume II: Office of Science and Technology, Department of Industriy, London.

FEMA (Federal Emergency Management Agency, 1998: Costs and benefits of natural hazard mitigation. FEMA Report

Gutknecht, D.; 1994: Extremhochwässer in kleinen Einzugsgebieten. Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft, 46 (3/4)

Hydrotec, 2009: Das 2D Strömungsmodell HYDRO_AS-2D, Informationen auf der Homepage, vom 19.01.2009 http://www2.hydrotec.de/unternehmen/hydrothemen/hydrothemen07/hydro-as-2d/

IPCC, 2007: Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel of Climate Change; Summary, www.ipcc.ch

KLIWA, 2004: Heft 4: "Klimaveränderung und Konsequenzen für die Wasserwirtschaft - Fachvorträge beim KLIWA-Symposium am 3. und 4.5.2004 in Würzburg" Hrsg.: Arbeitskreis KLIWA, ISBN 3-937911-16-2

KLIWA, 2007: Klimawandel und Konsequenzen für die Wasserwirtschaft. KLIWA-Hefte Nr. 1-12, www.kliwa.at

Kundzewicz, Z.W.; Graczyk, D.; Mauerer, T.; Przymusinska, I.; Radziejewski, M.; Svensson, C & Szwed, M., 2004: GRDC Report Series; Report 32: Detection of change in world-wide hydrological time series of maximum annual flow. Federal Institute of Hydrology (BfG), Koblenz, Germany

Laner, D.; Fellner, L. & Brunner P.H., 2008: Gefährdung durch Deponien und Altablagerungen im Hochwasserfall – Risiko und Analyse (GEDES), Dokumentation zum Arbeitspaket 1, Zwischenbericht, TU-Wien IWA, pp. 54

Merz, B.; Kreibich, H.; Thieken, A. & Schmidke, R.; 2004: Estimation uncertainty of direct monetary flood damage to buildings. NHESS, 4, 153-163

Merz, B.; 2006: Hochwasserrisiken – Grenzen und Möglichkeiten der Risikoabschätzung, E. Schweizerbart´sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart. 334 pp.

Messner, F.; Penning-Rowsell, E.; Green, C.; Meyer, V.; Tunstall, S. & van der Veen, A., 2006: Guidelines for Socio-economic Flood Damage Evaluation. Wallingford. (www.floodsit.net)

Münchner Rück, 2001: topics. Jahresrückblick Naturkatastrophen 2000. Münchener Rückversicherungs-Gesellschaft, topics, 10. Jahrgang, München, 56 pp.

Münchner Rück, 2003: topics. Jahresrückblick Naturkatastrophen 2002. Münchener Rückversicherungs-Gesellschaft, topics, 10. Jahrgang, München, 48 pp.

Nachtnebel, H.P. & Debene, A., 2005: Abflussanalyse Donau – Traisen. Im Auftrag von Niederösterreichische Landesregierung.

Nachtnebel, H.P.; Fuchs, M.; Schober, S.; Hebenstreit, K.; Diernhofer, W. & Blum, M.; 2001: Die Hydrologie Österreichs unter dem Einfluß von Szenarien einer möglichen Klimaänderung. Endbericht Teil I-III, Universität für Bodenkultur, Wien; IWHW, Wien

Nachtnebel, H.P., Faber, R. & Leroch, K. 2005: Risikoanalyse des bestehenden Hochwasserschutzes Stadt Gleisdorf und Umgebung, Flussraum Agenda Alpenraum, River Basin Agenda. IWHW, BOKU, Wien.

Nachtnebel, H.P. & Neuhold, C., 2008: Wasserwirtschaftliche Entwicklung in Überflutungsgebieten, Modul II – Risikobeurteilung, Amt der oberösterreichischen Landesregierung – Wasserwirtschaftliches Planungsorgan. IWHW, BOKU, Wien.

Nachtnebel, H.P.; Haberl, U. & Stanzel, Ph., 2009: Hydrologischer Endbericht zu Hochwasserprognose Salzach – HYDRIS II, IWHW, Boku, Wien

OcCC, 2007: Klimaänderungen und die Schweiz 2050. Erwartete Auswirkungen auf Umwelt, Gesellschaft und Wirtschaft. OcCC/ProClim, Bern, 168 S.

Penning-Rowsell, E.; Johnson, C. L.; Tunstall, S.; Tapsell, S.; Morris, J.; Chatterton, J.; Coker, A. & Green, C., 2003: The benefits of flood and coastal defence: techniques and data for 2003, Enfield: Middlesex University, Flood Hazard Research Centre.

Schanze, J., Hutter, G., Harries, T., Holzmann, H., Koeniger, P., Kuhlicke, C., Meyer, V., Nachtnebel, H.P., Neuhold, C., Olfert, A., Parker, D., Penning-Rowsell, E., Schildt, A., Werritty, A., 2008: Systematisation, evaluation and context conditions of structural and non-structural measures for flood risk reduction, FLOOD-ERA Joint Report, ERA-NET CRUE, London

SKI, 2009: Sanierung Untere Salzach, Bauabschnitt II, Detailprojekt Sohlabstufung Fkm 55,4. Anlage 1: Erläuterungsbericht.

Singh, V.P. & Strupczewski, W.G.; 2002: On the status of flood frequency analysis. Invited Commentary, Hydrological Processes, 16, 3737-3740

Smitz, K. & Ward, R. (1998): Floods-Physical Processes and Human Impacts. Chichester: John Wiley & Sons

Staudinger, B., 2008: HQ_{500} Salzach unterhalb Mündung Saalach, Gutachten im Auftrag des IWHW, Boku

Waddle, T.J., ed. 2001. PHABSIM for Windows: user's manual and exercises: U.S. Geological Survey Open-File Report 01-340. 288 p.

Warnecke, W. 2004: Marktgemeinde Walding – Kosten-Nutzen Untersuchung Hochwasserschutz Baumschulsiedlung

WBGU, 1999: Wissenschaftlicher Beirat Globale Umweltveränderungen, Welt im Wandel: Wege zu einem nachhaltigen Umgang mit Süßwasser, Jahresgutachten 1997, Springer-Verlag, Berlin, 419 pp.

Zhang, Y.; 2006: Technical Report No. NCCHE-TR-2006-03, CCHE-GUI – Graphical Users Interface for NCCH Model, User´s Manual – Version 3.0, NCCHE, The University of Mississippi

Zhang, Y. & Jia, Y; 2007: Technical Report No. NCCHE-TR-2007-01, CCHE-Mesh: 2D Structured Generator, User´s Manual – Version 3.0, NCCHE, The University of Mississippi

Anhang

Visualisierung Überflutungstiefen Kainach

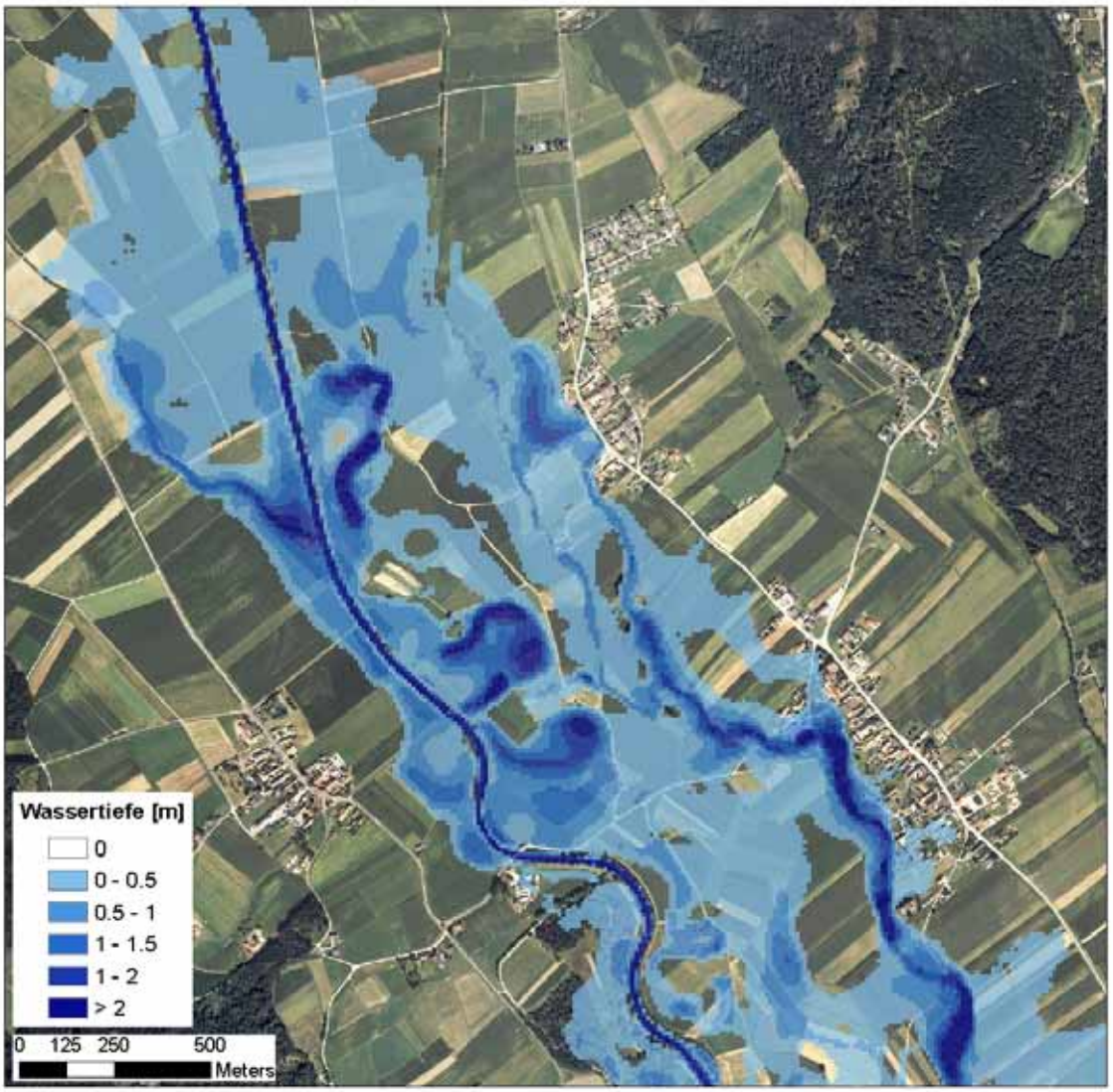


Abbildung 0.1 Überflutungstiefen HQ_{30} Kainach

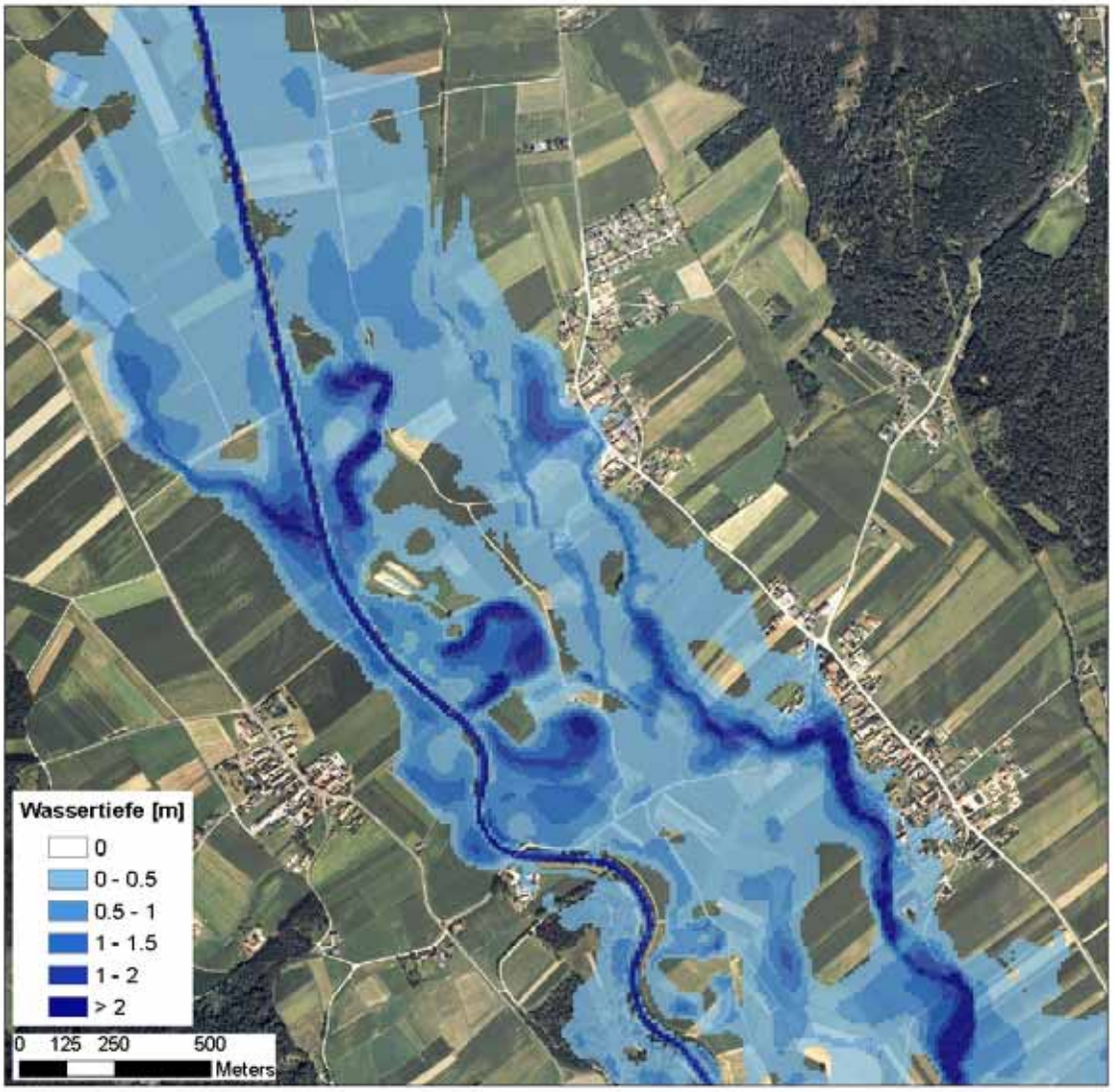


Abbildung 0.2 Überflutungstiefen HQ_{100} Kainach

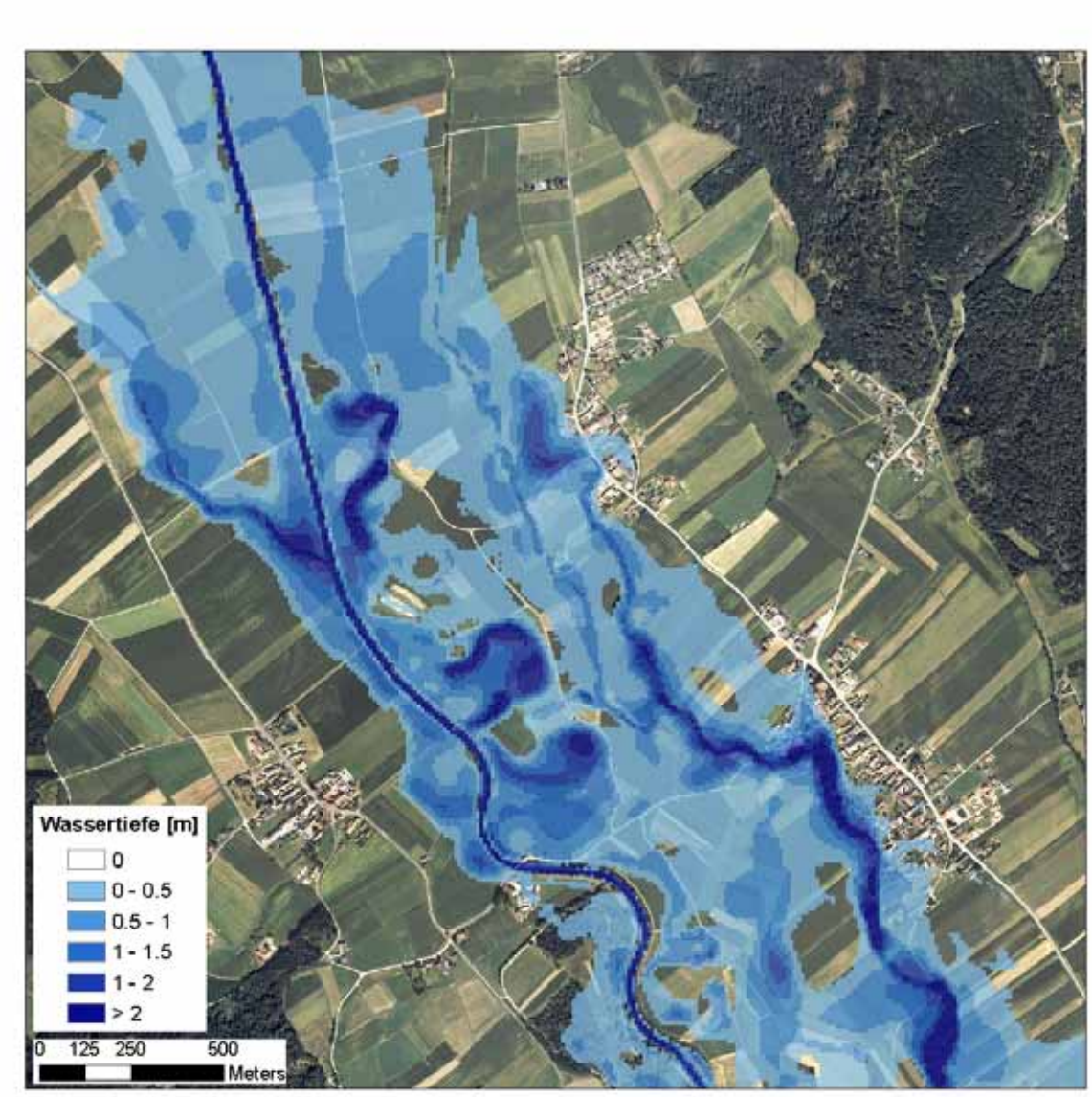


Abbildung 0.3 Überflutungstiefen HQ_{300} Kainach

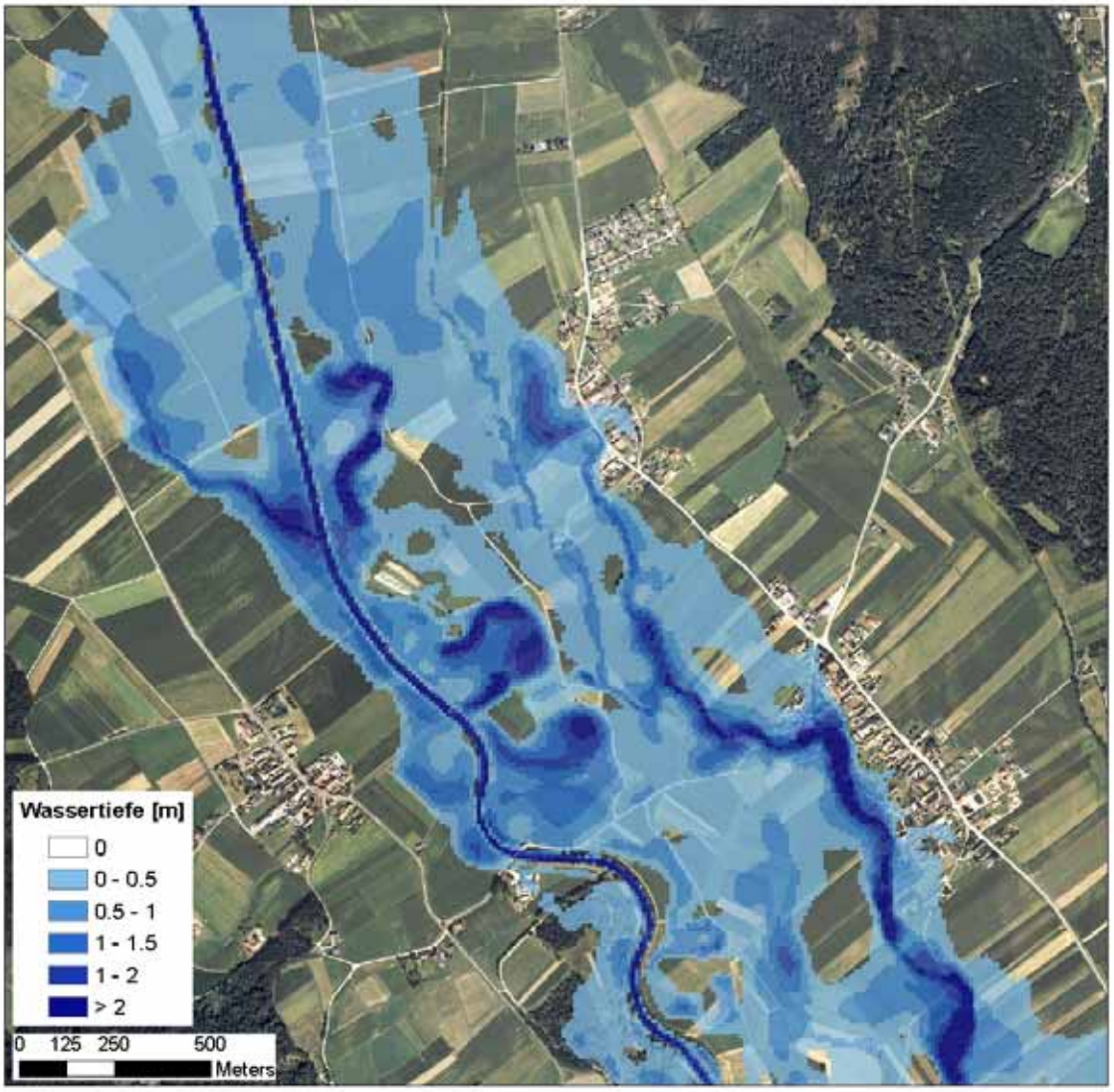


Abbildung 0.4 Überflutungstiefen HQ_{100}+ Kainach

Visualisierung Überflutungstiefen Lech

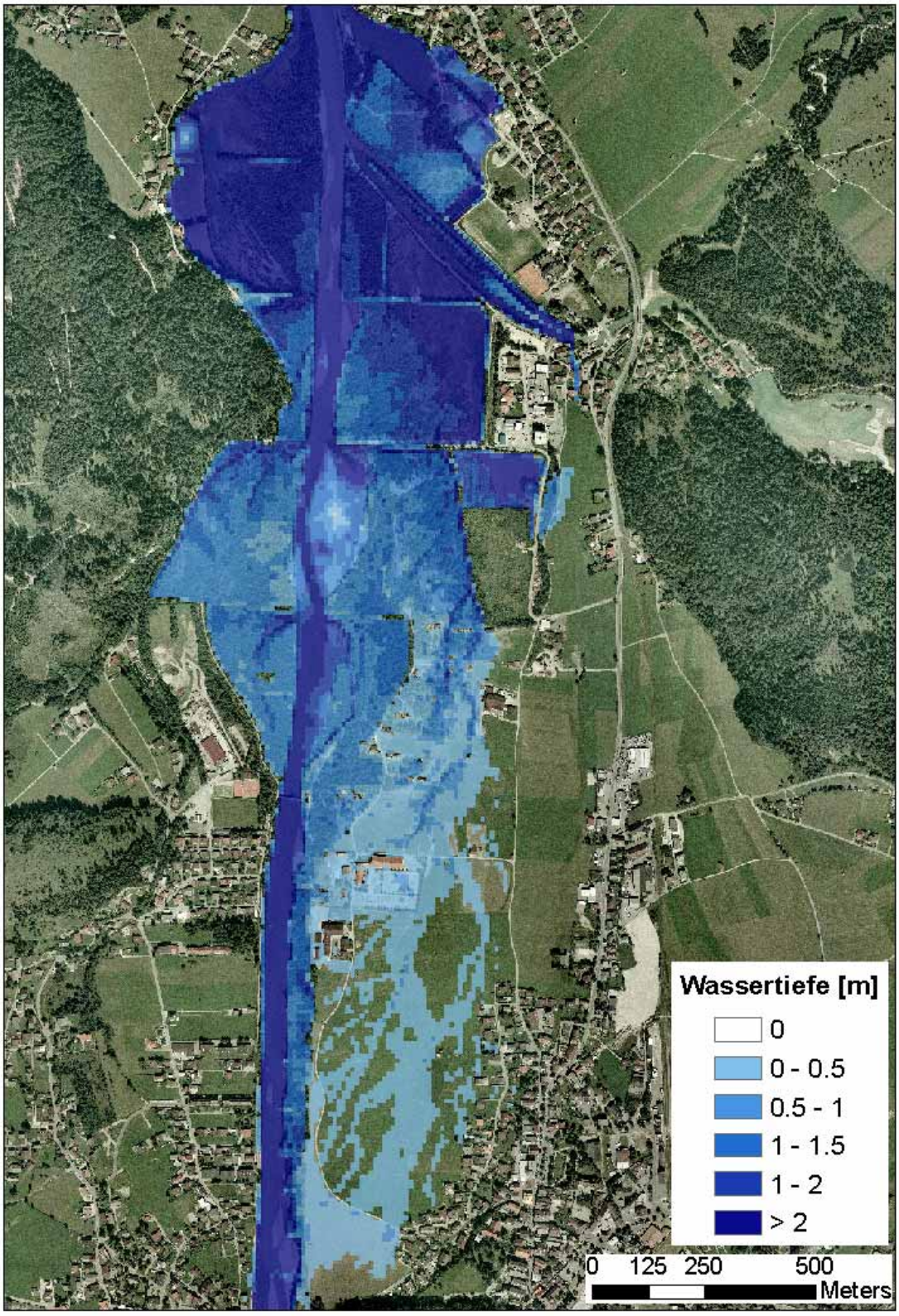


Abbildung 0.5 Überflutungstiefen Lech, HQ_{30} Lech

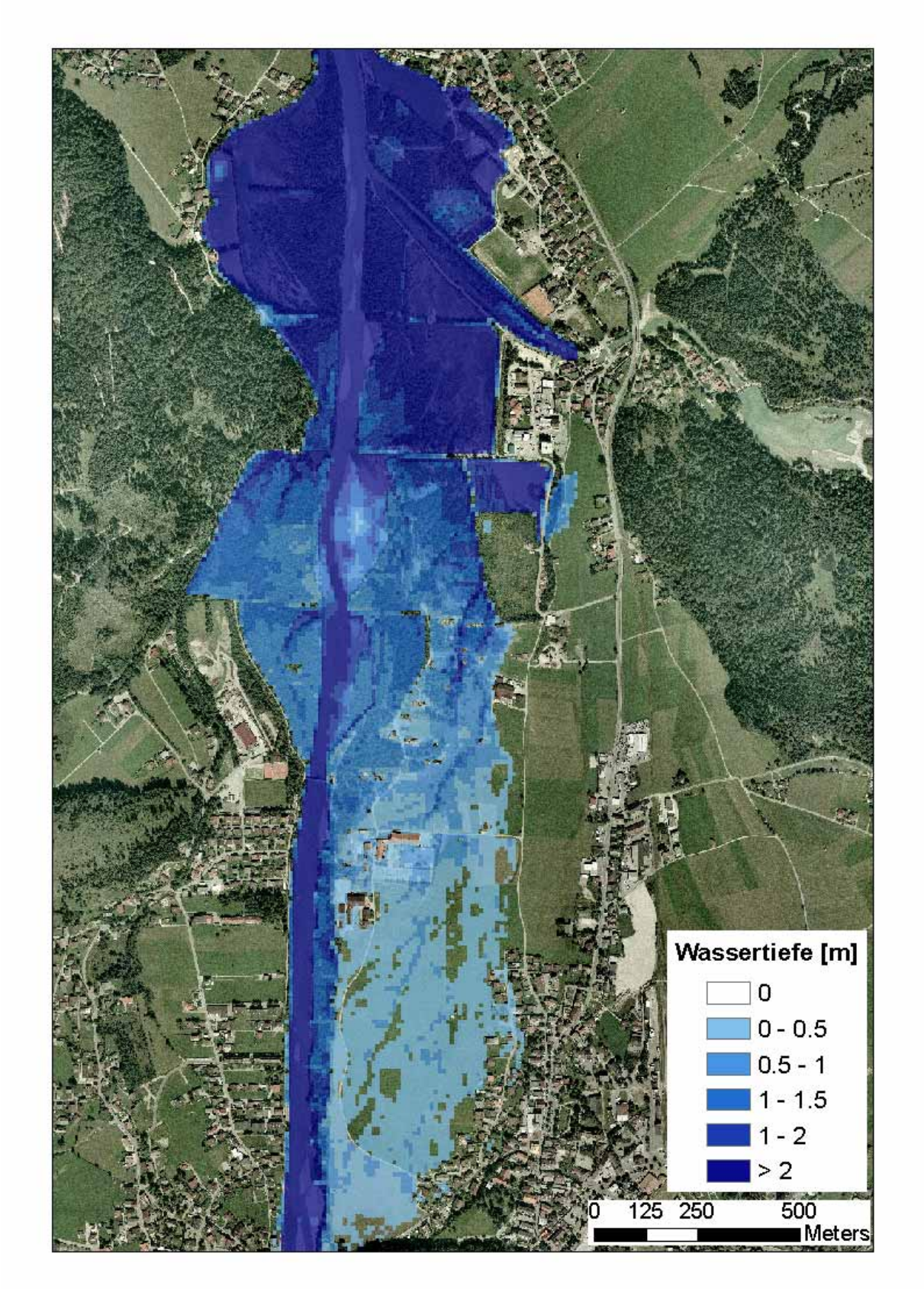


Abbildung 0.6 Überflutungstiefen Lech, HQ_{100} Lech

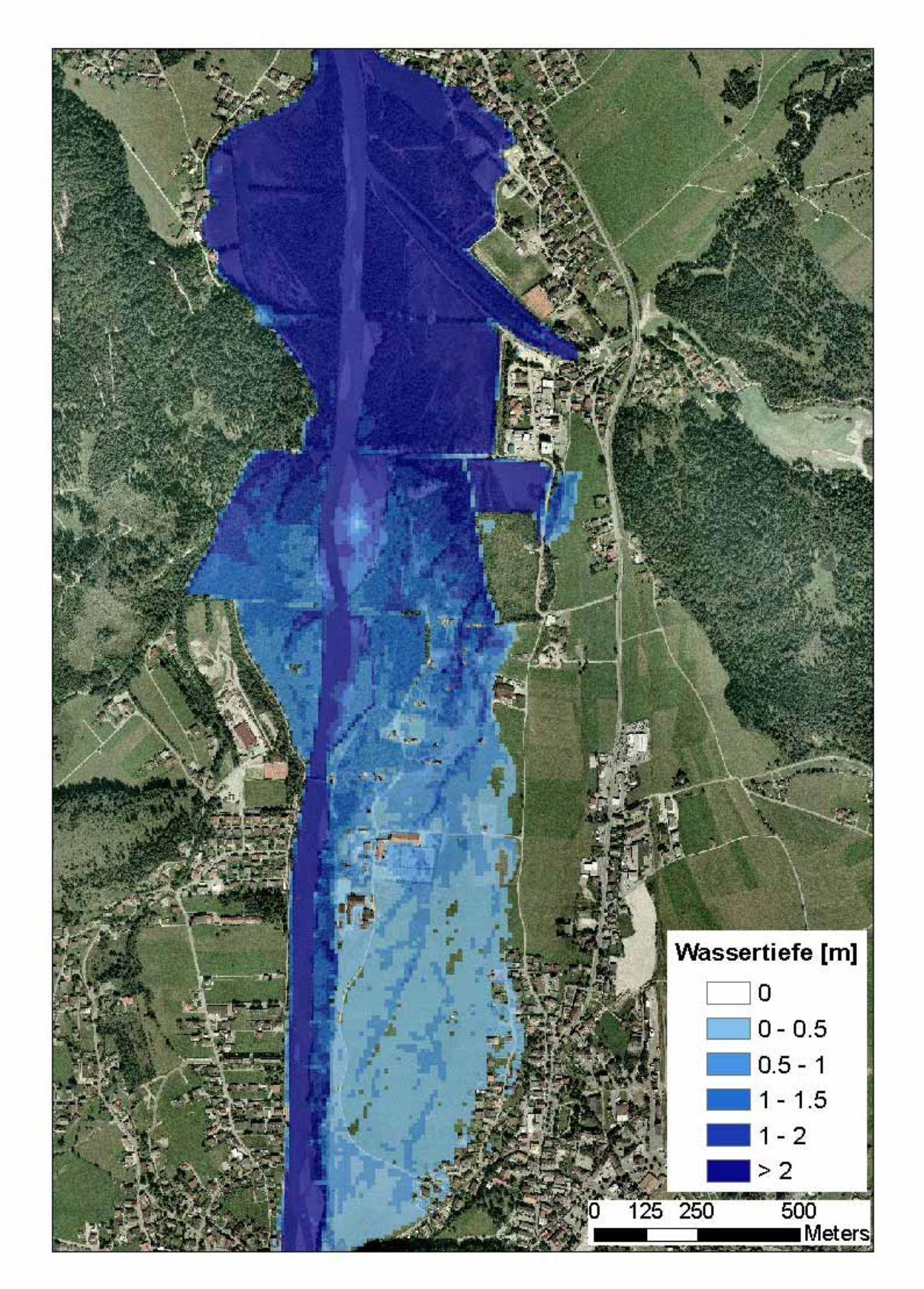


Abbildung 0.7 Überflutungstiefen Lech, HQ_{300} Lech

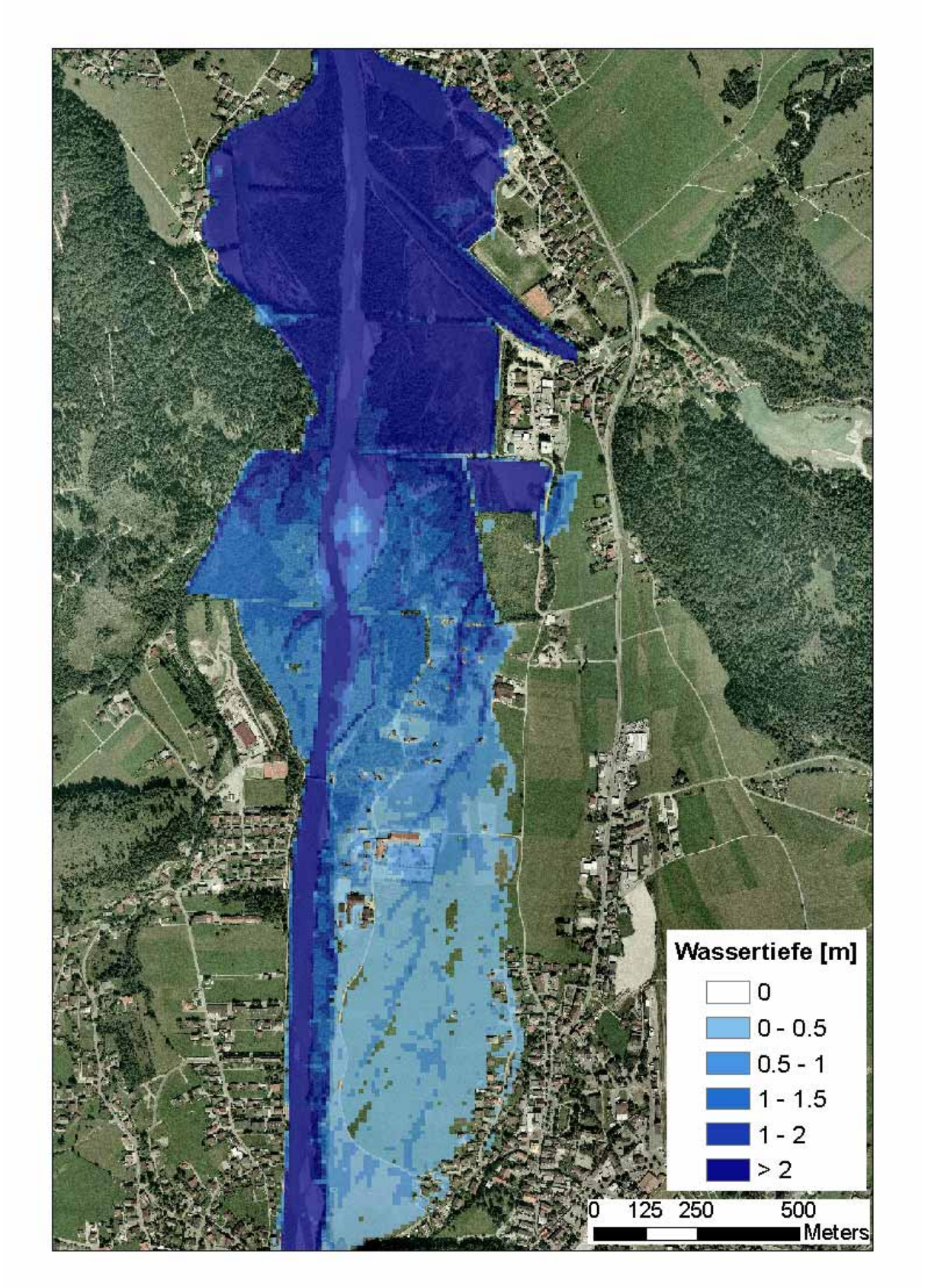


Abbildung 0.8 Überflutungstiefen Lech HQ_{100}+ Lech

Visualisierung Überflutungstiefen Fallstudie Salzach

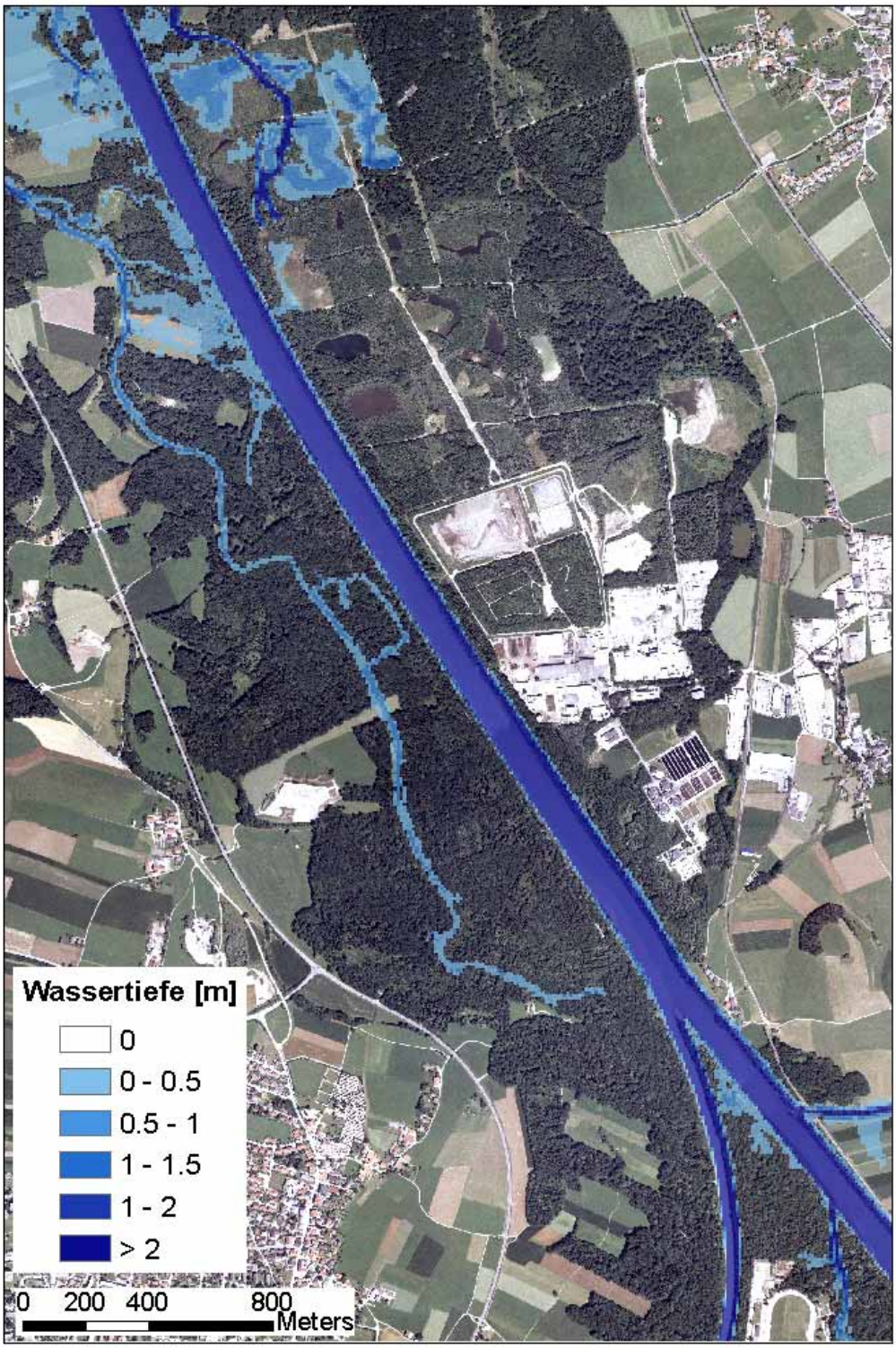


Abbildung 0.9 Überflutungstiefen HQ_{100} Salzach

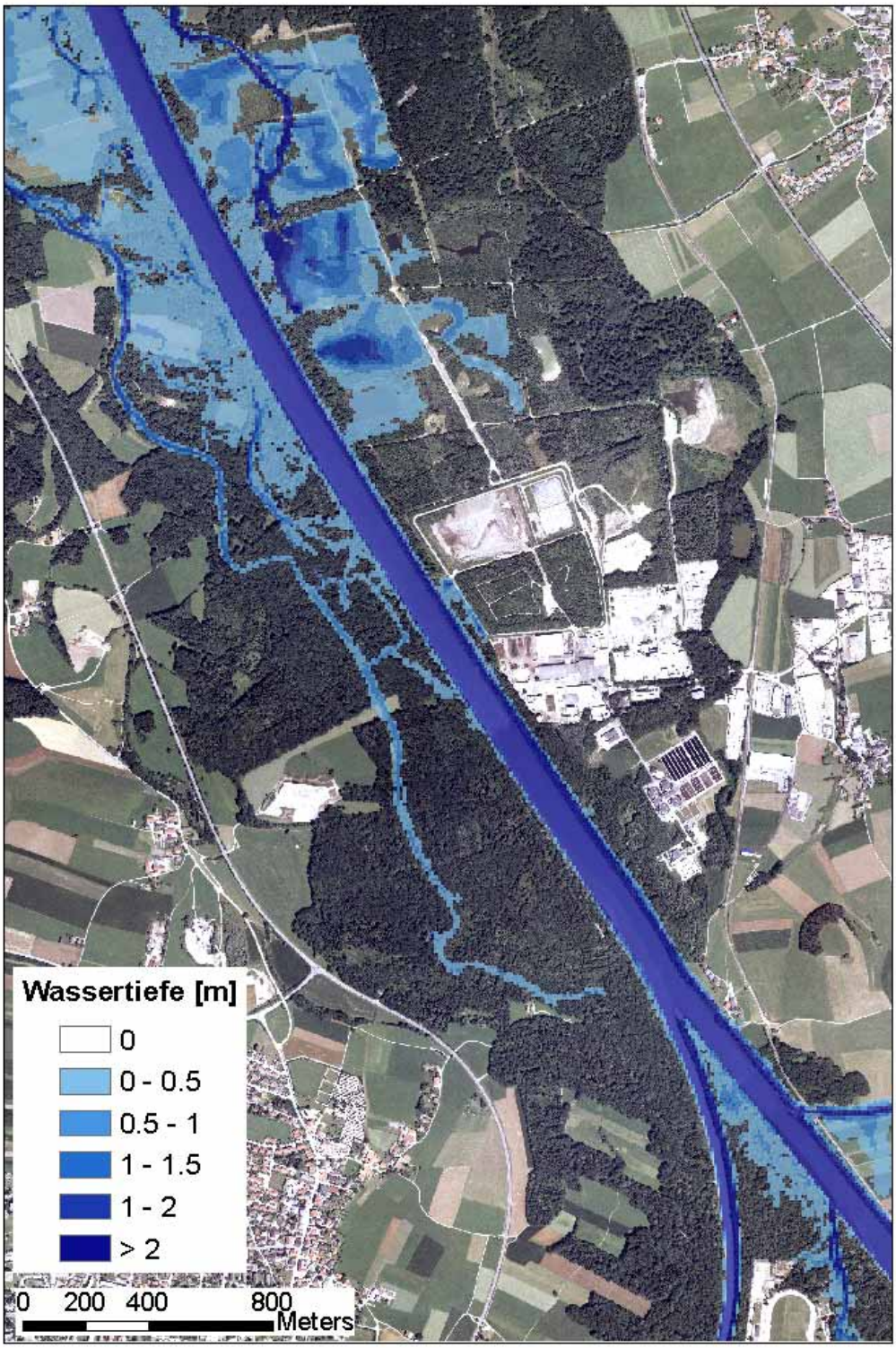


Abbildung 0.10 Überflutungstiefen HQ_{300} Salzach

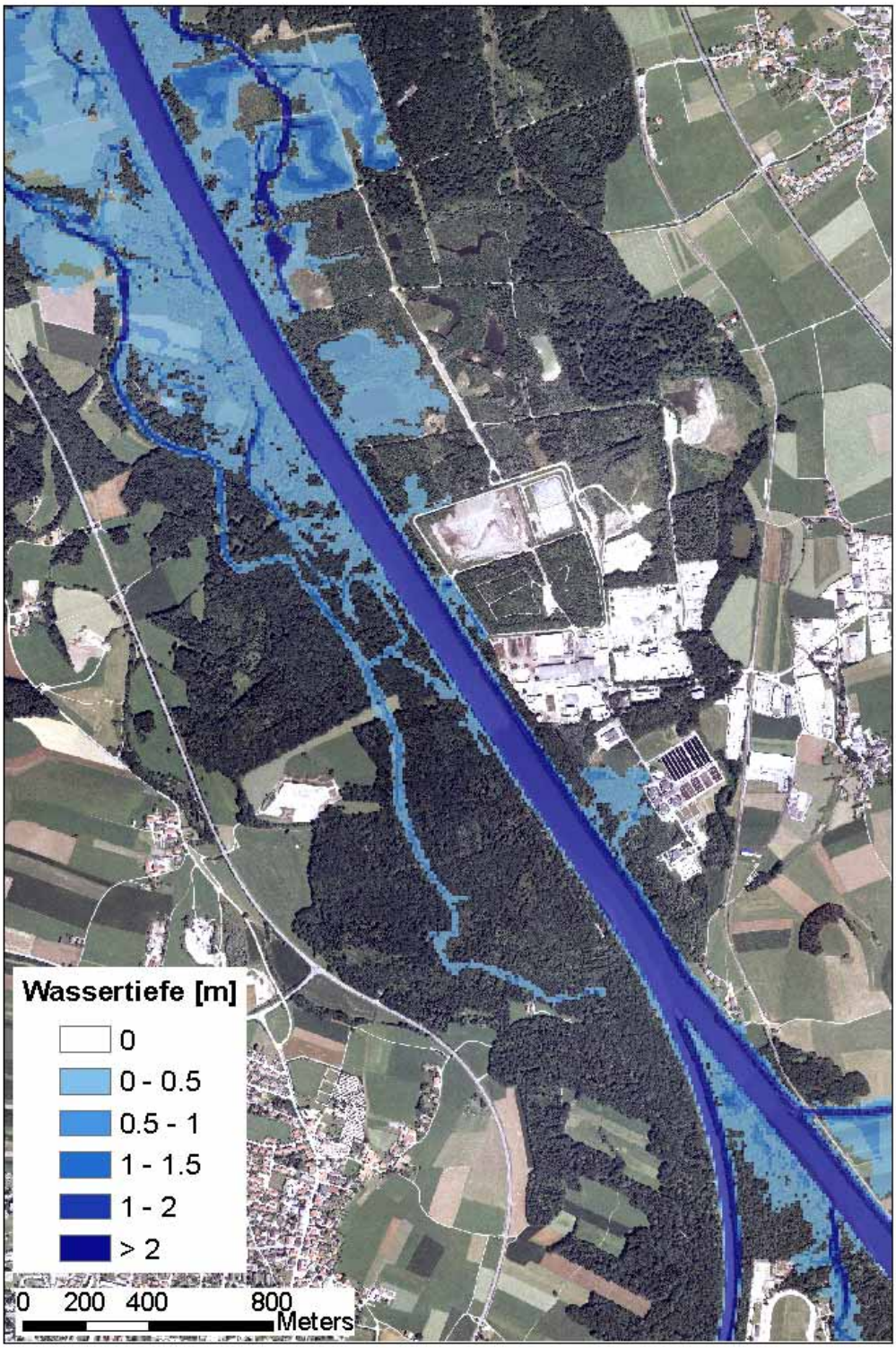


Abbildung 0.11 Überflutungstiefen HQ_{100}+ Salzach

Ergebnisse der Fallstudie „Verdachtsfläche Pflach am Lech“

	HQ30	HQ100	HQ300	HQ100+	HQ300+
Bewertungsparameter Wassertiefe					
Maximum [m]	1.50	1.58	1.64	1.63	1.69
Mittel [m]	1.06	1.14	1.17	1.16	1.22
betroffene Altablagerungsfläche, wo t>0 [m²]	13600	13700	13800	13800	13800
Anteil an Gesamtfläche [%]	98.6	99.3	100.0	100.0	100.0
Bewertungsparameter Fließgeschwindigkeit					
Maximum [m/s]	0.93	0.98	1.02	1.01	1.09
Mittel [m/s]	0.51	0.53	0.55	0.54	0.58
betroffene Altablagerungsfläche, wo v>0 [m²]	13600	13700	13800	13800	13800
Anteil an Gesamtfläche [%]	98.6	99.3	100.0	100.0	100.0
Bewertungsparameter Sohlschubspannung					
Maximum [N/m²]	10.06	10.60	22.21	28.58	114.05
Mittel [N/m²]	6.68	7.55	6.27	6.22	8.27
betroffene Altablagerungsfläche, wo t>0 [m²]	13600	13700	13800	13800	13800
Anteil an Gesamtfläche [%]	98.6	99.3	100.0	100.0	100.0
maximales Überflutungsvolumen [m³/s]	54.06	60.42	64.35	62.64	70.76

HQ_{30}

An Hand der Fallstudie Lech ist klar erkennbar, dass eine völlige Überflutung für alle betrachteten Szenarien berechnet wurde. Durch die Abflussberuhigung im Vorland kommt es zwar zum Einstau und somit zur Lösung von Schadstoffen, durch die niedrigen Fließgeschwindigkeiten und Sohlschubspannungen ist hingegen nicht mit wesentlichen Erosionen im HQ_{30} (Abbildung 0.12) und HQ_{100} (Abbildung 0.13) Fall zu rechnen.

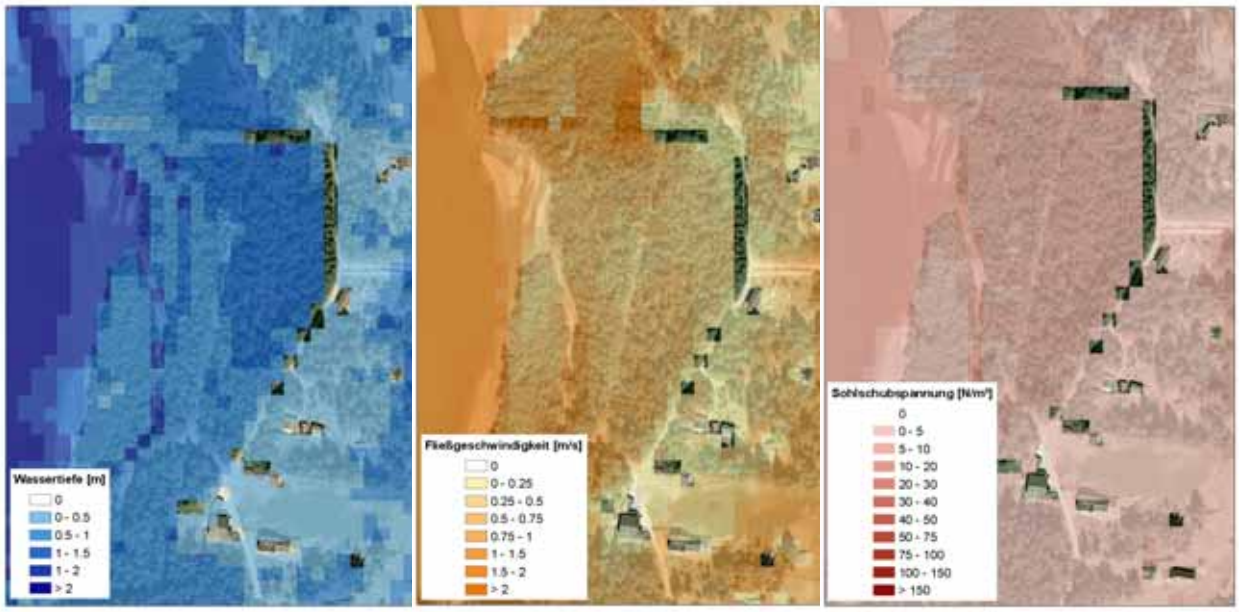


Abbildung 0.12 Beurteilungsparameter Überflutungstiefe, Fließgeschwindigkeit und Sohlschubspannung – HQ_{30}

HQ_{100}

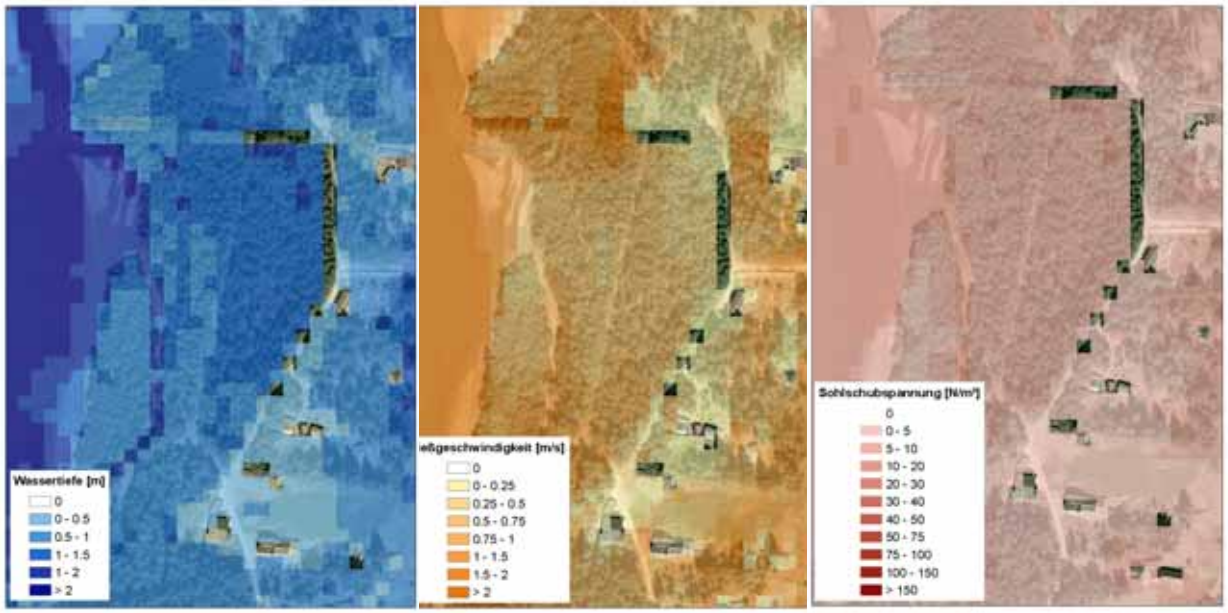


Abbildung 0.13 Beurteilungsparameter Überflutungstiefe, Fließgeschwindigkeit und Sohlschubspannung – HQ_{100}

HQ_{300}

Die Berechnungsergebnisse der Beurteilungsparameter für HQ_{300} (Abbildung 0.14), HQ_{100}+ (Abbildung 0.15) und HQ_{300}+(Abbildung 0.16) lassen hingegen den Schluss zu, dass es hier zu örtlich begrenzten Erosionen kommen kann und somit eine massive Beeinträchtigung der Unterlieger zu befürchten ist.

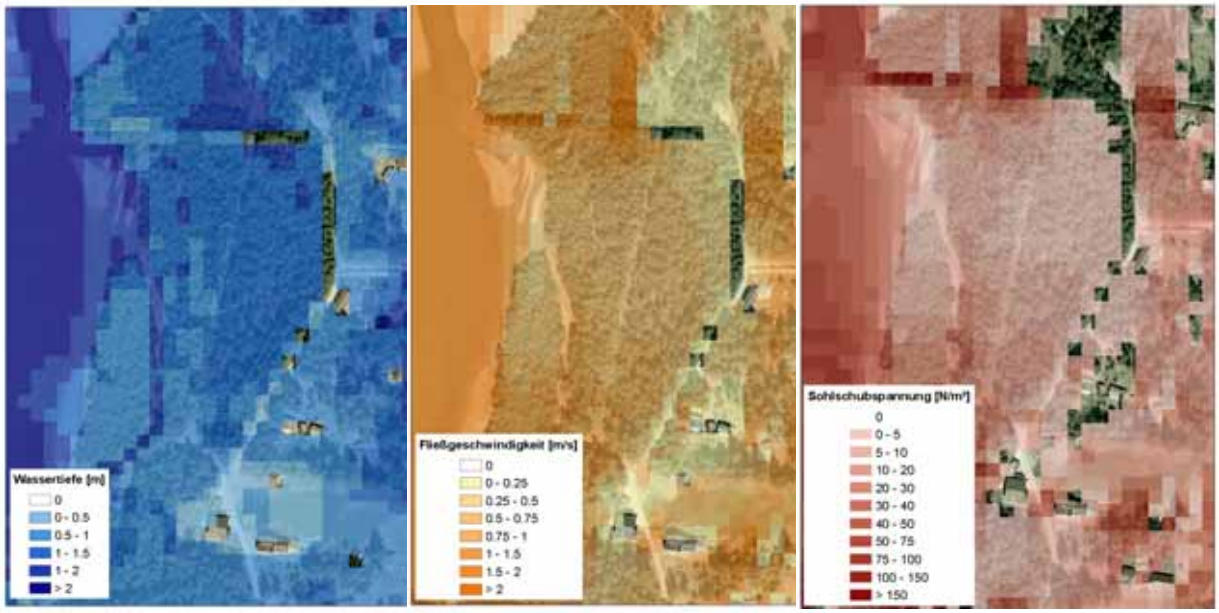


Abbildung 0.14 Beurteilungsparameter Überflutungstiefe, Fließgeschwindigkeit und Sohlschubspannung – HQ_{300}

HQ_{100}+

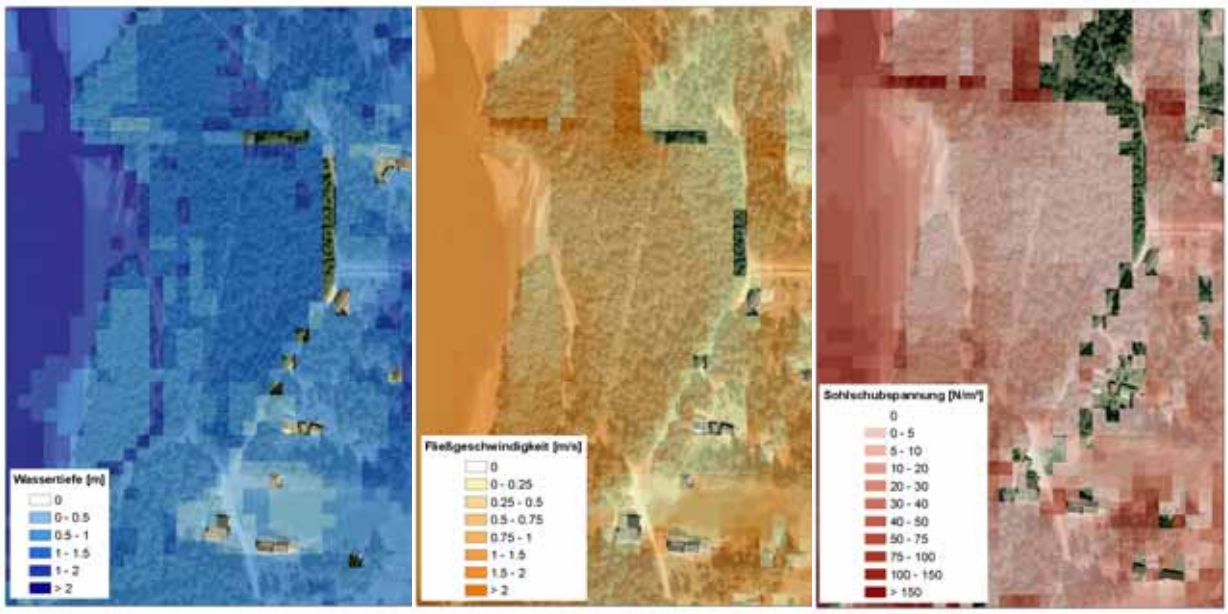


Abbildung 0.15 Beurteilungsparameter Überflutungstiefe, Fließgeschwindigkeit und Sohlschubspannung – HQ_{100}+

HQ_{300}+

Das HQ_{300}+ Szenario zeigt besonders deutlich, welche Kräfte im unmittelbaren Umland zum Fließgewässer Lech wirken können.

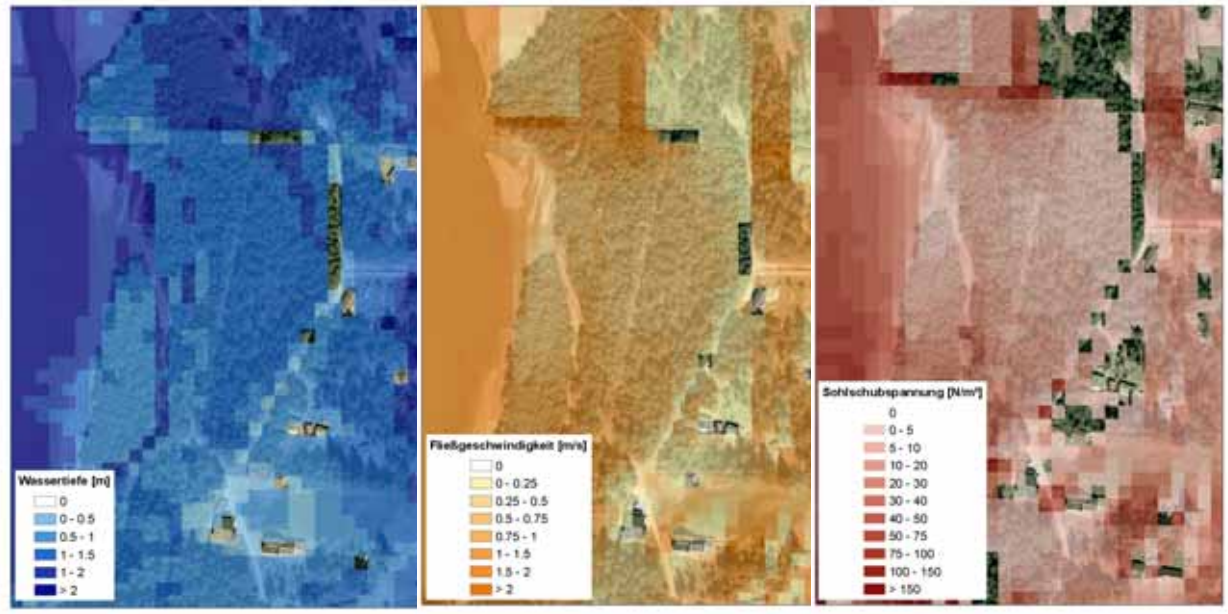


Abbildung 0.16 Beurteilungsparameter Überflutungstiefe, Fließgeschwindigkeit und Sohlschubspannung – HQ_{300}+

Gefährdung durch Deponien und Altablagerungen im Hochwasserfall - Risikoanalyse und Minimierung (GEDES)

Dokumentation zum Arbeitspaket 2

Finanz- und versicherungsmathematische Behandlung des Sicherheitsrisikos

Institut für Wirtschaftsmathematik

Barbara Dengler
Uwe Scmock

Gefördert im Zuge von KIRAS

Wien, 2009

Finanz- und versicherungsmathematische Behandlung des Sicherheitsrisikos

In diesem Teil des Projekts geht es darum, das monetäre Risiko möglichst genau zu beschreiben und Wege zur Absicherung dieses Risikos zu suchen. Ein zentrales Problem ist dabei die Seltenheit des Schadenfalls mit gleichzeitig sehr hoher erwarteter Schadenshöhe. Es muss untersucht werden, inwieweit bestehende Daten ausreichen, um eine Schadensverteilung schätzen zu können. Hilfreich können dabei statistische Methoden wie Bootstrapping oder Importance Sampling sein (siehe z.B. [2]). Auch wäre es wünschenswert, die bereits untersuchten Szenarios einzubinden.

Einen weiteren Lösungsansatz zur Beschreibung dieser Risikosituation bietet die Extremwerttheorie. Sie ermöglicht in vielen Fällen, Risiken, die sehr selten auftreten aber dafür einen hohen Schaden verursachen, in der Schätzung der Schadensverteilung zu berücksichtigen, auch wenn sie in der Datenhistorie sehr selten oder gar nicht auftreten. Hierbei ist ein Standardverfahren die „Peaks Over Threshold“-Methode (POT), die darauf beruht, dass unter bestimmten Bedingungen die Schadenshöhen, die eine festgelegte, ausreichend hoch angesetzte Grenze überschreiten, gut durch eine verallgemeinerte Pareto-Verteilung approximiert werden können. Eine Einführung dazu findet sich in [5]. In weiterführenden Arbeiten werden beispielsweise auch Trends berücksichtigt, siehe z.B. [13].

Für eine umfassende Risikoeinschätzung wird es nicht ausreichen, den erwarteten Schaden zu ermitteln. Die Literatur bietet dazu eine Vielfalt an Risikomaßen, die weit über die Varianz und Standardabweichung hinausgehen. Konzepte wie Kohärenz (siehe [1]) und Konvexität (siehe [6]) wurden entwickelt, um bestimmte wünschenswerte Eigenschaften der Risikomaße sicherzustellen.

Ist die Risikosituation klar beschrieben, geht es darum zu entscheiden, wie man mit dem Risiko umgehen möchte. Dabei gibt es unter anderem die Möglichkeiten der Versicherung, der Fondsbildung, der Risikoteilung und der Verbriefung von Risiken am Finanzmarkt. Auch muss untersucht werden, ob Risiken reduziert oder vermieden werden können und welche Kosten dies verursacht. Am Ende wird es wohl interessant werden, die verschiedenen Möglichkeiten geschickt zu kombinieren, um eine bestimmte Risikoposition zu realisieren.

Das Ziel einer Versicherung ist für den Versicherungsnehmer, seine eigenen stochastischen Zahlungsströme gegen deterministische einzutauschen. Dabei ist es wichtig, die übernommenen Risiken genau zu definieren und die Gestaltungsmöglichkeiten des Vertrages festzulegen. Dazu gehört die Vereinbarung eines Selbstbehalts und einer Haftungsobergrenze, um die Prämien niedrig zu halten und das Risiko für den Versicherer tragbar zu machen. Der Selbstbehalt trägt auch dazu bei, Moral Hazard, also eine Verhaltensänderung des Versicherungsnehmers nach Risikowegfall, zu vermeiden. Auch die Art der fixen Zahlungen muss bestimmt werden, wobei man grundsätzlich zwischen Einmalprämie und laufenden Prämien unterscheidet. Die Ermittlung einer fairen Prämie unter Berücksichtigung von angemessenen Sicherheiten ist dann Aufgabe des Aktuars.

Im Fall der Versicherung von Schäden einer Deponie sollte hier die Schwierigkeit der Schadenreservierung extra erwähnt werden. Versicherungsschäden werden immer dem Jahr zugeordnet, in dem sie verursacht wurden, auch wenn ihre Höhe oder eventuell sogar ihr Auftreten erst in den folgenden Jahren bekannt wird (Spätschäden). Daher muss der Versicherer jedes Jahr auch für die Schadensansprüche Mittel bereit halten, die zwar noch nicht bekannt sind aber schon verursacht wurden, er muss eine Schadenreservierung veranlassen. Besondere Probleme bereiten hier Spätschäden, bei denen zwischen dem Zeitpunkt des Schadenfalls und der Festlegung der Schadenshöhe sehr viele Jahre liegen, wie es beispielsweise bei Umweltschäden der Fall sein kann. Geeignete Möglichkeiten zur Abschätzung der Schadenreservierung sind also zu ermitteln, siehe dazu z.B. [10] oder [15].

Eine weitere Problematik der Versicherung tritt dann auf, wenn ein Versicherungsunternehmen mehrere Deponien in seinem Portfolio hat und diese nicht ausreichend diversifiziert sind. Grundsätzlich basiert die Idee der Versichung auf Diversifikation, genauer auf zeitlicher Diversifikation, falls die Schäden einzelner Versicherungsnehmer sehr wahrscheinlich zu unterschiedlichen Zeitpunkten auftreten und sich somit ein Ausgleich über die Zeit ergibt, und auf Diversifikation bezüglich der Schadenshöhe, so dass die mittlere Schadenshöhe des Kollektivs ungefähr konstant bleibt. Die zweite Art der Diversifikation wird bei der Versicherung von seltenen Ereignissen mit großen Schadenshöhen nur schwer zu erreichen sein, dafür ist es umso wichtiger, auf die zeitliche Diversifikation zu achten. Diese ist allerdings nicht mehr gegeben, wenn die Risiken positiv korreliert sind, beispielsweise weil ein Ereignis Schäden bei vielen Versicherungsnehmern verursachen kann so dass viele große Schäden zeitlich zusammenfallen und der Versicherer in Liquiditätsprobleme geraten kann. Es ist also auf jeden Fall erforderlich, dass entweder eine ausreichende Diversifikation im Portfolio vorhanden ist oder dass die Gefahr eines kumulierten Schadenereignisses in der

Kalkulation berücksichtigt ist. Mathematisch kann diese Fragestellung beispielsweise mit Hilfe von Copulas (siehe z.B. [9]) oder mit multivariater Extremwerttheorie (siehe z.B. [4]) bearbeitet werden.

Die Kosten einer Versicherung für eine Deponie werden auch davon abhängen, welche Möglichkeiten der Versicherer selbst wiederum hat, Teile des Risikos weiterzugeben. Eine klassische Möglichkeit bietet hier die Rückversicherung, wobei zwischen proportionaler und nichtproportionaler Rückversicherung unterschieden wird. Das Risiko kann auf diese Art auch auf eine Vielzahl von Erst- und Rückversicherern aufgeteilt werden. Jeder Erst- und Rückversicherer hat außerdem die Möglichkeit, bestimmte Teile des Risikos zu verbriefen und damit am Finanzmarkt weiterzugeben, siehe dazu den entsprechenden Abschnitt in diesem Bericht.

Mit Hilfe einer Versicherung wird niemals das gesamte Risiko abgedeckt werden können. Neben den Risiken durch den Selbstbehalt und die Haftungsobergrenze besteht auch ein Gegenparteirisiko, da Versicherer ausfallen können. Dieses Restrisiko müssen sich Deponiebetreiber und Gebietskörperschaften teilen. Dabei ist zu untersuchen, wie solch eine Risikoteilung aussehen kann. Theoretische Ausführungen dazu finden sich beispielsweise in [3] oder in [8].

Zur Absicherung der Deponie müssen also zum einen regelmäßige Zahlungen an Versicherer geleistet werden und zum anderen fallen im Schadensfall weitere Zahlungen an. Um Liquiditätsengpässe zu vermeiden wäre es denkbar, einen Fonds einzurichten. Dieser Fonds könnte beispielsweise durch Gebühren gespeist werden, die zu Lasten der Lieferanten des zu deponierenden Materials erhoben werden. Aus diesem Fonds können dann die fälligen Zahlungen geleistet werden. Da diese allerdings zum Teil stochastisch sind, ist es möglich, dass die fälligen Zahlungen das Vermögen des Fonds übersteigen. Die Wahrscheinlichkeit eines solchen Ruins sollte möglichst klein sein. Überlegungen zu diesem Thema finden sich in der Risiko- und Ruintheorie (siehe z.B. [11]).

Um alle möglichen Strategien des Deponiebetreibers zu berücksichtigen, sollten auch Realoptionen ausgewertet werden. Realoptionen begründen sich auf der Idee, dass Flexibilität einen Wert hat (siehe [14]). Dies ist vorallem wichtig, falls heutige Entscheidungen noch unter großer Unsicherheit getroffen werden müssen. Wenn dann eine Option auf Änderung der Strategien eingebaut ist, durch die die Aktionen an veränderte Rahmenbedingungen angepasst werden können, so hat dies einen Wert für das Unternehmen. Eine Realoption

des Deponiebetreibers wäre es beispielsweise, bauliche Maßnahmen zu ergreifen, falls die Risikoexponiertheit steigt, um dadurch eine Prämienerhöhung der abgeschlossenen Versicherung zu vermeiden.

Risiken können auch verbrieft und so über die Finanzmärkte weitergegeben werden. Ein Beispiel findet sich in [12], wo ein Versicherungsunternehmen eine Anleihe ausgibt, bei der die Zinszahlung aber bei einem hohen Schadensfall durch Hagel oder Sturm ausgesetzt wird. Der Überbegriff für das Deponieren von Risiken am Finanzmarkt ist Alternative Risk Transfer (ART). Er erweitert die Grenzen der Versicherbarkeit und ist vorallem in Zeiten hoher Versicherungsprämien (sogenannter Hard-Market-Phasen) interessant. Die Motivation für Anleger am Finanzmarkt in solche Produkte zu investieren, ist die Möglichkeit einer weiteren Diversifikation, da die versicherungstechnischen Ereignisse, die diese Produkte beeinflussen, oft wenig Abhängigkeit mit den generellen Entwicklungen am Finanzmarkt aufweisen. In unserem Fall sind vorallem Insurance Linked Securities interessant, speziell Cat Bonds, die der Sachversicherung zur Absicherung von Katastrophen dienen (siehe [7]).

Literatur

[1] Artzner, P., F. Delbaen, J.-M. Eber, D. Heath: Coherent Measures of Risk. Mathematical Finance 9, No. 3, 203–228, 1999.

[2] Bucklew, J.A.: Introduction to Rare Event Simulation. New York: Springer 2004.

[3] Bühlmann, H., S. Jewell: Optimal risk exchanges. Astin Bulletin 10, 243–262, 1979.

[4] De Haan, L., A. Ferreira: Extreme Value Theory – an Introduction. New York: Springer 2006.

[5] Embrechts, P., C. Klüppelberg, T. Mikosch: Modelling Extremal Events for Insurance and Finance. Berlin Heidelberg: Springer 1997.

[6] Föllmer, H., A. Schied: Convex measures of risk and trading constraints. Finance and Stochastics 6, 429–448, 2002.

[7] Holzheu, T., K. Karl, M. Raturi: Alternativer Risikotransfer – eine Bestandsaufnahme. Sigma (Hrsg. Swiss Re), Nr. 1, 2003.

[8] Jouini, E., W. Schachermayer, N. Touzi: Optimal risk sharing for law invariant monetary utility functions. Mathematical Finance, Vol. 18, No. 2, 269–292, 2008.

[9] Nelsen, R.B.: An Introduction to Copulas, Second Edition. New York: Springer 2006.

[10] Radtke, M., K.D. Schmidt: Handbuch zur Schadenreservierung. Karlsruhe: Verlag Versicherungswirtschaft GmbH 2004.

[11] Rolski,T., H. Schmidli, V. Schmidt, J. Teugels: Stochastic Processes for Insurance and Finance. Chichester: John Wiley 1999.

[12] Schmock, U.: Estimating the Value of the WinCAT Coupons of the Winterthur Insurance Convertible Bond: A Study of the Model Risk. Astin Bulletin, Vol. 29, No.1, 101–163, 1999.

[13] Smith, R.L.: Extreme Value Analysis of Environmental Time Series: An Application to Trend Detection in Ground-Level Ozone. Statistical Science, Vol 4, No. 4, 367–393, 1989.

[14] Trigeorgis, L.: Real Options – Managerial Flexibility and Strategy in Resource Allocation. Cambridge: The MIT Press 1998.

[15] Wüthrich, M.V., M. Merz: Stochastic Claims Reserving Methods in Insurance. Chichester: John Wiley 2008.