optirisk

DIE STÄDTEBAULICHE OPTIMIERUNG VON STANDORTENTWICKLUNGSKONZEPTEN FÜR BELASTETE GRUNDSTÜCKE

AUF DER GRUNDLAGE DER IDENTIFIZIERUNG UND MONETARISIERUNG BEHEBUNGSPFLICHTIGER UND INVESTITIONSHEMMENDER RISIKEN

1. PROJEKTBERICHT
2. MESOTES: IDENTIFIZIERUNG UND MONETARISIERUNG ÖKOLOGISCHER RISIKEN AUF URBANEN STANDORTEN
3. MODELLSTANDORT A: ROTASYM, PÖßNECK
4. MODELLSTANDORT B: WGT-STANDORT FORST, JENA
5. MODELLSTANDORT C: WGT-STANDORT TANKLAGER, JENA
6. MODELLSTANDORT D: WEIMAR-WERK, BAD LOBENSTEIN
7. MODELLSTANDORT E: GÜTERBAHNHOF, SONNEBERG
8. MODELLSTANDORT F: TEERBECKEN, SÄTTELSTÄDT

REFINA: FORSCHUNG FÜR DIE REDUZIERUNG DER FLÄCHEN-INANSPRUCHNAHME UND EIN NACHHALTIGES FLÄCHENMANAGEMENT

Mesotes [*mäsòtäß*] (griech. *‚Mitte'*), auch: Maß halten, ist ein Terminus der antiken Philosophie, der durch Aristoteles systematisch in die Ethik eingeführt wurde. Es bezeichnet laut Aristoteles die Stellung einer Tugend zwischen zwei einander entgegengesetzten Untugenden, dem *‚Zuviel'* und dem *‚Zuwenig'*.

Im Zusammenhang mit dieser Arbeit steht Mesotes für die Wahrung der Verhältnismäßigkeit von Maßnahmen.

Impressum

Projekt	optirisk	*‚Die städtebauliche Optimierung von Standortentwicklungskonzepten belasteter Grundstücke auf der Grundlage der Identifizierung und Monetarisierung behebungspflichtiger und investitionshemmender Risiken'* Förderkennzeichen 0330741
Verbundpartner	JENA GEOS Ingenieurbüro GmbH	JENA-GEOS®-Ingenieurbüro GmbH Saalbahnhofstraße 25c 07743 Jena
	LEG THÜRINGEN	LEG Landesentwicklungsgesellschaft Thüringen mbH Mainzerhofstraße 12 99084 Erfurt
	Bauhaus-Universität Weimar	Bauhaus Universität Weimar Raumplanung und Raumforschung 99421 Weimar
im Rahmen des Forschungsvorhabens	REFINA gefördert vom BMBF	*‚Forschung für die Reduzierung der Flächeninanspruchnahme und ein nachhaltiges Flächenmanagement'*
unter Federführung	Bundesministerium für Bildung und Forschung	des Bundesministeriums für Bildung und Forschung
und unter Mitwirkung	Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung	des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung
	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit	des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
Projektträgerschaft	PtJ Projektträger Jülich Forschungszentrum Jülich	Projektträger Jülich
Projektübergreifende Begleitung	difu	Deutsches Institut für Urbanistik

optirisk wird ausdrücklich unterstützt		
	vom Thüringer Ministerium für Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt, von der Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie, dem Staatlichen Umweltamt Gera, der kreisfreien Stadt Jena, von den Städten Bad Lobenstein, Pößneck und Sonneberg, der Verwaltungsgemeinde Hörselberg-Hainich, der GESA Gesellschaft zur Entwicklung und Sanierung von Altstandorten mbH	
Autoren		JENA-GEOS®-Ingenieurbüro GmbH Dr. rer. nat. Kersten Roselt Dipl.-Geol. Andreas Schaubs
Co - Autoren		Dr. rer. nat. Gerold Hesse Dipl.-Ing. agr. Christoph Scheibert B.Sc. geogr. Anika Homuth Dipl.-Ing. Clemens Bormann Dipl.-Geol. J. Schmidt
Redaktion:		Dr. rer. nat. Kersten Roselt
Bearbeitungs-zeitraum:	07 / 2006 – 08 / 2009	

Inhaltsverzeichnis

1. Vorbemerkung und Einordnung der Arbeit ... 8
1.1. REFINA und **optirisk** ... 8
1.2. Ziele und wesentliche Inhalte des Vorhabens **optirisk** ... 9
2. Prognose des Haftungs- / Inanspruchnahmerisikos ... 11
2.1. Aktueller Stand und grundlegende Methodik ... 11
2.2. Verpflichtungstypen ... 13
2.2.1. Privatrechtlich begründbare Ansprüche ... 13
2.2.1.1. Vom Standort auf Nachbarschaftsgrundstücke ausgehende nachteilige Auswirkungen ... 13
2.2.1.1.1. Grenzen ... 13
2.2.1.1.2. Netze der technischen Infrastruktur ... 13
2.2.1.1.3. Gebäude / Anlagen ... 13
2.2.1.1.4. Umwelt ... 13
2.2.1.1.5. Weitere nachteilige Auswirkungen ... 14
2.2.1.2. Verpflichtungen des Grundstückseigentümers aus privatrechtlich vertraglichem Grund ... 14
2.2.2. Verpflichtungen im Rahmen der öffentlich-rechtlichen Verantwortung und der Rechtspflichten des Grundstücksbesitzers ... 14
2.2.2.1. Verpflichtungsgrundtyp bestandskräftige Anordnung ... 14
2.2.2.2. Verpflichtungsgrundtyp behebungspflichtige ökologische Lasten ... 14
2.2.2.2.1. Verpflichtungstyp Gefahrenerforschungsmaßnahmen ... 15
2.2.2.2.2. Verpflichtungstyp Gefahrenabwehr ... 15
2.2.2.3. Verpflichtungsgrundtyp Rekultivierung / Stilllegung von Altablagerungen / Deponien ... 17
2.2.2.4. Verpflichtungsgrundtyp Abfallentsorgung ... 18
2.2.2.5. Verpflichtungsgrundtyp Anlagenverwahrung gem. WHG ... 18
2.2.2.6. Verpflichtungsgrundtyp Bergrecht ... 18
2.2.2.7. Verpflichtungsgrundtyp Atomrecht ... 19
2.2.2.8. Verpflichtungsgrundtyp öffentlich-rechtlicher Vertrag ... 19
2.3. Definition des Ist-Zustandes: Standortbezogene rechtliche Konkretisierung von Haftungs- / Inanspruchnahmerisiken – Prüftabelle – ... 20
2.4. Rechtliche Konkretisierung des tolerablen Sollzustandes und Ableitung geeigneter Maßnahmen zu seiner Erreichung ... 23
2.4.1. Vorbemerkung ... 23
2.4.2. Umsetzung der Grundsätze der Verhältnismäßigkeit und der Nachhaltigkeit in der Altlastensanierung - aktueller Stand und Problematik ... 24
2.4.3. Lösungsprinzip eines risikobasierten Prüfsystems ... 25
2.4.3.1. Grundprinzip ... 25
2.4.3.2. Schutzgutbezogene Graduierung der Risikofaktoren ... 26
2.4.3.3. Prinzipielle Ableitung verhältnismäßiger Maßnahmen ... 27
2.4.4. Umsetzung des Verhältnismäßigkeitsgrundsatzes bei bodenschutzbezogenen Sanierungsmaßnahmen ... 28
2.4.4.1. Einstufung / Graduierung bodenschutzbezogener Risikofaktoren ... 28
2.4.4.2. Prüfmatrix: Graduierung der Beeinträchtigung der jeweiligen Bodenfunktion 54
2.4.4.3. Darstellung der Methodik an einem konkreten Beispiel ... 55
2.4.4.4. Statistische Auswertung der Relevanz- und Beeinträchtigungsprüfung von Bodenfunktionen anhand von Standorten aus dem Begutachtungsportfolio der JENA-GEOS®-Ingenieurbüro GmbH ... 60
2.4.4.5. Ausblick auf die Umsetzung bodenschutzrechtlicher Verhältnismäßigkeitserwägungen im EU-Recht ... 66
2.4.5. Umsetzung des Verhältnismäßigkeitsgrundsatzes bei Sanierungsmaßnahmen zum Schutz der Oberflächengewässer ... 67

2.4.5.1. Einstufung / Graduierung gewässerschutzbezogener Risikofaktoren.....67
2.4.5.2. Prüfmatrix: Ableitung der Risikoklasse für ein betroffenes Oberflächengewässer 69
2.4.5.3. Darstellung der Methodik an einem konkreten Beispiel 70
2.4.5.4. Statistische Auswertung der Relevanz- und Beeinträchtigungsprüfung von Oberflächengewässern anhand von Standorten aus dem Begutachtungsportfolio der JENA-GEOS®-Ingenieurbüro GmbH 71
2.4.6. Umsetzung des Verhältnismäßigkeitsgrundsatzes bei Sanierungsmaßnahmen zum Schutz des Grundwassers 71
2.4.6.1. Einstufung / Graduierung gewässerschutzbezogener Risikofaktoren.....71
2.4.6.1.1. Prüfkriterium Ressourcenwert des Grundwasservorkommens 71
2.4.6.1.2. Prüfkriterium Schadstoffausbreitungstendenz im Grundwasser 72
2.4.6.1.3. Ermittlung der Ausbreitungstendenz industrieller Schadstoffe im Grundwasser im Abstrom von Schadstoffquellen 74
2.4.6.2. Prüfmatrix: Ableitung der Risikoklasse für ein betroffenes Grundwasser 76
2.4.6.3. Darstellung der Methodik an einem konkreten Beispiel 77
2.4.6.4. Statistische Auswertung der Relevanz- und Beeinträchtigungsprüfung von Grundwässern anhand von Standorten aus dem Begutachtungsportfolio der JENA-GEOS®-Ingenieurbüro GmbH 79
2.4.6.5. Ausblick auf die Umsetzung grundwasserschutzrechtlicher Verhältnismäßigkeitserwägungen im EU-Recht 79
2.5. Auswahl geeigneter wirtschaftlicher Sanierungstechniken und Kostenprognose der Maßnahmen 80
2.5.1. Methode 80
2.5.2. Beispiel 82
2.6. Zusammenfassung und Ausblick.....84
3. Prognose des Investitionsrisikos 85
3.1. Einführung, Herangehensweise und Prüfkriterien.....85
3.2. Sonderfall theoretisches maximales Investitionsrisiko 87
3.3. Kostenprognose.....87
3.3.1. Grundsätze 87
3.3.2. Beispiele 87
3.3.2.1. Ermittlung des Investitionsrisikos für den Modellstandort C (Tanklager Jena-Nord) für die Nachnutzung als Wertstoffhof 87
3.3.2.2. Ermittlung des theoretischen maximalen Investitionsrisikos für den Modellstandort C Tanklager Jena-Nord 90
4. Die Risikoprognosekarte als Werkzeug zur Identifizierung und Visualisierung von Haftungs- und Investitionsrisiken.....94
4.1. Das schematische Risikoprognoseprofil als ergänzende Darstellung umweltrelevanter Sachverhalte.....94
4.2. Aufgabe und Inhalt einer Risikoprognosekarte 95
5. Spezielle Literatur (Auswahl).....101

Glossar 104
Abbildungsverzeichnis.....105
Tabellenverzeichnis 106

1. Vorbemerkung und Einordnung der Arbeit

1.1. REFINA und optirisk

Die historisch gewachsene disperse Siedlungsstruktur ist überwiegend ein Resultat ökonomischer Zwänge anthropogener Bedürfnisbefriedigung. Ebenso mussten bislang in den urbanen Räumen langfristig angelegte, ganzheitliche und optimale Stadtentwicklungskonzepte den kurzfristig jeweils näher liegenden wirtschaftlichen Lösungen weichen. Diese immer noch mehrheitlich betriebswirtschaftliche statt volkswirtschaftliche Betrachtungsweise führt dazu, dass die für städtebauliche Entwicklung präferierten Flächen aufgrund vergleichsweise hoher Sanierungs- und Freilegungskosten sowie negativer Stigmatisierungseffekte, z.B. durch den ‚*Altlastenmakel*', brach liegen und somit unnötigerweise wertvolle Ressourcen außerhalb oder am Rande städtischer Siedlungen in Anspruch genommen werden. Trotz Bevölkerungsrückgang und schrumpfender Städte kann dieser Trend bisher nicht durchbrochen werden, da neben ökonomischen auch soziale Aspekte, wie kurzfristig zu gewinnende Arbeitsplätze entscheidend bei der Standortwahl sind.

Die vom Nachhaltigkeitsrat der Bundesregierung angestrebte Reduzierung des Flächenverbrauchs von 105 ha (2002) auf 30 ha pro Tag bis zum Jahr 2020 erfordert durchgreifend neue Wege in Regional- und Stadtplanung. Die großen Disparitäten beispielsweise zwischen Wachstumsräumen auf der einen Seite (überwiegend alte Bundesländer) und strukturschwachen ostdeutschen Räumen auf der anderen Seite, verlangen differenzierte und strategisch ausgerichtete neue Entwicklungskonzeptionen (Abb. 1). Dem insgesamt enormen Flächenverbrauch stehen bundesweit 128.000 ha vorgenutzte Standorte (sog. ‚*brownfields*') gegenüber, für die gewerbliche Investoren gesucht werden (BURMEIER et al. 2000). Ein haushälterisches Bodenmanagement hat als Mengenziel ‚*Fläche sparen*' und als Qualitätsziel ‚*Boden schonen*'. Nur so kann der im Baugesetzbuch verankerte Umgang mit Grund und Boden erreicht, ein nachhaltiges und gleichzeitig ökonomisches Flächenmanagement eingeleitet und damit gleichzeitig eine notwendige Revitalisierung unserer Städte vorangetrieben werden.

Abb. 1: industrielle Brachfläche mit Altlastenverdacht

Das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderte Programm ‚*Forschung für die Reduzierung der Flächeninanspruchnahme und ein nachhaltiges Flächenmanagement (REFINA)*' vereint eine Vielzahl von Forschungsarbeiten.

Das Forschungsprojekt **optirisk**, *‚Die städtebauliche Optimierung von Standortentwicklungskonzepten belasteter Grundstücke auf der Grundlage der Identifizierung und Monetarisierung behebungspflichtiger und investitionshemmender Risiken'*, hat eine Verbesserung der Reaktivierungschancen solcher Grundstücke zum Inhalt, indem die ökologischen Risiken klar definiert und monetarisiert werden sowie bei der Standort-Nachnutzung diese Risiken derart berücksichtigt werden, dass bauliche Maßnahmen kostenoptimiert werden können.

Das Verbundprojekt **optirisk** wird dem Förderschwerpunkt II.A des REFINA-Forschungsprogrammes des BMBF zugeordnet: *‚Weiterentwicklung von Lösungen für die Wiedernutzbarmachung brachliegender ehemals genutzter und zum Teil belasteter Flächen und Altablagerungen (Flächenrecycling) sowie Strategien zur Sicherung und Verbesserung der Umweltqualität in Städten und Gemeinden, z.B. im Rahmen kompakter Siedlungsformen'*.

1.2. Ziele und wesentliche Inhalte des Vorhabens optirisk

Ziel des Verbundprojektes **optirisk** ist die Optimierung von Standortentwicklungskonzepten für belastete Grundstücke auf der Basis einer interdisziplinären Analyse. Neben technischen, ökologischen und abfallrechtlichen, juristischen und ökonomischen Belangen werden städtebauliche Aspekte in die Untersuchung einbezogen. Zielkonflikte und Risiken sollen so frühzeitig identifiziert und umsetzungsorientiert bewertet werden. Die auf dieser Basis entwickelten Integrierten Standortentwicklungskonzeptionen ermöglichen eine Optimierung des Investitionsbedarfes mit dem Ziel der Verbesserung der Reaktivierungschancen belasteter Grundstücke (Abb. 2).

Das Projekt befasst sich mit dem Widerspruch zwischen dem ökologisch nicht vertretbaren Flächenentzug und dem wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Erfordernis, Flächen zu erschließen und anschließend zu bebauen und zu nutzen. Mit diesem an sich rein technischen Vorgang sind im urbanen Bereich außer baurechtlichen, finanztechnischen und juristischen Fragen auch Fragen zur altlasten- und abfallrechtlichen Situation des Standortes zu klären.

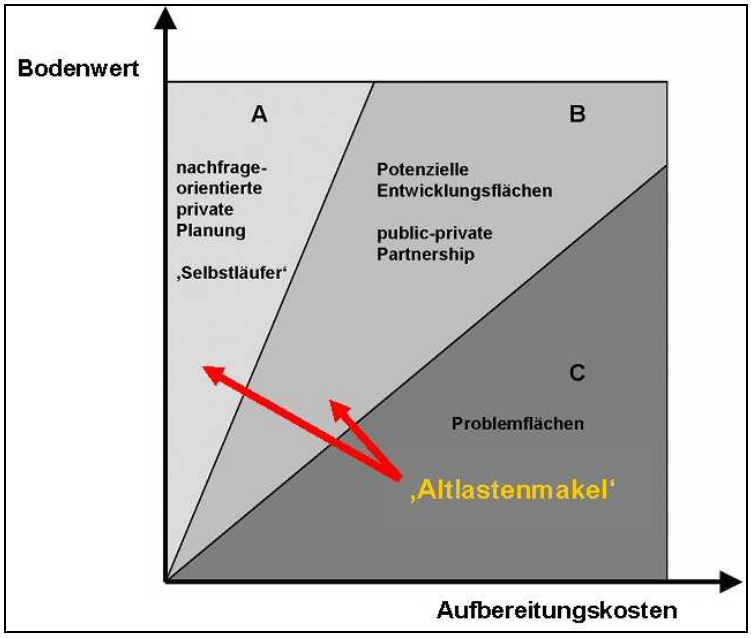


Abb. 2: Projektziel von **optirisk** ist die Rückführung von Problemflächen in den Grundstücksverkehr (in Anlehnung an das A-B-C-Modell des Europäischen Brachenflächenforschungsverbundes CABERNET)

Angeregt durch die langjährige praktische Bearbeitung von innerstädtischen Industrie- bzw. Gewerbegrundstücken und Militärliegenschaften im Zusammenhang mit der Privatisierung ostdeutscher Unternehmen hat JENA-GEOS® Grundlagen für einen integralen Bewertungsansatz entworfen. Er dient der finanziellen Konkretisierung des altlasten- und abfallrechtlichen Inanspruchnahme- und Investitionsrisikos, um unkalkulierbare monetäre Risiken bei der Wieder-Inanspruchnahme von *‚brownfields'* auszuschalten.

Die angedachte *‚Philosophie'* des Verfahrens beinhaltet die rechtliche Konkretisierung des Kontaminationsrisikos. Dabei handelt es sich um einen transdisziplinären Bewertungsansatz, der sowohl technischen und städtebaulichen als auch wirtschaftlichen und juristischen Sachverstand beinhaltet.
Die Identifizierung und Monetarisierung des Altlastenrisikos soll im Rahmen dieses Projektes gezielt dahin führen, kostenoptimale und gleichzeitig risikoarme Nachnutzungen auf einem abgestimmten Sanierungsniveau vorzunehmen, wobei die höchste Effektivität durch die mit einer Sanierung verknüpften Flächenneuentwicklung / Investition erreicht wird.
Anzustreben ist dabei, dass der finanzielle Umfang einer Sanierung den Marktwert eines unbelasteten Vergleichsgrundstückes nicht signifikant überschreitet. Im Allgemeinen gilt, dass nicht alle nachgewiesenen Belastungen eines Grundstückes derart eine Gefahr für die Umwelt darstellen, dass ihre Beseitigung nach BBodSchG zwingend erforderlich wäre. Dies ist auch unmittelbares Ergebnis der gutachterlichen Auftragstätigkeit der JENA-GEOS® an bisher ca. 1.800 altlastenverdächtigen Standorten Deutschlands und im Ausland.
Aus den genannten Umständen ist abzuleiten, dass eine planungsrechtlich zulässige Standortentwicklung im Rahmen eines Flächenrecyclings auch auf altlastenbehafteten Grundstücken marktwirtschaftlich und ökologisch vertretbar erfolgen kann.

Das wissenschaftlich-technische Ziel des Forschungsprojektes ist somit die Schaffung von Synergien zwischen Funktion / Gestalt und Natur / Umwelt zum Zwecke der Kostenoptimierung für vier Modellstandorte, dass erreicht werden soll durch:

a) die Entwicklung / Weiterentwicklung von Instrumenten für Wirtschaftsakteure zur Bewertung von ökologischen Risiken bei einer Flächeninanspruchnahme unter ordnungs- und genehmigungsrechtlichen Aspekten, und
b) die Umsetzung der Bewertungsergebnisse bereits im Frühstadium städtebaulicher Planungen zur Gewährleistung der umweltfachlichen und -rechtlichen Umsetzbarkeit und zur Optimierung von Investitionen.

Das Instrumentarium soll die Umsetzung des Umweltrechts in ordnungsrechtlichen und genehmigungsrechtlichen Bereichen ermöglichen und im Rahmen der Flächenplanung und des Flächenrecyclings im urbanen Raum die Entscheidungsträger bei der Identifizierung und Bewertung der jeweiligen Planungsressourcen unterstützen.

Der Arbeitsplan für das Verbundprojekt **optirisk** sieht in einer ersten Projektphase
- die Identifizierung und Monetarisierung der altlastenbedingten Risiken auf der Basis eines zu entwickelnden risikobasierten Prüfsystems und
- den Entwurf städtebaulicher Entwicklungskonzepte auf der Basis einer standortbezogenen Makro- und Mikroanalyse

an vier geeigneten Modellstandorten vor.

Die Bearbeitung erfolgt grundsätzlich unter Einbeziehung aller Standortinformationen in Datenbanken und Geografischen Informationssystemen. Als Ergebnis der genannten Projektphase wird herausgearbeitet, in welcher Form die entwickelten städtebaulichen Entwicklungskonzepte in der Phase der Umsetzung mit den definierten altlastenbedingten Risiken in Konflikt stehen bzw. welcher Optimierungsbedarf besteht.

In einer zweiten Projektphase werden Integrierte Standortentwicklungskonzepte für die Modellstandorte auf der Basis einer detaillierten Konfliktanalyse entwickelt. Dabei wird zunächst zwischen Standorten mit und ohne vorhabensbezogener Nutzungs- und Bebauungskonzeption unterschieden; für letztere eine Vorzugsvariante auf der Grundlage eines zu schaffenden Bewertungssystems abgeleitet.

In der III. Projektphase wird vor dem Hintergrund einer immer stärker in den Fokus rückenden nachhaltigen Energiepolitik der integrierte Ansatz gleichzeitig dazu genutzt, Nutzungsoptionen für die energetische Produktion, Umwandlung oder Verteilung aufzuzeigen. Durch die konkrete Aussicht der Wiedernutzbarmachung soll die Brachfläche gezielt aufgewertet werden. Dabei werden verschiedenste Optionen zur Nutzung erneuerbarer Energien unter Einbeziehung des städtebaulichen Umfeldes untersucht.

2. Prognose des Haftungs- / Inanspruchnahmerisikos

2.1. Aktueller Stand und grundlegende Methodik

Unter dem *‚Inanspruchnahme-'*, oder auch *‚Haftungsrisiko'* wird die unmittelbare Verpflichtung durch ordnungs-, umwelt- und / oder zivilrechtliche Tatbestände verstanden. Grundlage für eine Inanspruchnahme ist die jeweilige Rechtslage.

Ggf. muss der Eigentümer, Erwerber / Investor, der keine Kenntnis über einen Altlastentatbestand besitzt damit rechnen, für Maßnahmen zur Gefahrenabwehr herangezogen zu werden, denn er trägt oder übernimmt die Verantwortung für ihm unbekannte und von ihm nicht verursachte Altlasten. Daher ist es wichtig, rechtzeitig das Inanspruchnahmerisiko zu prognostizieren, insbesondere wenn noch keine bestandskräftigen Anordnungen zuständiger Behörden vorliegen. Die Behördenentscheidungen einschließlich des behördlichen Maßnahmeermessens muss in solchen Fällen antizipiert werden.

Zur Identifizierung von Inanspruchnahmerisiken für einen Standort ist es erforderlich, die Sachlage auf die einzelnen, rechtsbezogen möglichen Verpflichtungstypen zu prüfen, was über die alleinige Bewertung technischer Sachverhalte hinaus geht.

Von wesentlicher Bedeutung ist jedoch, dass die bloße Erkennung eines standortrelevanten Verpflichtungstyps nicht zwangsläufig die Ableitung kostenintensiver Maßnahmen nach sich ziehen muss. Hierzu ist erst eine Verhältnismäßigkeitsprüfung erforderlich, deren Inhalt und Methodik wesentlicher innovativer Bestandteil vorliegender Arbeit ist. Mit dem Begriff der Verhältnismäßigkeit wird in der Praxis noch recht verschwommen umgegangen und es fehlen bislang reproduzierbare Algorithmen für zielgenaue Verhältnismäßigkeitsprüfungen.

Von wesentlichem Interesse schließlich sind die Kosten, die bei einer verhältnismäßigen Umsetzung zu einem gefahrlosen Zustand entstehen. Diese können mit Hilfe der *‚Monetarisierung i. e. S.'* ermittelt werden. Ergebnis dieser Monetarisierung ist somit die stichtagsbezogene Einschätzung des Inanspruchnahmerisikos als Grundstücksminderwert.

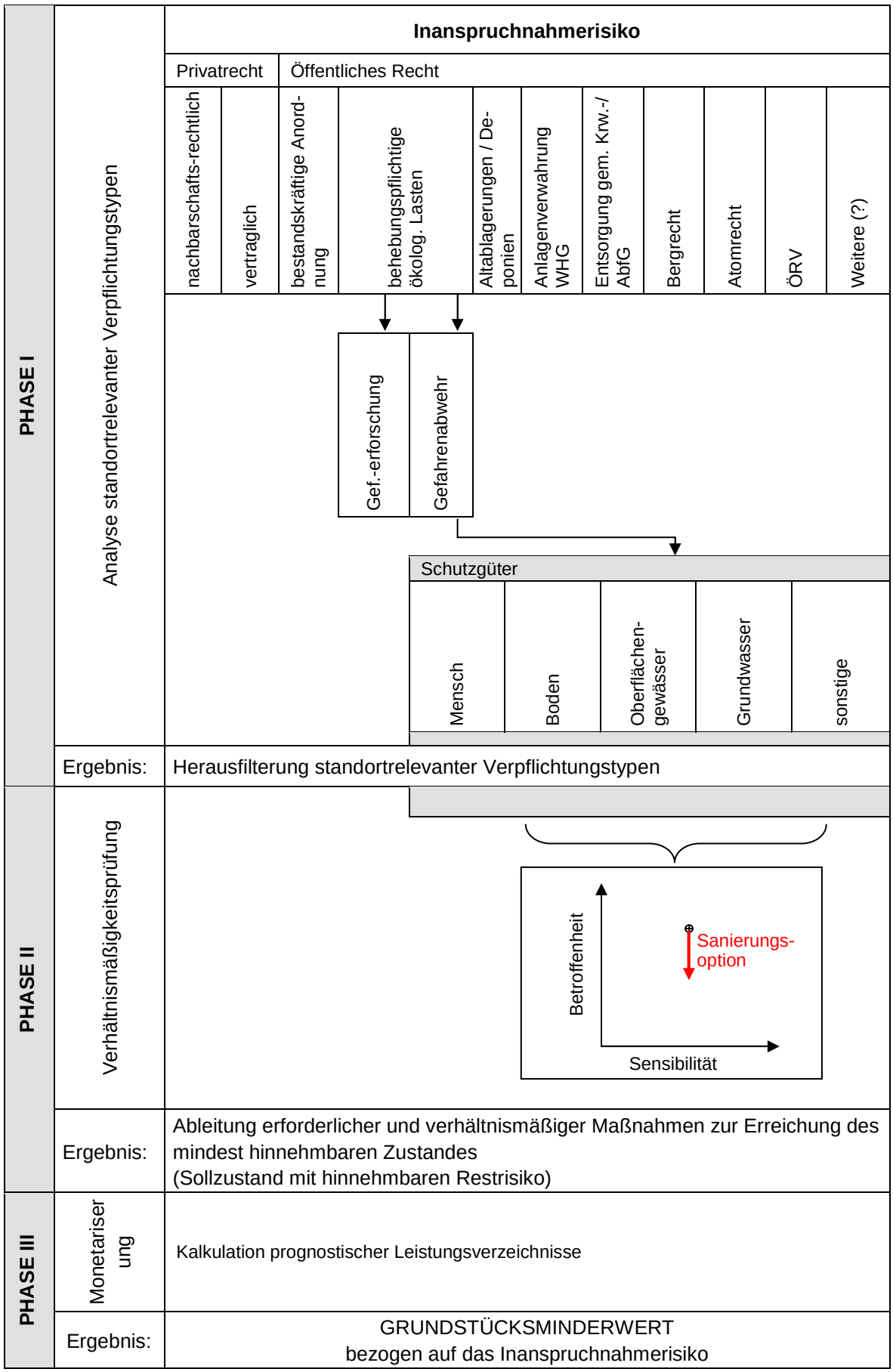


Abb. 3: Methodik: Prognose und Monetarisierung des Inanspruchnahmerisikos

2.2. Verpflichtungstypen

2.2.1. Privatrechtlich begründbare Ansprüche

Unter privatrechtlich begründbaren Ansprüchen sind hier Kosten zu sehen, die der Befriedigung von einklagbaren Schadensersatz- oder Beseitigungsansprüchen wegen Kontaminationswirkungen o. ä. dienen.
Hierbei werden aus sachverständiger Sicht des Gutachters die Wahrscheinlichkeit und die Reichweite nachteiliger Auswirkungen auf Nachbargrundstücke oder ggf. finanzielle Auswirkungen vertraglicher Verpflichtungen beurteilt. Für den Fall, dass solche Auswirkungen gegeben oder erkennbar sind bzw. hinreichend wahrscheinlich gemacht werden können, wird eine Kostenprognose zum Ausgleich solcher Ansprüche abgeleitet.

2.2.1.1. Vom Standort auf Nachbarschaftsgrundstücke ausgehende nachteilige Auswirkungen

2.2.1.1.1. Grenzen

Es ist zu klären, inwieweit nachteilige Auswirkungen durch Umfriedung / Einzäunung, Grenzbebauung, Grenzbepflanzung oder Bodenerhöhungen auf Nachbarschaftsgrundstücke ausgehen. Die Erfahrung zeigt, dass oft Umzäunungen oder anderweitige Einfriedungen ganz oder teilweise fehlen, oder nicht auf der Flurstücksgrenze stehen. Daher ist wichtig zu klären, ob nachbarrechtliche Ansprüche zur Errichtung, Reparatur, Rück- oder Vorverlegung von Einfriedungen auf die Flurstücksgrenze gefordert werden können[1].
Des Weiteren können zum Bewertungsstandort gehörende Gebäude / Anlagen auf Nachbargrundstücken stehen, die Inhalt von Schadensersatz- oder Beseitigungsansprüchen sein können. Dachtraufen müssen den Regelungen des Nachbarrechts entsprechen.
Schließlich hat die Grenzbepflanzung für Bäume, Sträucher und Hecken die in den Nachbarrechtsgesetzen der Bundesländer aufgeführten Mindestabstände einzuhalten.

2.2.1.1.2. Netze der technischen Infrastruktur

Es ist zu klären, ob Medien- und andere Leitungen vom betrachteten Standort auf Nachbargrundstücke führen und ob deren Beseitigung / Rückbau gefordert werden können.

2.2.1.1.3. Gebäude / Anlagen

Die aufragende Bausubstanz / Anlagen und / oder deren Nutzung können nachteilige Auswirkungen auf Nachbargrundstücke haben, beispielsweise bei Einsturzgefahr auf Nachbargrundstücke.
Hinsichtlich der Errichtung und des Erhaltes von Nachbarwänden gelten Bestimmungen (ggf. Stützungen, Fundamentunterfahrungen…), die mit Kosten verbunden sind.
Lärmbelästigungen durch Anlagen bzw. Tätigkeiten können zur nachbarrechtlichen Forderungen führen.
Bodenerhöhungen müssen einen solchen Abstand zu Nachbargrundstück haben, dass dessen Beeinträchtigung insbesondere durch Absturz oder Pressung ausgeschlossen ist.
Entsiegelungen auf dem betreffenden Grundstück dürfen nicht zu Vernässungen / Setzungserscheinungen / Baugrundbeeinträchtigungen des Nachbargrundstückes führen.

2.2.1.1.4. Umwelt

Hierunter sind all diejenigen nachteiligen ökologischen Auswirkungen zu verstehen, die durch den Transport oder die Untergrundpassage von Schadstoffen vom zu bewertenden Grundstück auf Nachbargrundstücke getragen werden und dort Beeinträchtigungen hervorrufen (Verwehung / Luftweg, Grundwasser, Oberflächenwasser). Zudem können Abfälle auf Nachbargrundstücke verbracht worden sein.

---

1 Beispiel: § 39 Thür. Nachbarrechtsgesetz: ‚Der Eigentümer eines Grundstückes ist verpflichtet, sein Grundstück auf Verlangen des Nachbars einzufrieden, wenn dies zum Schutze des Nachbargrundstückes erforderlich ist.'

Dazu gehören auch potentielle Geruchsbelästigungen, die vom zu bewertenden Grundstück ausgehen.

2.2.1.1.5. Weitere nachteilige Auswirkungen

Hierzu sind Sonderfälle, die unter 2.2.1.1.1 bis 2.2.1.1.4 nicht genannt wurden zu zählen, wie auch spezielle nachbarschaftliche gesetzliche Regelungen der Bundesländer[2].

2.2.1.2. Verpflichtungen des Grundstückseigentümers aus privatrechtlich vertraglichem Grund

Hierzu gehören Verpflichtungen, die zwischen Vertragsparteien vereinbart wurden. Derartige Verpflichtungen können im Grundbucheintrag festgehalten oder in gesonderten Verträgen vereinbart worden sein, da sie mit monetärem Aufwand durch

- den Abbruch von Baulichkeiten,
- den umweltschutzbezogenen Mehraufwendungen bei zukünftigen Baumaßnahmen einschließlich des Rückbaues,
- Maßnahmen zur Tiefenenttrümmerung oder
- der Abfallbeseitigung

einhergehen.

Weiterhin können Medien- und andere Leitungen von Nachbargrundstücken über das zu bewertende Grundstück führen, deren funktioneller Erhalt zur Weiternutzung vom Nachbarn auf der Grundlage von vertraglichen Vereinbarungen gefordert werden kann.
Denkbar sind auch vertragliche Verpflichtungen für Entschädigungen (z.B. Haftung für Berg- u. a. Schäden).

2.2.2. Verpflichtungen im Rahmen der öffentlich-rechtlichen Verantwortung und der Rechtspflichten des Grundstücksbesitzers

2.2.2.1. Verpflichtungsgrundtyp bestandskräftige Anordnung

Es ist zu prüfen, ob eine bestandskräftige behördliche Anordnung zur Untersuchung / Gefahrenerforschung oder zur Durchführung von Maßnahmen zur Herstellung eines ordnungsgemäßen Zustandes vorliegt.

2.2.2.2. Verpflichtungsgrundtyp behebungspflichtige ökologische Lasten

Die Verpflichtungslage wird nicht nur durch gegenwärtig bestandskräftige behördliche Anordnungen bestimmt, sondern auch durch diejenige, die sich verwirklichen würde, wenn die örtlich und sachlich zuständige Behörde von den umweltrechtlich unzulässigen Tatbeständen Kenntnis hätte. Daher wird hier unter Berücksichtigung aller natürlichen und nutzungsbezogenen Bedingungen prognostisch beurteilt, ob - und wenn ja - welche geschützten Rechtsgüter der Allgemeinheit verletzt sind.

Für die jungen Bundesländer Deutschlands sind hierbei die sog. URaG[3]-Sachverhalte als Besonderheit zu berücksichtigen[4].

---

2 Nachbarschaftsrecht ist in Deutschland Ländersache. Beispielsweise gilt für Thüringen: ‚Thüringer Nachbarrechtsgesetz' vom 22.12.1992

3 ‚Umweltrahmengesetz' vom 29. Juni 1990 (GBl. DDR 1990 I S. 649), geändert durch Vorschrift vom 22. März 1991

4 Im Art.1 §4 URaG ist die sog. ‚Freistellungsklausel' enthalten, in der festgelegt ist, unter welchen Bedingungen ein Eigentümer von Anlagen oder Grundstücken für vor dem 1.7.1990 verursachte Schäden nicht verantwortlich gemacht wird bzw. von der Verantwortung freigestellt wird.

2.2.2.2.1. Verpflichtungstyp Gefahrenerforschungsmaßnahmen

Besteht auf Grund konkreter Anhaltspunkte der hinreichende Verdacht einer schädlichen Bodenveränderung oder einer Altlast (§ 2 Abs. 3 bis 5 BBodSchG), kann die zuständige Behörde die notwendigen Untersuchungen zur Gefahrenerforschung (zumeist Gefährdungsabschätzung) anordnen[5]. Die zuständige Behörde kann verlangen, dass Untersuchungen von Sachverständigen oder Untersuchungsstellen nach § 18 BBodSchG durchgeführt werden. Gleiches gilt für mögliche Gewässerverunreinigungen durch anthropogene Stoffeinträge[6].

2.2.2.2.2. Verpflichtungstyp Gefahrenabwehr

Gefahrenabwehr bezeichnet die Aufgabe von Polizei, Ordnungsbehörden und Sonderordnungsbehörden, nach den hierfür erlassenen Gesetzen und Verordnungen in ihrem Zuständigkeitsbereich nach pflichtgemäßem Ermessen Gefahren abzuwehren, durch die die öffentliche Sicherheit und Ordnung bedroht wird.

Schutzgut Mensch

Es ist zu prüfen, ob angesichts des statuts quo des Standortes Anhaltspunkte für behördlich durchsetzbare Gesundheitsschutzmaßnahmen aufgrund sicherheitlicher oder ökologischer Sachverhalte zur Abwehr von unmittelbaren Gefahren für Leben und Gesundheit von Menschen (*‚Schutzgut Mensch')* vorliegen.
Solche möglichen Gefahren beziehen sich sowohl auf die auf dem Standort verkehrenden als auch in seiner Umgebung lebenden Personen. Es handelt sich damit um direkte Aufnahmeszenarien der Inkorporation (ingestiv / oral, dermal / perkutan und inhalativ) sowie um explosive und mechanische Ereignisse (s.u.).

Zu diesen Gefahren gehören im Wesentlichen:

- Gesundheitsgefährdungen durch Ausgasungen und partikelgetragenen Transport von gesundheitsgefährdenden Schadstoffen (incl. Asbest)
- Gesundheitsgefährdungen durch Schadstoffeintrag in öffentlich genutzte Oberflächenwässer wie z.B. Badegewässer
- Gesundheitsgefährdungen durch Schadstoffeintrag in Trinkwasservorkommen
- Gesundheitsgefährdungen durch Schadstoffeintrag in genutzte Grundwässer
- Gesundheitsgefährdungen durch Kampfstoffe und Munition
- Gesundheitsgefährdungen / akute Verletzungsgefahr durch Einstürze von Gebäuden und anderen Bauwerken wie auch Stützeinrichtungen, Anlagen, Böschungen und Felswänden, Rutschungen, sowie Einbrüche in den Untergrund

Schutzgut Boden

Maßnahmen der Altlastensanierung gem. § 4 und § 13 BBodSchG sind dann in Erwägung zu ziehen, wenn ein deutlicher Verdacht besteht, dass Bodenveränderungen vorliegen, die die für den Standort relevanten Bodenfunktionen beeinträchtigen und diese Beeinträchtigung geeignet ist, Gefahren, erhebliche Nachteile oder erhebliche Belästigungen für den Einzelnen oder die Allgemeinheit herbeizuführen.
In Folge dessen ist zu prüfen, ob Anhaltspunkte für behördlich durchsetzbare Umweltschutzmaßnahmen zur Abwehr von Gefahren für die standortrelevanten Bodenfunktionen (*‚Schutzgut Boden'*) vorliegen.
Im § 2 Abs. 2 des Bundesbodenschutzgesetzes sind insgesamt 8 Bodenfunktionen aufgeführt, die in natürliche Funktionen (Ziffer 1a, 1b, 1c), Archivfunktionen (Ziffer 2) und Nutzungsfunktionen (3a, 3b, 3c, 3d) gegliedert sind. Zunächst wird geprüft, welche Bodenfunktionen für den Standort rele-

5 ‚Bundes-Bodenschutzgesetz' § 9
6 Ländergesetz, z.B. ‚Thüringer Wassergesetz', Untersuchungen von Gewässerverunreinigungen, § 87 ThürWG

vant sind. Die verbliebenen relevanten Bodenfunktionen werden anschließend hinsichtlich ihres Beeinträchtigungsgrades geprüft.

Hinsichtlich der bewertungsrelevanten Bodenfunktionen ist zu beachten, dass bei der Erfüllung der altlastenbezogenen Pflichten gem. § 4 Abs. 4 BBodSchG das Schutzbedürfnis aus der planungsrechtlich zulässigen Nutzung abzuleiten ist, soweit dies mit dem Schutz der nicht nutzungsbedingten Bodenfunktionen zu vereinbaren ist.

‚…Anhaltspunkte für das Vorliegen einer Altlast bestehen bei einem Altstandort insbesondere, wenn auf Grundstücken über einen längeren Zeitraum oder in erheblicher Menge mit Schadstoffen umgegangen wurde und die jeweilige Betriebs-, Bewirtschaftungs- oder Verfahrensweise oder Störungen des bestimmungsgemäßen Betriebs nicht unerhebliche Einträge solcher Stoffe in den Boden vermuten lassen. Bei Altablagerungen sind diese Anhaltspunkte insbesondere dann gegeben, wenn die Art des Betriebs oder der Zeitpunkt der Stilllegung den Verdacht nahe legen, dass Abfälle nicht sachgerecht behandelt, gelagert oder abgelagert wurden. … Anhaltspunkte für das Vorliegen einer schädlichen Bodenveränderung ergeben sich dazu ergänzend insbesondere durch allgemeine oder konkrete Hinweise auf

1. den Eintrag von Schadstoffen über einen längeren Zeitraum und in erheblicher Menge über die Luft oder Gewässer oder durch eine Aufbringung erheblicher Frachten an Abfällen oder Abwässer auf Böden,
2. eine erhebliche Freisetzung naturbedingt erhöhter Gehalte an Schadstoffen in Böden,
3. erhöhte Schadstoffgehalte in Nahrungs- oder Futterpflanzen am Standort,
4. das Austreten von Wasser mit erheblichen Frachten an Schadstoffen aus Böden oder Altablagerungen,
5. erhebliche Bodenabträge und -ablagerungen durch Wasser oder Wind…‘[7]

Gem. BBodSchG § 8 können zur Beurteilung von schädlichen Bodenveränderungen bestimmte Werte herangezogen werden:

1. Werte, bei deren Überschreiten unter Berücksichtigung der Bodennutzung eine einzelfallbezogene Prüfung durchzuführen und festzustellen ist, ob eine schädliche Bodenveränderung oder Altlast vorliegt (Prüfwerte)
2. Werte für Einwirkungen oder Belastungen, bei deren Überschreiten unter Berücksichtigung der jeweiligen Bodennutzung in der Regel von einer schädlichen Bodenveränderung oder Altlast auszugehen ist und Maßnahmen erforderlich sind (Maßnahmenwerte)

Schutzgut Oberflächengewässer

Hier wird geprüft, ob Anhaltspunkte für behördlich durchsetzbare Umweltschutzmaßnahmen zur Abwehr von Gefahren für betroffene Oberflächengewässer vorliegen. Solche Gefahren können vorliegen, wenn die Qualität eines Oberflächengewässers durch die Standortnutzung in der Vergangenheit und gegenwärtig schädlich verändert bzw. beeinträchtigt wurde oder eine solche Beeinträchtigung in der Zukunft zu erwarten ist. Dabei kann es sich sowohl um organoleptisch festgestellte als auch analytisch nachgewiesene Beaufschlagungen von Oberflächengewässern auf oder in der relevanten Umgebung des Standortes mit standortbürtigen Schadstoffen handeln.
Ein erster Anhaltspunkt für eine solche Beeinträchtigung bei Fließgewässern ist, wenn sich die Gewässergüte (Biologisch-chemische Güte nach dem Saprobiensystem) in Fließrichtung unterhalb des Ortes der Beaufschlagung signifikant gegenüber der anstromigen Güte verschlechtert hat.

Bei stehenden Gewässern darf das Trophiensystem keiner Verschlechterung unterliegen.

7 BBodSchV, § 3 (1) und (2)

Das Thüringer Wassergesetz z. B. schreibt vor, dass die für Bodenverunreinigungen Verantwortlichen die erforderlichen Maßnahmen zur Schadensermittlung und zur Beseitigung von Verunreinigungen durchzuführen haben, wenn diese eine nachhaltige Gewässerverunreinigung besorgen lassen (§ 87 Abs. 1 ThürWG).

Die für Gewässerverunreinigungen Verantwortlichen haben die erforderlichen Maßnahmen zur Schadensermittlung und Schadensbegrenzung und zur Beseitigung von Verunreinigungen durchzuführen, soweit diese nicht bereits nach den Bestimmungen des Bundes-Bodenschutzgesetzes gefordert sind. Die Sanierung hat sich an den Bewirtschaftungszielen sowie den jeweiligen Maßnahmenprogrammen nach § 36 WHG auszurichten.

Schutzgut Grundwasser

Es ist zu prüfen, ob Anhaltspunkte für signifikante Beeinflussungen des Grundwasservorkommens vorliegen, die die zuständige Behörde veranlassen könnte, Gefahrenabwehrmaßnahmen anzuordnen. Solche Gefahren können vorliegen, wenn die Qualität des Grundwassers durch die Standortnutzung in der Vergangenheit und gegenwärtig schädlich verändert bzw. beeinträchtigt wurde oder eine solche Beeinträchtigung in der Zukunft zu erwarten ist.

Eine solche Beeinträchtigung der Grundwassergüte tritt in der Regel ein, wenn durch Direkteintrag (z.B. Leckagen / Havarien an defekten Tanks, marode Kanalisationen, Versenkbrunnen etc.) oder durch Migration von Schadstoffen durch die Bodenschichten (nachhaltige schädliche Veränderung der Bodenfunktion 1c) vom betreffenden Standort ausgehend das Grundwasser mit standortbürtigen Schadstoffen derart beaufschlagt wurde, dass gemäß der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (1998)[8] von einem erheblichen Grundwasserschaden zu sprechen ist, d.h. die Geringfügigkeitsschwelle nach LAWA (1998) überschritten wurde.

Die für Gewässerverunreinigungen Verantwortlichen haben die erforderlichen Maßnahmen zur Schadensermittlung und Schadensbegrenzung und zur Beseitigung von Verunreinigungen durchzuführen, soweit diese nicht bereits nach den Bestimmungen des Bundes-Bodenschutzgesetzes gefordert sind (signifikante Beeinträchtigung der Bodenfunktion 1c). Die Autoren gehen aus ihrer technischen Sicht davon aus, dass auch beim Grundwasser die Frage des Bewirtschaftungsgrundsatzes - sowohl unter ökologischem als auch unter wasserwirtschaftlichem Aspekt - unter dem Blickwinkel der nachhaltigen Entwicklung zu betrachten ist.

Sonstige Schutzgüter

Unter *‚sonstige Schutzgüter'* werden hier solche verstanden, die aufgrund der speziellen Situation eines jeweiligen Standortes für die Allgemeinheit schützenswert sind und nicht in den vorherigen Abschnitten aufgeführt sind. Sie können der Art nach vielfältig sein z.B. Arbeitsplätze, Biotope, Geotope usw..

2.2.2.3. Verpflichtungsgrundtyp Rekultivierung / Stilllegung von Altablagerungen / Deponien

Die zuständige Behörde kann für Deponien, die vor dem 11. Juni 1972 betrieben wurden oder mit deren Errichtung begonnen war, für deren Betrieb Befristungen, Bedingungen und Auflagen anordnen. Sie kann den Betrieb dieser Anlagen ganz oder teilweise untersagen, wenn eine erhebliche Beeinträchtigung des Wohles der Allgemeinheit durch Auflagen, Bedingungen oder Befristungen nicht verhindert werden kann. In den neuen Bundesländern kann die zuständige Behörde für Deponien, die vor dem 1. Juli 1990 betrieben wurden oder mit deren Errichtung begonnen war, Befristungen, Bedingungen und Auflagen für deren Errichtung und Betrieb anordnen[9].

---

8 Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA): ‚Geringfügigkeitsschwellen (Prüfwerte) zur Beurteilung von Grundwasserschäden und ihre Begründung', 21.12.1998

9 Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Beseitigung von Abfällen (KrW-/AbfG) vom 27. September 1994, § 35 Bestehende Abfallbeseitigungsanlagen

Die zuständige Behörde verpflichtet den Inhaber der Deponie, auf seine Kosten das Gelände, das für eine Deponie verwandt worden ist, zu rekultivieren und alle sonstigen erforderlichen Vorkehrungen, einschließlich der Überwachungs- und Kontrollmaßnahmen während der Nachsorgephase, zu treffen.
Besteht der Verdacht, dass von einer stillgelegten Deponie schädliche Bodenveränderungen oder sonstige Gefahren für den einzelnen oder die Allgemeinheit ausgehen, so finden für die Erfassung, Untersuchung, Bewertung und Sanierung die Vorschriften des Bundes-Bodenschutzgesetzes Anwendung[10].

2.2.2.4. Verpflichtungsgrundtyp Abfallentsorgung

Der Besitzer muss sich beweglicher Sachen im Sinne des Absatzes 1 KrW- / AbfG entledigen, wenn diese entsprechend ihrer ursprünglichen Zweckbestimmung nicht mehr verwendet werden, aufgrund ihres konkreten Zustandes geeignet sind, gegenwärtig oder künftig das Wohl der Allgemeinheit, insbesondere die Umwelt zu gefährden und deren Gefährdungspotential nur durch eine ordnungsgemäße und schadlose Verwertung oder gemeinwohlverträgliche Beseitigung nach den Vorschriften des KrW- / AbfG und der aufgrund dieses Gesetzes erlassenen Rechtsverordnungen ausgeschlossen werden kann[11].

Anmerkung: Es muss keine konkrete Gefahr vorliegen. Das Entledigungsgebot greift aber erst dann, wenn das Gefährdungspotential nicht bereits mit herkömmlichem Ordnungsrecht (Gefahrstoff-, Chemikalien-, Immissionsschutz-, Baurecht) beherrschbar ist.

2.2.2.5. Verpflichtungsgrundtyp Anlagenverwahrung gem. WHG[12]

Anlagen, die dem Umgang mit wassergefährdenden Stoffen dienten, sind gem. WHG stillzulegen bzw. zu verwahren. Hierzu gehören nach § 19g WHG (1) und (2) Anlagen zum Lagern, Abfüllen, Umschlagen, Herstellen und Behandeln wassergefährdender Stoffe sowie Anlagen zum Verwenden wassergefährdender Stoffe.
Unter Wassergefährdenden Stoffe gem. § 19g WHG (5) werden feste, flüssige und gasförmige Stoffe verstanden, insbesondere Säuren, Laugen, Alkalimetalle, Siliciumlegierungen mit über 30 vom Hundert Silicium, metallorganische Verbindungen, Halogene, Säurehalogenide, Metallcarbonyle und Beizsalze, Mineral- und Teeröle sowie deren Produkte, flüssige sowie wasserlösliche Kohlenwasserstoffe, Alkohole, Aldehyde, Ketone, Ester, halogen-, stickstoff- und schwefelhaltige organische Verbindungen und Gifte, die geeignet sind, nachhaltig die physikalische, chemische oder biologische Beschaffenheit des Wassers nachteilig zu verändern.
Solche stillgelegten oder nicht mehr in Nutzung befindlichen Anlagen müssen derart verwahrt werden, dass gegenwärtig und zukünftig eine Gefährdung von Grund- und Oberflächenwasser auszuschließen ist.

2.2.2.6. Verpflichtungsgrundtyp Bergrecht

Der Betrieb von bergbaulichen Anlagen zur Gewinnung von Bodenschätzen ist durch die betriebsbedingte Nutzung von Kompartimenten des allgemeinen Naturraums, wie Grundfläche, Boden, Wasser, Luft usw., mit einem zeitlich begrenzten Eingriff in den allgemeinen Naturraum verbunden.

Im Bundesberggesetz[13] sind die bergrechtlichen Verpflichtungen zur Verwahrung und / oder zum Abbruch von unter Bergaufsicht stehenden Baulichkeiten geregelt.
Primäres Ziel der Stilllegung und des Rückbaus von Betriebsanlagen sowie der Nachsorge der betriebsbedingten Schäden an Schutzgütern des öffentlichen Rechts ist die Rückführung der genutzten Kompartimente in den allgemeinen Natur- oder Kulturraum für eine Folgenutzung. Hierbei

10 KrW-/AbfG, § 36
11 KrW-/AbfG § 3 Abs. 4
12 Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (WHG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 19. August 2002
13 Bundesberggesetz (BBergG) vom 13. August 1980, zuletzt geändert am 31. Oktober 2006 durch Artikel 159 der Neunten Zuständigkeitsanpassungsverordnung

gilt es das Wohl der Allgemeinheit nachhaltig zu sichern. Bei bergbaulichen Anlagen wird dies zunächst durch eine Wiedernutzbarmachung der (Tages-) Oberfläche realisiert.
Letztlich wird die Entlastung der für die Stilllegung und Nachsorge Pflichtigen mit der Beendigung der Bergaufsicht nach BBergG für bergbauliche Anlagen erstrebt. Mit diesem Vorgang ist auch die Übergabe an den Folgenutzer verbunden. Die Maßnahmen der Stilllegung und Nachsorge müssen dem Verhältnismäßigkeitsgrundsatz folgen und somit ein angemessenes Verhältnis zwischen Aufwand und Nutzen sowie die Zumutbarkeit für den Pflichtigen berücksichtigen.
Die Maßnahmen zur Wiedernutzbarmachung der Erdoberfläche werden für die noch unter Bergaufsicht stehenden Flächen durch den gemäß § 4 Abs. 4[14] und § 55 Abs. 2 Nr. 2[15] BBergG erstellten und zugelassenen ABP (Abschlussbetriebsplan) bestimmt. Nach der Wiederherstellung der Nutzbarkeit der betroffenen Oberflächen nach Bergrecht unterliegen diese Flächen wieder dem allgemeinen Umwelt- und Ordnungsrecht. Nach Beendigung der Bergaufsicht für bergbauliche Anlagen wird dieser Bereich von der Boden- und Altlastengesetzgebung nach BBodSchG erfasst.

2.2.2.7. Verpflichtungsgrundtyp Atomrecht

Es ist zu prüfen ob für den Standort Verpflichtungen zur atomrechtlich vorschriftsgemäßen Behandlung und Entsorgung von Strahlungsträgern; zur Stilllegung und Abbau von Anlagen / Einrichungen bestehen.

Relevant sind das Atomgesetz (AtG)[16] und die Strahlenschutzverordnung[17]. Wer Anlagen, in denen mit Kernbrennstoffen umgegangen wird, errichtet, betreibt, sonst innehat, wesentlich verändert, stillegt oder beseitigt, außerhalb solcher Anlagen mit radioaktiven Stoffen umgeht oder Anlagen zur Erzeugung ionisierender Strahlen betreibt, hat dafür zu sorgen, dass anfallende radioaktive Reststoffe sowie ausgebaute oder abgebaute radioaktive Anlagenteile den bezeichneten Zwecken entsprechend schadlos verwertet werden oder als radioaktive Abfälle geordnet beseitigt werden. Wer radioaktive Abfälle besitzt, hat diese an eine Anlage nach Absatz 3 abzuliefern[18.]

2.2.2.8. Verpflichtungsgrundtyp öffentlich-rechtlicher Vertrag

Es ist zu prüfen, inwieweit ein öffentlich-rechtlicher Vertrag vorliegt. Bei einem öffentlich-rechtlichen Vertrag (örV) schließt eine Behörde mit einer anderen Vertragspartei einen Vertrag über ein öffentlich-rechtliches Thema, hier beispielsweise der Standortsanierung. Grundlegend geregelt ist diese Form des Verwaltungshandelns in §§ 54 ff. VwVfG.

Projekte des Flächenrecycling berühren in der Regel die Zuständigkeiten unterschiedlicher Fachbehörden (Handlungsbereich Genehmigungsverfahren / Bündelung). Durch die Beteiligung der verschiedenen Fachbehörden kommt es häufig zu einer zeitlichen Verzögerung des Projektablaufs. Hinzu kommt, dass die Beteiligung der einzelnen Fachbehörden nur unzureichend koordiniert wird. Das rechtliche Instrument, um hier die für den Projektträger notwendige Planungssicherheit zu vermitteln, ist der öffentlich-rechtliche Vertrag. Dieser ist in der Lage, neben der Bündelung und Koordinierung der Verwaltungsverfahren eine Beschleunigung des Projektablaufs und damit eine Verringerung von Projektkosten herbeizuführen. Für den Projektträger entsteht daraus eine höhere Kalkulationssicherheit.

Der öffentlich-rechtliche Vertrag ist ein Instrument, das aus Sicht von Eigentümern oder Erwerbern kontaminierter Grundstücke in hohem Maße geeignet ist, Haftungsrisiken zu verringern. Seine

---

14 BBergG § 4, (4): Wiedernutzbarmachung ist die ordnungsgemäße Gestaltung der vom Bergbau in Anspruch genommenen Oberfläche unter Beachtung des öffentlichen Interesses.
15 BBergG § 55, (2) Nr. 2: Für die Erteilung der Zulassung eines Abschlussbetriebsplanes gilt …. , dass die Wiedernutzbarmachung der Oberfläche in der vom einzustellenden Betrieb in Anspruch genommenen Fläche sichergestellt sein muss.
16 Atomgesetz (AtG): Gesetz über die friedliche Verwendung der Kernenergie und den Schutz gegen ihre Gefahren vom 23. Dezember 1959
17 Strahlenschutzverordnung (StrlSchV): Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen vom 20. Juli 2001
18 AtG § 9a Verwertung radioaktiver Reststoffe und Beseitigung radioaktiver Abfälle

Rechtmäßigkeit bestimmt sich nach den Vorschriften des Verwaltungsverfahrensgesetzes. Seinem wesentlichen Inhalt nach regelt der öffentlich-rechtliche Vertrag als Sanierungsvertrag im Sinne des § 13 Abs. 4 BBodSchG im Zusammenhang mit Altlasten regelmäßig die technischen, zeitlichen und finanziellen Einzelheiten zu notwendigen Sanierungsmaßnahmen und damit gleichzeitig die Haftungsvoraussetzungen des Altlastenverantwortlichen. Der öffentlich-rechtliche Vertrag kann bei Beachtung der rechtlichen Voraussetzungen durchaus ein Mittel sein, Inanspruchnahmerisiken der Verantwortlichen zu minimieren. Auch aus Sicht der Verwaltung ist er aufgrund seiner Flexibilität besonders geeignet, einen Interessensausgleich zwischen öffentlicher und privater Seite zu erreichen, wenn die einseitige Durchsetzung behördlicher Maßnahmen verbunden mit anschließenden gerichtlichen Auseinandersetzungen die Durchführung von Sanierungsmaßnahmen auf unabsehbare Zeit hinausschiebt[19].

2.3. Definition des Ist-Zustandes: Standortbezogene rechtliche Konkretisierung von Haftungs- / Inanspruchnahmerisiken – Prüftabelle –

Es erfolgt eine Prüfung der Standortdatenlage im Hinblick auf das Vorliegen von Haftungs- / Inanspruchnahmerisiken bezüglich möglicher Gefahrenwirkungen und / oder ordnungsrechtlich unzulässiger Einwirkungen, die von Anlagen, Bauwerken oder Abfällen oder von der Stoffbelastung des Bodens ausgehen.

Tab. 1: Prüftabelle zur Ermittlung des Vorliegens von Haftungs- / Inanspruchnahmerisiken

		ja	nein
1	Privatrechtlich begründbare Ansprüche		
1.1	Vom Standort auf Nachbarschaftsgrundstücke ausgehende nachteilige Auswirkungen		
1.1.1	Grenzen		
	a) Bestehen Anhaltspunkte für nachbarrechtliche Ansprüche zur Errichtung oder Reparatur von Einfriedungen bzw. die Rück- oder Vorverlegung von Einfriedungen auf die Flurstücksgrenze?		
	b) Stehen zum Bewertungsstandort gehörende Gebäude / Anlagen auf Nachbargrundstücken, die Inhalt von Schadensersatz- oder Beseitigungsansprüchen sein können?		
	c) Können nachbarrechtliche Ansprüche für bestehende Dachtraufen geltend gemacht werden?		
	d) Können nachbarrechtliche Ansprüche bezüglich der Grenzbepflanzung (Mindestabstände) geltend gemacht werden?		
1.1.2	Medien		
	a) Führen Medien- und andere Leitungen vom betrachteten Standort auf Nachbargrundstücke und kann deren Beseitigung / Rückbau gefordert werden?		
1.1.3	Gebäude / Anlagen / Baugrund		
	a) Besteht Einsturzgefahr durch aufragende Bausubstanz / Anlagen auf Nachbargrundstücke?		
	b) Existieren Nachbarwände, aus deren pflichtgemäßem Erhalt nachbarrechtliche Forderungen erwachsen können?		
	c) Besteht eine Lärmbelästigung durch die Nutzung bzw. Tätigkeiten, die zu nachbarrechtlichen Forderungen führen können?		

19 siehe: Handlungsempfehlungen für ein effektives Flächenrecycling. UFOPLAN - FKZ 203 40 827. – DB AG / GPE i.A. d. UBA, 1999

	ja	nein
d) Können nachbarrechtliche Ansprüche bezüglich bestehender Bodenerhöhungen an Grundstücksgrenzen geltend gemacht werden?		
e) Führen Entsiegelungen auf dem betreffenden Grundstück zu Vernässungen / Baugrundbeeinträchtigungen des Nachbargrundstückes, die zu entsprechenden Forderungen führen können?		
f) Bestehen Anhaltspunkte zu weiteren Sachverhalten bzgl. der Gebäude / Anlagen und des Baugrundes, die zu nachbarrechtlichen Ansprüchen führen können?		
1.1.4 Umwelt		
a) Werden über den Luftweg Schadstoffe auf Nachbargrundstücke getragen?		
b) Wird das Grundwasser auf Nachbargrundstücken im Abstrom kontaminiert?		
c) Werden Oberflächenwässer auf Nachbargrundstücken kontaminiert?		
d) Wurden Abfälle auf Nachbargrundstücke verbracht?		
e) Gehen vom zu bewertenden Grundstück Geruchsbelästigungen auf Nachbargrundstücke aus?		
f) Existieren weitere Anhaltspunkte für vom Standort ausgehende nachteilige ökologische Auswirkungen auf Nachbarschaftsgrundstücke? (z.B. Gefährdung von Flora & Fauna)		
1.1.5 Sonstige nachteilige Auswirkungen auf Nachbargrundstücke		
a) Bestehen weitere Anhaltspunkte für nachteilige Auswirkungen auf Nachbargrundstücke, insbesondere aufgrund nachbarrechtlicher Regelungen der Bundesländer?		
1.2 Verpflichtungen des Grundstückseigentümers aus privatrechtlich vertraglichem Grund		
a) Bestehen privatrechtlich vertragliche Verpflichtungen zum Rückbau von Gebäuden oder Anlagen?		
b) Bestehen privatrechtlich vertragliche Verpflichtungen für umweltschutzbezogene Mehraufwendungen bei zukünftigen Baumaßnahmen einschließlich Rückbau?		
c) Bestehen privatrechtlich vertragliche Verpflichtungen zur Abfallbeseitigung?		
d) Existieren Forderungen auf Entschädigungen (z.B. Haftung für Berg- u. a. Schäden)		
e) Bestehen weitere privatrechtlich vertragliche Verpflichtungen?		
2 Verpflichtungen im Rahmen der öffentlich-rechtlichen Verantwortung und der Rechtspflichten des Grundstücksbesitzers		
2.1 Verpflichtungsgrundtyp einer bestandskräftigen Anordnung		
2.1.1 Verpflichtungsgrundtyp bestandskräftige Anordnung Untersuchung		
a) Liegt eine bestandskräftige Anordnung zur Durchführung von Untersuchungen / Gefahrenerforschungsmaßnahmen vor?		
2.2.2 Verpflichtungsgrundtyp bestandskräftige Anordnung Gefahrenabwehr		
a) Liegt eine bestandskräftige Anordnung zur Durchführung von Umweltschutzmaßnahmen zur Herstellung des ordnungsgemäßen Zustandes vor?		
2.2 Verpflichtungsgrundtyp behebungspflichtige ökologische Lasten		
2.2.1 Verpflichtungstyp Gefahrenerforschungsmaßnahmen		

	ja	nein
a) Bestehen konkrete Anhaltspunkte eines hinreichenden Verdachtes einer schädlichen Bodenveränderung oder einer Altlast, die die zuständige Behörde veranlassen könnten, Gefahrenerforschungsmaßnahmen (Gefährdungsabschätzung…) anzuordnen?		
b) Bestehen konkrete Anhaltspunkte eines hinreichenden Verdachtes von Gewässerverunreinigungen, die die zuständige Behörde veranlassen könnte, Gefahrenerforschungsmaßnahmen anzuordnen?		
c) Bestehen Anhaltspunkte für die Anordnung anderer oder weiterer Gefahrenerforschungsmaßnahmen?		
2.2.2 Verpflichtungstyp Gefahrenabwehr		
2.2.2.1 Schutzgut Mensch Lassen sich unter Berücksichtigung aller relevanten standortspezifischen Fakten und des Standes der wissenschaftlichen Erkenntnis über die ökologischen Konsequenzen der recherchierten Umweltsachverhalte Anhaltspunkte dafür ableiten, dass Leben und Gesundheit von Menschen gefährdet wären?		
a) Bestehen konkrete Anhaltspunkte zu Gesundheitsgefährdungen durch Ausgasungen und partikelgetragenen Transport von gesundheitsgefährdenden Schadstoffen (incl. Asbest)?		
b) Bestehen konkrete Anhaltspunkte zu Gesundheitsgefährdungen durch Schadstoffeintrag in öffentlich genutzte Oberflächenwässer wie z.B. Badegewässer?		
c) Bestehen Anhaltspunkte zu Gesundheitsgefährdungen durch Schadstoffeintrag in Trinkwasservorkommen?		
d) Bestehen Anhaltspunkte zu Gesundheitsgefährdungen durch Schadstoffeintrag in genutzte Grundwässer?		
e) Bestehen Anhaltspunkte zu Gesundheitsgefährdungen durch Kampfstoffe und Munition?		
f) Bestehen Anhaltspunkte zu Gesundheitsgefährdungen / akute Verletzungsgefahr durch Einstürze von Gebäuden und anderen Bauwerken wie auch Stützeinrichtungen, Anlagen, Böschungen und Felswänden, Rutschungen, sowie Einbrüche in den Untergrund?		
g) Bestehen Anhaltspunkte zu weiteren Gesundheitsgefährdungen?		
2.2.2.2 Schutzgut Boden		
a) Liegen Hinweise auf schädliche Bodenveränderungen vor?		
b) Lassen sich unter Berücksichtigung aller relevanten standortspezifischen Fakten Anhaltspunkte dafür ableiten, dass die standortrelevanten Bodenfunktionen durch schädliche Bodenveränderungen i. S. § 2 Abs. 3 BbodSchG beeinträchtigt sein können?		
2.2.2.3 Schutzgut Oberflächengewässer		
a) Existieren Oberflächengewässer in der Standortumgebung, die von diesem umweltrelevant beeinflusst werden könnten?		
b) Lassen sich unter Berücksichtigung aller relevanten standortspezifischen Fakten und des Standes der wissenschaftlichen Erkenntnis über die ökologischen Konsequenzen der recherchierten Umweltsachverhalte (Kontaminationen usw.) Anhaltspunkte dafür ableiten, dass eine Beeinflussung von Oberflächenwässern zu besorgen wäre?		
2.2.2.4 Schutzgut Grundwasser		
a) Existieren Grundwasservorkommen im Standortbereich, die von diesem umweltrelevant beeinflusst werden könnten?		

	ja	nein
b) Lassen sich unter Berücksichtigung aller relevanten standortspezifischen Fakten und des Standes der wissenschaftlichen Erkenntnis über die ökologischen Konsequenzen der recherchierten Umweltsachverhalte (Kontaminationen usw.) Anhaltspunkte dafür ableiten, dass eine Beeinflussung der Grundwassergüte zu besorgen wäre (Überschreitung der Geringfügigkeitsschwellen im Grundwasser durch standortbürtige Schadstoffe)?		
2.2.2.5 Sonstige betroffene Schutzgüter		
a) Existieren im Standortbereich weitere Schutzgüter?		
b) Liegen Anhaltspunkte für behördlich durchsetzbare Umweltschutzmaßnahmen wegen ökologischer Sachverhalte zur Abwehr von Gefahren für sonstige betroffene Schutzgüter vor?		
2.3 Verpflichtungsgrundtyp Rekultivierung / Stilllegung von Altablagerungen / Deponien		
a) Befinden sich auf dem Standort Altablagerungen / Deponien?		
b) Ist eine Behandlung gemäß Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz geboten?		
2.4 Verpflichtungsgrundtyp Abfallentsorgung		
a) Befinden sich, bezogen auf den Stichtag, auf dem Standort Abfälle, die gemäß § 3 Abs. 4 Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz zu entsorgen sind?		
2.5 Verpflichtungsgrundtyp Anlagenverwahrung gemäß Wasserhaushaltsgesetz (WHG)		
a) Sind auf dem Standort Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen vorhanden, deren vorschriftsmäßige Stilllegung erforderlich ist?		
2.6 Verpflichtungsgrundtyp Bergrecht		
a) Steht der Standort unter Bergrecht?		
b) Liegen Anhaltspunkte für bergrechtlich durchsetzbare Maßnahmen zum Rückbau von bergbaulichen Anlagen, zur Verwahrung von Schächten und Stollen, zur Rekultivierung und Wiedernutzbarmachung oder hinsichtlich wieterer bergrechtlicher Verpflichtungen vor?		
2.7 Verpflichtungsgrundtyp Atomrecht		
a) Liegen Anhaltspunkte dafür vor, dass am Standort mit radioaktiven Stoffen umgegangen wurde?		
b) Liegen Anhaltspunkte für atomrechtliche Entsorgungs- und Rückbauverpflichtungen vor?		
2.8 Verpflichtungsgrundtyp öffentlich-rechtlicher Vertrag		
a) Liegt ein öffentlich-rechtlicher Vertrag vor?		
b) Erwachsen aus dem öffentlich-rechtlichen Vertrag Verpflichtungen, die nicht in den voran stehenden Grundtypen enthalten sind?		

2.4. Rechtliche Konkretisierung des tolerablen Sollzustandes und Ableitung geeigneter Maßnahmen zu seiner Erreichung

2.4.1. Vorbemerkung

Im Ergebnis der in den Abschnitten 2.2 und 2.3 dargestellten Prüfung wird herausgestellt, welche Verpflichtungstypen für den Standort relevant sind (Ermittlung und rechtliche Konkretisierung des Istzustandes).

Zur Ermittlung und rechtlichen Konkretisierung des Sollzustandes sind für die Verpflichtungstypen

- Privatrecht
- Bestandskräftige Anordnung
- Rekultivierung / Stilllegung von Deponien
- Abfallentsorgung gem. § 3 Abs. 4 Krw.- / AbfG
- Anlagenverwahrung gem. WHG
- Bergrecht
- Atomrecht
- öffentlich-rechtlicher Vertrag

die erforderlichen und geeigneten Maßnahmen und deren Kosten weitgehend unmittelbar abzuleiten.
Für Verpflichtungstypen, die im Zusammenhang mit der Altlastenproblematik stehen, d.h. Gefahrenabwehrmaßnahmen für behebungspflichtige ökologische Lasten darstellen, sind gemäß BBodSchG einer Verhältnismäßigkeitsprüfung[20] zu unterziehen.

2.4.2. Umsetzung der Grundsätze der Verhältnismäßigkeit und der Nachhaltigkeit in der Altlastensanierung - aktueller Stand und Problematik

Altlasten sind nach deutschem Recht *‚stillgelegte Anlagen und sonstige Grundstücke, durch die schädliche Bodenveränderungen oder sonstige Gefahren hervorgerufen werden'*. (gekürzt nach § 2 Abs. 5 BBodSchG).

Verursacher, Eigentümer solcher Anlagen oder Grundstücke oder ggf. andere Verantwortliche gem. § 4 BBodSchG haben die Pflicht, Altlasten sowie durch Altlasten verursachte Verunreinigungen zu sanieren. Die Pflicht zur Altlastensanierung ist ausschließlich mit den Instrumentarien des Gefahrenabwehrrechts gegen den Pflichtigen durchsetzbar, der im Fall seiner Inanspruchnahme die Rechtmäßigkeit des ihn belastenden Verwaltungsakts am Kriterium des Verhältnismäßigkeitsgrundsatzes prüft.[21]
Das Verhältnismäßigkeitsprinzip, auch als Grundsatz der Verhältnismäßigkeit bezeichnet, ist ein Merkmal des Rechtsstaats. Zweck des Grundsatzes ist es, vor übermäßigen Eingriffen des Staats in Grundrechte, insbesondere auch in die allgemeine Handlungsfreiheit (Art. 2 Abs. 1 GG), zu schützen (daher oft auch Übermaßverbot genannt). Als verfassungsrechtliches Gebot ist der Grundsatz der Verhältnismäßigkeit gem. Art. 1 Abs. 3, Art. 20 Abs. 3 GG für die gesamte Staatsgewalt unmittelbar verbindlich.
Die Umsetzung des Verhältnismäßigkeitsprinzips bedeutet, dass die Maßnahme folgenden Kriterien entsprechen muss:

1. Die Maßnahme muss geeignet sein.

   Die Maßnahme ist geeignet, wenn sie die Erreichung des Zwecks (das angestrebte Sanierungsziel) kausal bewirkt oder zumindest fördert.

2. Die Maßnahme muss notwendig sein.

   Die Maßnahme ist erforderlich, wenn kein milderes Mittel gleicher Eignung zur Verfügung steht, genauer: wenn kein anderes Mittel verfügbar ist, das in gleicher (oder sogar besserer) Weise geeignet ist, den Zweck (das angestrebte Sanierungsziel) zu erreichen, aber den Betroffenen weniger belastet.

20 Dies gilt auch für behebungspflichtigen ökologischen Lasten, die im Zusammenhang mit der Rekultivierung von Altablagerungen oder mit dem Bergrecht stehen

21 Das gilt auch für öffentlich-rechtlich Verpflichtete, z. B die Freistellungsbehörde des Freistaates Thüringen, die das Eigentum der Allgemeinheit vor ungerechtfertigten Sanierungsforderungen der Vollzugsbehörden zu schützen hat.

3. Die Maßnahme muss angemessen sein

   Angemessen ist eine Maßnahme nur dann, wenn die Nachteile, die mit der Maßnahme verbunden sind, nicht völlig außer Verhältnis zu den Vorteilen stehen, die sie bewirkt. An dieser Stelle ist eine Abwägung sämtlicher Vor- und Nachteile der Maßnahme vorzunehmen. Abwägungskriterien können finanzieller Art, aber auch beispielsweise die Ökobilanz sein.

Weil die ordnungsrechtliche Inanspruchnahme eines Pflichtigen zur Altlastensanierung in ihrer Höhe durch den Grundsatz der Verhältnismäßigkeit der Mittel begrenzt wird und nur solche Maßnahmen durchgesetzt werden können, die geeignet, notwendig und angemessen sind, kommt der Umsetzung des Verhältnismäßigkeitsgrundsatzes bei der Altlastensanierung eine überragende Bedeutung zu. Bisher gibt es in der Bundesrepublik Deutschland zwar objektivierte Kriterien zur Beurteilung, ob eine Altlast vorliegt (z.B. Prüfwerte, Sickerwasserprognose), aber es wurden bisher noch kein objektiviertes Prüfsystem entwickelt, das es tatsächlich gestattet, verhältnismäßige von unverhältnismäßigen Sanierungsmaßnahmen begründet und nachvollziehbar zu trennen.

Zusätzlich soll die zu ergreifende Maßnahme dem Grundsatz der Nachhaltigkeit entsprechen. Dieser Begriff stammt ursprünglich aus der Forstwirtschaft und wird auf eine Publikation von Hans Carl von Carlowitz aus dem Jahr 1713 zurückgeführt, in der er von der *‚nachhaltenden Nutzung'* der Wälder schrieb. Hermann Friedrich von Göchhausen bezeichnet 1732 die Bewirtschaftungsweise eines Waldes, bei welcher immer nur so viel Holz entnommen wird, wie nachwachsen kann, so dass der Wald nie zur Gänze abgeholzt wird, sondern sich immer wieder regenerieren kann.

Die Weltkommission für Umwelt und Entwicklung[22] definiert die Nachhaltigkeit als Sozialethische, politische und ökologische Handlungsmaxime:

> *‚Nachhaltige Entwicklung ist eine Entwicklung, die den Bedürfnissen der heutigen Generation entspricht, ohne die Möglichkeiten künftiger Generationen zu gefährden, ihre eigenen Bedürfnisse zu befriedigen.'*

Bezogen auf die Altlastensanierung bedeutet dies, dass das Ergebnis der durchgeführten Maßnahmen auch für künftige Generationen zumindest ausreichend ist, d.h. auf keinen Fall wieder eine Verschlechterung des Zustandes eintreten darf[23].

2.4.3. Lösungsprinzip eines risikobasierten Prüfsystems

2.4.3.1. Grundprinzip

Die Autoren haben durch eine systematische praktische und konzeptionelle Arbeit diese Problematik verfolgt und legen die Lösung in Form eines risikobasierten Prüfsystems vor.

Das System basiert auf der Kombination der beiden für das Altlastenrisiko maßgeblichsten (prioritären) Risikofaktoren *‚Betroffenheit'* und *‚Sensibilität / Vulnerabilität'*[24] und deren 4-stufiger Graduierung. Die beiden prioritären Risikofaktoren spannen die maßgeblichste Risikoebene auf, die sich grafisch als Prüfungs- bzw. Entscheidungsmatrix für die Ableitung von Sanierungsmaßnahmen darstellen lässt (Abb. 4).

22 sog. ‚Brundtland-Kommission', 1987
23 gem. BBodSchG jedoch bezogen auf die planungsrechtlich zulässige Nachnutzung
24 Verletzbarkeit

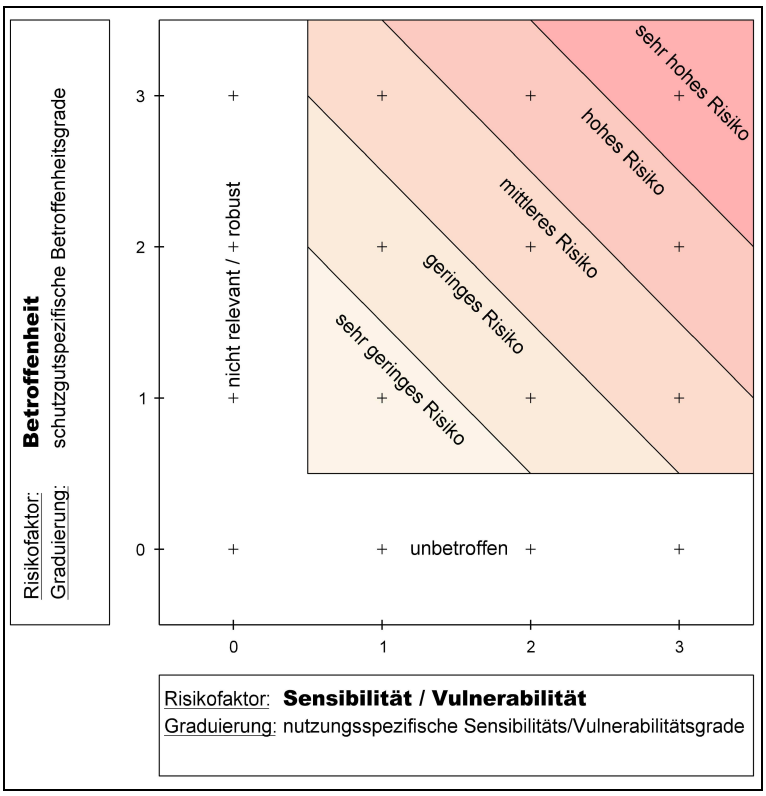


Abb. 4: Entscheidungsmatrix zur Umsetzung des Verhältnismäßigkeitsgrundsatzes bei Maßnahmen der Altlastensanierung in ihrer allgemeinen Form

Legende:

schutzgutspezifische Betroffenheitsgrade
- 0 - nicht betroffen
- 1 - geringfügig betroffen
- 2 - betroffen
- 3 - außer Funktion

nutzungsspezifische Sensibilitäts- / Vulnerabilitätsgrade
- 0 - robust
- 1 - gering sensibel
- 2 - sensibel
- 3 - höchst sensibel

Mit dieser Matrix wird das Altlastenrisiko in die 6 Risikoklassen (RK)

- RK 1: kein Risiko
- RK 2: sehr geringes Risiko
- RK 3: geringes Risiko
- RK 4: mittleres Risiko
- RK 5: hohes Risiko
- RK 6: sehr hohes Risiko

zerlegt, die im Schema diagonal angeordneten Dominanzfelder bilden. Die praktische Umsetzung dieser risikobasierten Prüfung erfolgt in der Weise, dass mit Hilfe des dargestellten grafischen Prüf- bzw. Entscheidungsschemas für jede Altlast eine Risikoeinstufung nach schutzgutspezifischen Maßstäben vorgenommen wird. An Hand von Prüfkriterien wird jedem standortrelevanten Schutzgut eine Position in der betreffenden Prüfmatrix zugewiesen. Im Ergebnis dieser Prozedur fällt das Schutzgut in das Dominanzfeld einer der 6 Risikostufen.
Die kompartimentsbezogenen standortspezifischen Sensibilitäts- / Vulnerabilitätsgrade und die jeweiligen schutzgutspezifische Betroffenheitsgrade werden in den nachfolgenden bodenschutz- und gewässerschutzbezogenen Abschnitten (2.4.4 und 2.4.5) erläutert.

2.4.3.2. Schutzgutbezogene Graduierung der Risikofaktoren

Jeder Risikofaktor besitzt eine schutzgutspezifische Ausprägung. Die Ausprägungen können bodenschutz- und / oder gewässerschutzbezogen sein:

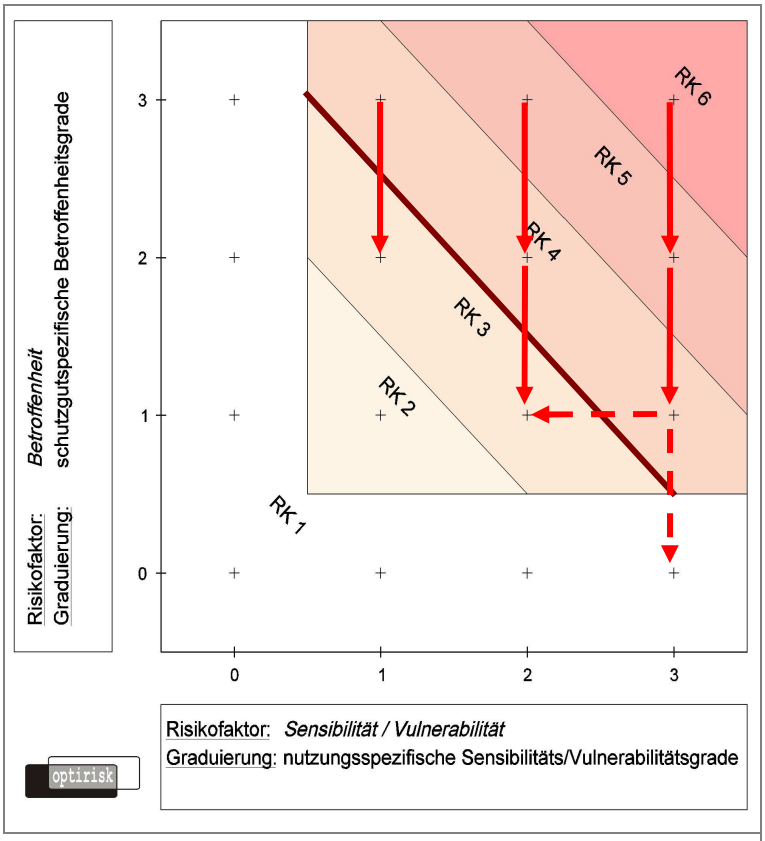
⇒	Bodenschutzbezogene Schutzgüter sind die standortrelevanten Bodenfunktionen, deren Betroffenheit und Sensibilität / Vulnerabilität für jeden zu bewertenden Standort zu definieren und zu graduieren sind.

⇒	Gewässerschutzbezogene Schutzgüter sind die standortrelevanten Gewässer in Form der einzelnen von bodenbürtigen Schadstoffen erreichbaren Oberflächengewässer und Grundwasservorkommen, deren Betroffenheit und Sensibilität / Vulnerabilität für jeden zu bewertenden Standort zu definieren und zu graduieren sind.

Die Definition und Graduierung muss nach möglichst objektiven Maßstäben vorgenommen werden. Dazu werden von den Autoren die jeweils adäquaten Kriterien entwickelt und zugeordnet. Wegen der rechtlichen Relevanz des Altlastenrisikos als Inanspruchnahmerisiko leiten die Autoren die Kriterien daher direkt aus den Strukturen des Bodenschutzrechts und des Gewässerschutzrechts ab.

2.4.3.3. Prinzipielle Ableitung verhältnismäßiger Maßnahmen

⇒	Die Verhältnismäßigkeit von Maßnahmen ist von der Position des Sanierungsobjekts im dargestellten Schema abhängig. Verhältnismäßig ist es in der Regel immer, akute Gefahren (sehr hohe Risiken) zu beheben sowie hohe und zumeist auch mittlere Risiken zu mindern. Unverhältnismäßig ist es, Veränderungen innerhalb des Niedrig-Risiko-Bereichs vorzunehmen, wenn dieser sicher erfasst und erkannt ist bzw. keine Gefahr für andere Schutzgüter ausgeht. Als unverhältnismäßig erweisen sich oft auch diejenigen Maßnahmen, deren Ziel in der Absenkung des Risikos um mehr als nur eine Risikoklasse besteht (außer bei Risikoklasse 6).



Legende:

Betroffenheit
0 - nicht betroffen
1 - geringfügig betroffen
2 - betroffen
3 - außer Funktion

Sensibilitäts- / Vulnerabilität
0 - robust
1 - gering sensibel
2 - sensibel
3 - höchst sensibel

RK = Risikoklassen
RK 1: kein Risiko
RK 2: sehr geringes Risiko
RK 3: geringes Risiko
RK 4: mittleres Risiko
RK 5: hohes Risiko
RK 6: sehr hohes Risiko / akute Gefahr

Sanierungsoptionen

Sanierungsziel für gewerbliche Nachnutzung

Abb. 5: Sanierungsoptionen zur Umsetzung des Verhältnismäßigkeitsgrundsatzes bei Maßnahmen der Altlastensanierung zur Verringerung des Betroffenheitsgrades (hier: für Gewerbeflächen)

Für die praktische Umsetzung bewährt sich die Ableitung folgender Sanierungsziele:

- Risikoklasse 3 (geringes Risiko) für gewerbliche Nutzung
- Risikoklasse 2 (sehr geringes Risiko) für Wohnbebauung
- Risikoklasse 1 (kein Risiko) für Kinderspielplätze

In den meisten Fällen beinhalten die Maßnahmen eine Verringerung des Betroffenheitsgrades, wie mit den senkrechten roten Pfeilen in Abb. 3 dargestellt. Eine Verringerung nutzungsspezifischer Sensibilitäts- / Vulnerabilitätsgrade als Sanierungsoption ist durch Nutzungsbeschränkungen gem. BBodSchG § 4 möglich (entspräche waagerecht nach links gerichteten Pfeilen im Diagramm).

2.4.4. Umsetzung des Verhältnismäßigkeitsgrundsatzes bei bodenschutzbezogenen Sanierungsmaßnahmen

Altlastensanierung ist eine Aktivität des nachsorgenden Bodenschutzes, die immer dann notwendig ist, wenn in der Vergangenheit den Erfordernissen des vorsorgenden Bodenschutzes nicht hinreichend Rechnung getragen wurde - mit der Konsequenz, dass sich dadurch ein nach heutigem Verständnis ordnungsrechtlich unzulässiger Zustand eingestellt hat. Unzulässig im bodenschutzrechtlichen Sinne ist, wenn die für den Standort relevanten Bodenfunktionen in gefahrenrelevanter Weise beeinträchtigt sind.

⇒	Als Konsequenz aus der Altlastendefinition ergibt sich, dass das Ziel bodenschutzbezogener Sanierungsmaßnahmen ausschließlich in der angemessenen Verringerung des Beeinträchtigungsgrades von Bodenfunktionen bestehen kann[25].

2.4.4.1. Einstufung / Graduierung bodenschutzbezogener Risikofaktoren

Im § 2 Abs. 2 des Bundesbodenschutzgesetzes sind insgesamt 8 Bodenfunktionen aufgeführt, die in natürliche Funktionen (Ziffer 1a, 1b, 1c), Archivfunktionen (Ziffer 2) und Nutzungsfunktionen (Ziffer 3a, 3b, 3c, 3d) gegliedert sind.

Als maßgebliche (prioritäre) Risikofaktoren erweisen sich für jede Bodenfunktion

- ihre Standortrelevanz (als bodenschutzbezogene Ausprägung des Risikofaktors *‚Sensibilität / Vulnerabilität'*) und
- ihr Beeinträchtigungsgrad (als bodenschutzbezogene Ausprägung des Risikofaktors *‚Betroffenheit'*).

Da für einen Standort in der Regel nicht alle Bodenfunktionen gleichbedeutend sind und die relevanten Bodenfunktionen hinsichtlich ihrer Bedeutung untereinander konkurrieren, müssen sie zur Umsetzung des Verhältnismäßigkeitsgrundsatzes gewichtet werden. Hierzu werden zunächst der Grad der Standortrelevanz und das Maß der Beeinträchtigung der Bodenfunktionen geprüft (siehe Tab. 2).

25 Die Reduktion des Altlastenrisikos auf ein Nullrisiko ist a priori unangemessen; die Erreichung des ursprünglichen Zustandes ist zudem meist technisch unmöglich. Eine solche Forderung wäre daher unverhältnismäßig und würde die Rechtswidrigkeit eines entsprechenden Verwaltungsaktes begründen.

Tab. 2: Prüftabelle zur Einschätzung der Beeinträchtigung der standortrelevanten Bodenfunktionen

Bodenfunktionen gem. § 2 Abs. 2 BBodSchG		**Relevanz** **für den Standort** ⓪ nicht standortrelevant ① bedingt standortrelevant ② standortrelevant ③ standortdominant	**Einschätzung der Beeinträchtigung der Bodenfunktionen**[26] ⓪ unbeeinträchtigt ① geringfügig beeinträchtigt ② beeinträchtigt ③ außer Funktion
1a	Funktion als Lebensgrundlage und Lebensraum für Menschen, Tiere, Pflanzen und Bodenorganismen	⓪ / ① / ② / ③	⓪ / ① / ② / ③
1b	Funktion als Bestandteil des Naturhaushalts, insbesondere mit seinen Wasser- und Nährstoffkreisläufen	⓪ / ① / ② / ③	⓪ / ① / ② / ③
1c	Funktion als Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaumedium für stoffliche Einwirkungen auf Grund der Filter-, Puffer-, und Stoffumwandlungseigenschaften, insbesondere auch zum Schutz des Grundwassers	⓪ / ① / ② / ③	⓪ / ① / ② / ③
2	Funktion als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte	⓪ / ① / ② / ③	⓪ / ① / ② / ③
3a	Funktion als Rohstofflagerstätte	⓪ / ① / ② / ③	⓪ / ① / ② / ③
3b	Funktion als Siedlungs- und Erholungsfläche	⓪ / ① / ② / ③	⓪ / ① / ② / ③
3c	Funktion als Standort für die land- und forstwirtschaftliche Nutzung	⓪ / ① / ② / ③	⓪ / ① / ② / ③
3d	Funktion als Standort für sonstige wirtschaftliche und öffentliche Nutzungen, Verkehr, Ver- und Entsorgung	⓪ / ① / ② / ③	⓪ / ① / ② / ③

Unter Berücksichtigung der Lage sowie der gegenwärtigen und prinzipiell möglichen zukünftigen Nutzung des jeweiligen Standortes kann abgeleitet werden, dass von den acht im BBodSchG aufgeführten Bodenfunktionen meist nur einige relevant bzw. bedingt relevant sind. Nur diesen ist ein entsprechendes Schutzbedürfnis zuzuerkennen. Die restlichen Bodenfunktionen sind für den Standort nicht relevant und gelten im Sinne der weiteren Bearbeitung als *‚unbeeinträchtigt'*.

Hinsichtlich der bewertungsrelevanten Bodenfunktionen ist zu beachten, dass bei der Erfüllung der altlastenbezogenen Pflichten gem. § 4 Abs. 4 BBodSchG das Schutzbedürfnis aus der planungsrechtlich zulässigen Nutzung abzuleiten ist, soweit dies mit dem Schutz der nicht nutzungsbedingten Bodenfunktionen (natürliche Funktionen und Archivfunktion) zu vereinbaren ist. Bei den meisten altlastenbehafteten Brachflächen ist die Leistungsfähigkeit des Bodens im Bezug auf die natürlichen Funktionen grundsätzlich herabgesetzt. Daraus resultiert, dass die natürlichen Bodenfunktionen hier nicht den gleichen Schutzanspruch genießen können, wie er bei einem naturnahen oder höherwertig genutzten Standort zu fordern wäre. Die Standortrelevanz in ökologischer Hinsicht für Gewerbestandorte oder gemischte Wohn- und Gewerbestandorte (Mischgebiete) leitet sich demnach aus planungsrechtlichen Einstufungen für das Grundstück ab.

26 Beeinträchtigungen der standortrelevanten Bodenfunktionen durch schädliche Bodenveränderungen i. S. § 2 Abs. 3 BBodSchG

Die Prüfmaßstäbe für die Bodenfunktionen leiten die Verfasser im Allgemeinen wie folgt ab:

- hinsichtlich des Risikofaktors *‚Sensibilität / Vulnerabilität'* aus der Standortrelevanz der Bodenfunktion unter Berücksichtigung der planungs- bzw. fachschutzrechtlichen Einstufung[27] und
- hinsichtlich des Risikofaktors *‚Betroffenheit'* im Wesentlichen aus der Beurteilung der anthropogenen Beeinflussung durch Kontaminationen sowie der Beeinträchtigung der standortspezifischen Stoffaustauschvorgänge im Boden.

Die Graduierung der Relevanz bzw. Sensibilität der jeweiligen Bodenfunktion wird nach folgenden Maßstäben durchgeführt:

Tab. 3: Allgemeine Graduierung der Relevanz bzw. Sensibilität der Bodenfunktionen

Kriterien		Beschreibung / Beispiele	X
0	nicht relevant	Für den Standort bestehen zum Status quo keine planungs- oder fachschutzrechtliche Ausweisungen oder andere Anhaltspunkte, aus denen eine Relevanz der Bodenfunktion abzuleiten wäre.	
1	bedingt relevant	Für den Standort bestehen zum Status quo planungs- oder fachschutzrechtliche Ausweisungen oder andere Anhaltspunkte dafür, dass die Bodenfunktion für Teilflächen des Standortes relevant oder für die Gesamtfläche von geringer Relevanz ist.	
2	relevant	Für den Standort existieren planungs- oder fachschutzrechtliche Ausweisungen oder andere Anhaltspunkte dafür, dass die Bodenfunktion für den gesamten Standort relevant ist.	
3	dominant	Die planungsrechtliche Ausweisung oder Vornutzung des Standortes bedingt eine vorrangige Bedeutung der Bodenfunktion. Diese dominiert alle anderen Bodenfunktionen.	

Die Graduierung der Beeinträchtigung der jeweiligen Bodenfunktion wird nach folgenden Maßstäben durchgeführt:

Tab. 4: Allgemeine Graduierung der Beeinträchtigung von Bodenfunktionen

Beeinträchtigungsgrad		Beschreibung / Beispiele	X
⓪	unbeeinträchtigt	Es liegen zum Status quo keine Hinweise oder Verdachtsmomente vor, aus denen schädliche Stoffbelastungen, mechanische Veränderungen oder anderweitige Beeinträchtigungen des Bodens aus der Vornutzung des Standortes oder dessen relevantem Umfeld abzuleiten wären, bzw. es liegen Ergebnisse von Untersuchungen vor, die solche Beeinträchtigungen ausschließen.	
①	geringfügig beeinträchtigt	Aus der Vornutzung des Standortes oder dessen relevantem Umfeld sind schädliche Stoffbelastungen, mechanische Veränderungen oder anderweitige Beeinträchtigungen des Bodens organoleptisch bzw. technisch-analytisch nachgewiesen oder zu prognostizieren. Die Beeinträchtigungen sind der Höhe nach niedrig bzw. geringfügig und / oder der Verbreitung nach punktuell bzw. kleinflächig. Die Bodenfunktion ist weitgehend intakt.	
②	beeinträchtigt	Schädliche Stoffbelastungen, mechanische Veränderungen oder anderweitige Beeinträchtigungen des Bodens sind durch die Vornutzung des Standortes oder dessen relevantem Umfeld erfolgt. Der Nachweis ist organoleptisch bzw. technisch-analytisch erbracht. Diese eingetretenen Beeinträchtigungen des Bodens sind als so hoch einzuschätzen bzw. nachgewiesen, dass über Teilareale des Standortes eine nachhaltige schädliche Veränderung des Bodens und ein Versagen der Bodenfunktion wahrscheinlich ist.	

27 Bestehen für den Standort keine planungsrechtlichen Ausweisungen, ist die Relevanz aus der Vornutzung oder standortrelevanten Umfeldnutzung abzuleiten.

Beeinträchtigungsgrad		Beschreibung / Beispiele	X
③	außer Funktion	Der Boden ist durch die Standortnutzung bzw. durch die Nutzung des relevanten Umfeldes über weite Areale des Standortes derart massiv beeinträchtigt, dass die definierte Funktion zum Status quo nicht mehr wirkt.	

In zahlreichen Fällen wird die Relevanz- und Beeinträchtigungsprüfung der Bodenfunktionen anhand der voran stehenden Tab. 3 und Tab. 4 unter der Voraussetzung gutachterlichen Sachverstandes relativ problemlos möglich sein. Für komplizierte Fälle, die eine detaillierte Durchdringung der Problematik erfordern, wird folgende Erläuterung und Hilfestellung gegeben, in der die Bodenfunktionen hinsichtlich der konkreten Gefährdungssachverhalte einzeln betrachtet werden.

Nachfolgendes Bewertungsmodell stellt die Bodenfunktionen und ihre Teilfunktionen sowie die jeweils zugehörigen Kriterien und Parameter zur Ableitung von Relevanz und Beeinträchtigung dar. Die Einstufung in die Klassen ⓪ bis ③ erfolgt anhand der Beurteilung des Grades der Ausprägung zugewiesener Parameter für die Relevanz, sowie auch für die Beeinträchtigung.

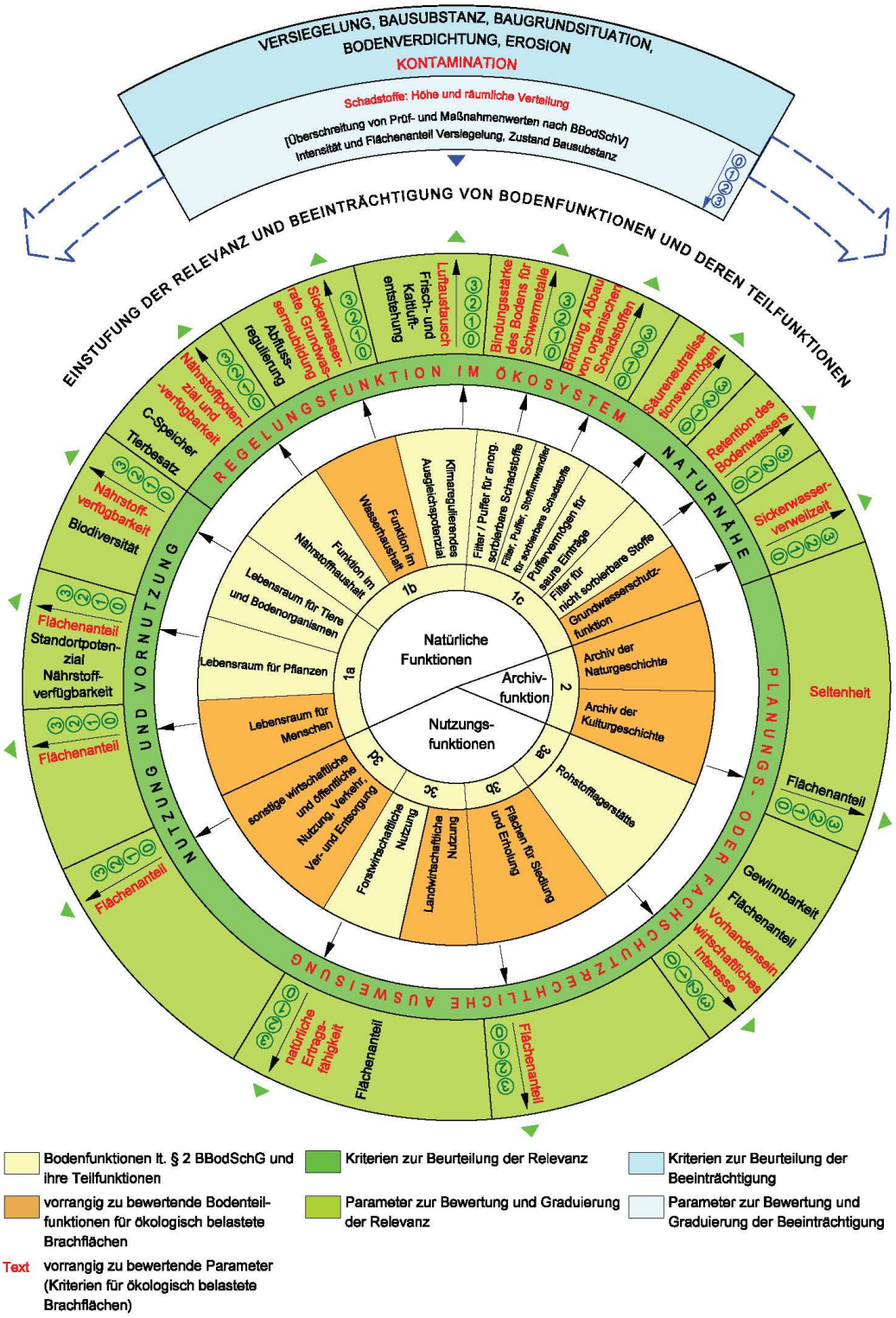


Abb. 6: Strukturelle Gliederung der Bodenfunktionen und ihrer Teilfunktionen mit zugeordneten Kriterien und Parametern zur Ableitung von Relevanz und Beeinträchtigung (A. Homuth, JENA-GEOS® 2009

Bodenfunktion 1a Funktion als Lebensgrundlage und Lebensraum für Menschen, Tiere, Pflanzen und Bodenorganismen (‚Lebensraumfunktion')

a) Allgemeine Beschreibung

In allen terrestrischen Ökosystemen bildet der Boden zusammen mit Wasser, Luft, Nährstoffen und Sonnenlicht die Lebensgrundlage für Menschen, Tiere, Pflanzen und Bodenorganismen. Praktisch jede menschliche Tätigkeit beansprucht Boden; aus Sicht des Individuums kommen dem Boden wichtige Funktionen als Wohn-, Arbeits- und Freizeitstätte zu, womit dieser die Grundlage für die Inanspruchnahme von Lebensraum bildet. Als Lebensraum bzw. Standort von Pflanzen ist der Boden ein wichtiger Bestandteil aller Biozönosen, an Standorten mit seltenen Pflanzen und Tieren eine Voraussetzung für den Biotop- und Artenschutz.

In der Gesetzesbegründung[28] heißt es: *‚Der Boden bildet zusammen mit Wasser, Luft und Sonnenlicht die Grundlagen allen Lebens in Landökosystemen. Er ist darüber hinaus Ausgangs- und Endpunkt der meisten wirtschaftlichen Aktivitäten des Menschen. Der Boden ist deshalb unverzichtbare natürliche Lebensgrundlage für Menschen, Tiere und Pflanzen und in dieser Funktion zu schützen. Der Boden ist darüber hinaus unmittelbarer Lebensraum für Bodenlebewesen und Mikroorganismen sowie Wurzelraum für Pflanzen.'*

b) Bedeutung der Lebensraumfunktion hinsichtlich der hier zu bewertenden Standorte

Wesentlich für das weitere Verständnis ist, dass die hier entwickelte und praktisch anzuwendende Methodik urbanen Standorten, die zumeist gewerblichen Nutzungen dienten, gilt, auf denen entsprechend der planungsrechtlichen Ausweisung eine Funktion als Lebensgrundlage für Tiere, Pflanzen und Bodenorganismen meist nur untergeordneter Natur sein kann und oft auch angesichts der Flächengröße keine herausragende Rolle spielt.

Zumeist sind die hier zu bewertenden Standorte durch ihre planungsrechtliche Ausweisung (Industrie-, Gewerbe- oder Mischgebiet) ganz oder mit Einschränkungen dem Lebensraum des Menschen zugeordnet, der die Fläche zur materiellen Produktion nutzte und wieder nutzen, zumindest den anthropogenen Bedürfnissen unterordnen wird.

Somit ist für die Anwendung der Methodik hier vorrangig die Bodenteilfunktion *‚Lebensgrundlage für Menschen'* zu bewerten. Bewertungskriterium ist die Überschreitung von Prüf- und Maßnahmewerten der BBodSchV (Wirkpfad Boden → Mensch).

Die Bodenteilfunktionen *‚Lebensraum für Tiere'* und *‚Lebensraum für Bodenorganismen'* sind im Zusammenhang mit den zu bewertenden Flächen nicht oder nur im Ausnahmefall relevant. Darüber hinaus liegen für diese Bodenteilfunktionen nur teilweise operationalisierte Bewertungshilfen in der Fachliteratur vor. Der Schutz des Lebensraumes für in Oberflächengewässern lebende Tiere, den Wirkpfad Boden → aquatische Lebensgemeinschaften (Fische, Frösche usw.) betreffend, wird im Abschnitt 2.4.5 mit der Bewertung des Oberflächengewässers unter ökosystemarem Aspekt behandelt.

In untergeordneten Fällen kann für die hier relevanten Standorte die Bodenteilfunktion *‚Lebensraum für Pflanzen'* eine gewisse Bedeutung haben, beispielsweise wenn planungsrechtlich eine Umnutzung im Sinne einer Renaturierung (z.B. Brachflächen im ländlichen Bereich, Stadtrandlagen) vorgesehen ist. Für Ausnahmestandorte im Sinne dieser Methodik, z.B. Naturräume, die ausdrücklich nicht für eine Nutzung durch den Menschen bestimmt sind, sind jeweils den Standortverhältnissen angemessene Bewertungskriterien heranzuziehen oder zu entwickeln. Kriterien für die

28 Gesetzesbegründung zum BBodSchG, BR-Drs, 702/96, S. 82f

Bewertung wären dann die natürliche Bodenfruchtbarkeit und das Standortpotenzial für natürliche Pflanzengesellschaften. Gleiches kann gelten, wenn der zu betrachtende Standort planungsrechtlich dem Lebensraum des Menschen zwar zugeordnet, in der Realität diese Funktion jedoch nur einem minder großen Teil des Standortes gilt.

c) Prüfung der Standortrelevanz bzw. -sensibilität der Bodenfunktion 1a

Die Teilfunktion als Lebensgrundlage und Lebensraum für Menschen ist zunächst hinsichtlich ihrer Relevanz für die zu beurteilenden ökologisch belasteten Brachflächen zu prüfen.

Die Graduierung der Relevanz der Bodenfunktion 1a für den jeweiligen Standort wird nach folgenden Kriterien durchgeführt:

Tab. 5: Relevanzprüfung der Bodenfunktion 1a: Zuordnung zum Lebensraum des Menschen

Kriterien		Beschreibung / Beispiele	X
⓪	nicht relevant	Für den Standort bestehen zum Status quo keinerlei planungs- oder fachschutzrechtlichen Ausweisungen als Industrie-, Gewerbe- oder Mischgebiet sowie als Wohngebiet, Park- oder Freizeitanlage. Der Standort wird auch nicht als solches genutzt. Aus der Vornutzung des Standortes sind keine Anhaltspunkte für eine Relevanz der Bodenfunktion ableitbar.	*)
①	bedingt relevant	Der Standort ist planungs- oder fachschutzrechtlich als Industrie-, Gewerbe- oder Mischgebiet oder als Wohngebiet, Park- oder Freizeitanlage ausgewiesen und wird bzw. wurde zu Teilen auch als solches genutzt.	*)
②	relevant	Der Standort ist planungs- oder fachschutzrechtlich als Industrie-, Gewerbe- oder Mischgebiet oder als Wohngebiet, Park- oder Freizeitanlage ausgewiesen und wird bzw. wurde zum überwiegenden Teil auch als solches genutzt. Der überwiegende Teil des Standortes ist dem Lebensraum des Menschen zugeordnet.	
③	dominant	Der Standort ist planungs- oder fachschutzrechtlich als Industrie-, Gewerbe- oder Mischgebiet oder als Wohngebiet, Park- oder Freizeitanlage ausgewiesen. Diese Einstufung und die tatsächliche Nutzung dominiert alle anderen Funktionen.	

*) trifft dies zu, ist auch die Relevanz der anderen Teilfunktionen (Pflanzen, Tiere, Bodenorganismen) zu prüfen.

d) Beurteilung des Beeinträchtigungsgrades der Bodenfunktion 1a

Beeinträchtigungen der Bodenfunktion liegen vor, wenn deren Funktion in Frage gestellt ist. Mögliche Beeinträchtigungen der Bodenteilfunktion *‚Lebensraum des Menschen'* erfolgen im Wesentlichen durch Schadstoffeinträge. Beurteilungskriterien sind die Höhe der Schadstoffkonzentrationen und die räumliche Verbreitung der Schadstoffbelastung für den Wirkpfad Boden → Mensch innerhalb des Beurteilungsintervalles von 0,0 bis 0,1m unter GOK.

Konkret heranzuziehen sind

1. die Prüf- und Maßnahmewerte entsprechend Anhang 2 BBodSchV (Wirkpfad Boden → Mensch) bzw.
2. bei dortigem Fehlen der standortrelevanten Parameter andere geeignete Bewertungshilfen, wie z.B. die des Freistaates Sachsen[29] (Gefahrenbezogene Orientierungswerte der Kategorien I und II für den Wirkpfad Boden-Mensch),

jeweils unter Beachtung des Grundprinzips der Einzelfallprüfung (Berücksichtigung von Exposition, Versiegelung, Verfügbarkeit usw.).

Tab. 6: Graduierung der Beeinträchtigung der Bodenfunktion 1a

Beeinträchtigungsgrad		Beschreibung / Beispiele	X
⓪	unbeeinträchtigt	Es liegen zum Status quo keine Hinweise oder Verdachtsmomente vor, aus denen schädliche Stoffbelastungen des Bodens für den Wirkpfad Boden → Mensch aus der Vornutzung des Standortes oder dessen relevantem Umfeld abzuleiten wären, bzw. es liegen Ergebnisse von Untersuchungen vor, die solche Beeinträchtigungen ausschließen.	
①	geringfügig beeinträchtigt	Aus der Vornutzung des Standortes oder dessen relevantem Umfeld sind schädliche Stoffbelastungen des Bodens für den Wirkpfad Boden → Mensch organoleptisch bzw. technisch-analytisch nachgewiesen oder zu prognostizieren. Die Beeinträchtigungen sind der Höhe nach niedrig bzw. geringfügig und / oder der Verbreitung nach punktuell bzw. kleinflächig. Die Bodenfunktion ist weitgehend intakt.	
②	beeinträchtigt	Schädliche Stoffbelastungen des Bodens für den Wirkpfad Boden → Mensch sind durch die Vornutzung des Standortes oder dessen relevantem Umfeld erfolgt. Der Nachweis ist organoleptisch bzw. technisch-analytisch erbracht. Diese eingetretenen Beeinträchtigungen des Bodens sind als so hoch einzuschätzen bzw. nachgewiesen, dass über größere Teilareale des Standortes eine nachhaltige schädliche Veränderung des Bodens und ein Versagen dieser Bodenfunktion wahrscheinlich ist.	
③	außer Funktion	Schädliche Stoffbelastungen des Bodens für den Wirkpfad Boden → Mensch sind durch die Vornutzung des Standortes oder dessen relevantem Umfeld erfolgt. Der Nachweis ist organoleptisch bzw. technisch-analytisch erbracht. Diese eingetretenen Beeinträchtigungen des Bodens sind derart hoch, dass weite Areale des Standortes massiv beeinträchtigt sind und die definierte Funktion zum Status quo nicht mehr wirkt.	

Zusätzlich können sich für die Bodenfunktion 1a Beeinträchtigungen durch die vorhandene Bausubstanz (incl. Versiegelung) und / oder eine ungünstige Baugrundsituation am Standort ergeben. Dies ist bei der Beurteilung im Einzelfall zu prüfen und findet seine Berücksichtigung bei den Bodenfunktionen 3b und 3d.

29 Bewertungshilfen bei der Gefahrenverdachtsermittlung in der Altlastenbehandlung, Teil A: Orientierungswerte zur Ermessensausübung sowie Prüf- und Maßnahmewerte, 1. Direktpfad Boden-Mensch. – Hrsg,: Sächs. Landesamt für Umwelt und Geologie, 2002 und Fortschreibungen

Bodenfunktion 1b Funktion als Bestandteil des Naturhaushaltes, insbesondere mit seinen Wasser- und Nährstoffkreisläufen

a) Allgemeine Beschreibung

‚Im Boden laufen unverzichtbare Teile der Stoffkreisläufe des Naturhaushaltes ab. Er erfüllt damit zentrale Regelungsfunktionen in den Ökosystemen. Als besonders markantes Beispiel wird auf seine Funktion im Wasserhaushalt und bei der Bereitstellung von Pflanzennährstoffen verwiesen. Böden sind auch wesentlich am globalen Kohlenstoff- und Stickstoff-Kreislauf beteiligt. Störungen der Bodenfunktionen können zu zusätzlichen Freisetzungen klimawirksamer Spurengase führen und die CO2-Festlegung durch die Vegetation beeinträchtigen' (BR-Drucksache, 702 / 96).

Im Wesentlichen werden folgende Bodenteilfunktionen unterschieden[30]:

- Die Funktion des Bodens im Wasserhaushalt mit den Kriterien
  a) Abflussregulierung
  b) Beitrag zur Grundwasserneubildung
  c) allgemeine Wasserhaushaltsverhältnisse
  beschreibt die Fähigkeit des Bodens, den Zufluss zum Oberflächen- und Grundwasser zu steuern.
- Die Funktion des Bodens im Nährstoffhaushalt mit den Kriterien Nährstoffpotenzial und Nährstoffverfügbarkeit beschreibt die Fähigkeit des Bodens, insbesondere basische Kationen für Pflanzen zur Verfügung zu stellen, um eine ausreichende Pflanzenernährung zu gewährleisten, sowie auch Nährstoffe für Bodenorganismen bereitzuhalten.
- Die Funktion des Bodens im sonstigen Stoffhaushalt ist durch kein eigenständiges Kriterium operationalisiert. Entsprechende Eigenschaften des Bodens sind als Kriterien der Puffer- und Filtereigenschaften bei der Bodenfunktion 1c enthalten.

b) Bedeutung der Bodenfunktion 1b hinsichtlich der hier zu bewertenden Standorte

- Allgemein: Die Funktion im Naturhaushalt mit seinen Wasser- und Nährstoffkreisläufen wird primär durch die Lage der hier zu bewertenden Standorte im urbanen Bereich und der damit im Zusammenhang stehenden Ausgliederung aus der naturnahen Flächennutzung von vornherein zurückgedrängt. Durch zumeist großflächige Bodenverdichtung, Überbauung bzw. Durchörterung mit unterflur verlegten Ver- und Entsorgungstrassen, Versiegelung, künstlicher Ableitung des Niederschlagswassers und lokalen Verunreinigungen ist die Leistungsfähigkeit der den Naturhaushalt aufbauenden Umweltgüter z.B. in den Stadtgebieten deutlich reduziert. Zudem ist oft der Einfluss der zu bewertenden Standorte auf den Naturhaushalt angesichts ihrer geringen Flächengröße anteilmäßig zu vernachlässigen.
- Wasserhaushalt: Die Bodenteilfunktion *‚Wasserhaushalt'* ist unter Berücksichtigung der voranstehenden Einschränkungen relevant, wenn die strukturellen und substantiellen Eigenschaften des Untergrundes (auch angesichts der anthropogenen Überprägung) einen spürbaren Einfluss des Standortes auf den Wasserhaushalt zulassen.
- -Nährstoffhaushalt: Die Bodenteilfunktion *‚Nährstoffhaushalt'* bezieht sich im Rahmen der Bewertung vorrangig auf die Pflanzenernährung. Sie ist bei brachliegenden Gewerbestandorten für eine Beurteilung nur sinnvoll, wenn bei der Bodenfunktion 1a für den gleichen Standort zumindest eine teilweise Relevanz für die Bodenteilfunktion *‚Lebensgrundlage für Pflanzen'* erkannt wurde.

30 u.a. nach: Zusammenfassung und Strukturierung von relevanten Methoden und Verfahren zur Klassifikation und Bewertung von Bodenfunktionen für Planungs- und Zulassungsverfahren mit dem Ziel der Vergleichbarkeit. – Planungsgruppe Ökologie + Umwelt GmbH, Juli 2003, i. A. der LABO

c) Prüfung der Standortrelevanz / -sensibilität der Bodenfunktion 1b

Die Graduierung der Relevanz der Bodenfunktion 1b für die zu beurteilenden ökologisch belasteten urbanen Standorte wird in Folge der Erläuterungen unter Punkt b) für die Teilfunktion *‚Wasserhaushalt'* und untergeordnet für die Funktion *‚Nährstoffhaushalt'* durchgeführt:

Tab. 7: Relevanzprüfung der Bodenfunktion 1b: Zuordnung zum Naturhaushalt

Kriterien		Beschreibung	X
⓪	nicht relevant	Die Bodenfunktion ist hinsichtlich Lage (z.B. Urbanität) und Größe des Standortes derart unbedeutend, dass dem Boden eine Regelungsfunktionen im örtlichen Ökosystem nicht zuzuerkennen bzw. zu vernachlässigen ist. Der Boden des Standortes kann zum Status quo keine bzw. nur äußerst geringe Funktionen bezüglich des Wasser- und des Nährstoffhaushaltes erfüllen. [1)]	
①	bedingt relevant	Der Anteil des Standortes am Naturhaushalt ist angesichts seiner geringen Größe / Fläche gering. *oder* Der Boden des Standortes hat einen geringen Einfluss auf den Wasserhaushalt und / oder einen geringen Anteil am Nährstoffhaushalt.[2)]	
②	relevant	Der überwiegende Teil des Standortes ist naturnah ausgeprägt. Der Boden hat als unverzichtbarer Bestandteil der ökosystemaren Einheit einen deutlichen Einfluss auf den Wasserhaushalt durch die Abflussregulierung zum Oberflächengewässer bzw. durch die Grundwasserneubildung des Einzugsbereiches; und / oder einen wichtigen Anteil am Nährstoffhaushalt.[3)]	
③	dominant	Der Standort ist naturnah ausgeprägt. Die Standorteigenschaften werden durch die Naturhaushaltsfunktion des Bodens bestimmt. Der Standort ist hinsichtlich Lage und Größe von hoher Bedeutung bzgl. der Regelung des Naturhaushaltes im örtlichen Ökosystem. [4)]	

Beispiele / nähere Erläuterungen:

1) Der Standort ist von geringer Größe gemessen an der ökosystemaren Einheit *oder* im Untergrund existiert kein Grundwasser *oder* der Standort ist frei von Vegetation.

2) Der Boden hat einen geringfügigen Anteil an der Abflussregulierung zum Oberflächengewässer bzw. einen geringen Anteil an der Grundwasserneubildung im Einzugsbereich.

3) Weite Areale des Standortes sind naturnah ausgeprägt, es existieren beeinflussbare Oberflächen- und / oder Grundwasservorkommen. Der Boden führt den Pflanzen ausreichend Nährstoffe zu.

4) Der Standort hat bedeutenden (Flächen-)Anteil an der ökosystemaren Einheit. Er verfügt über Grund- und / oder Oberflächenwasservorkommen (z.B. Wassergrundstücke) oder erhaltenswerte Biotope, Pflanzengesellschaften. Der Boden führt den Pflanzen ausreichend Nährstoffe zu.

d) Beurteilung des Beeinträchtigungsgrades der Bodenfunktion 1b

Beeinträchtigungen der Bodenfunktion liegen vor, wenn deren Funktion in Frage gestellt ist. Mögliche Beeinträchtigungen der Naturhaushaltsfunktion erfolgen

- für den Wasserhaushalt durch Kontaminationen, Versiegelung, Verdichtung, künstlicher Ableitung des Niederschlagswassers, etc. und
- für das Nährstoffpotenzial oder die Nährstoffverfügbarkeit ebenfalls durch mechanische Eingriffe (s.o.) oder durch chemische Beeinträchtigung (Schadstoffe).

Tab. 8: Graduierung der Beeinträchtigung der Bodenfunktion 1b

Beeinträchtigungsgrad		Beschreibung / Beispiele	X
⓪	unbeeinträchtigt	Der Boden des Standortes ist nicht oder nur unwesentlich anthropogen überprägt. Es liegen keine Hinweise oder Anhaltspunkte auf Schadstoffeinträge vor.	
①	geringfügig beeinträchtigt	Durch mechanische und / oder chemische Beeinflussung ist die natürliche Abflussregelung zum Oberflächengewässer, die vormals natürliche Grundwasserneubildung und / oder die Nährstoffbereitstellung durch den Boden beeinträchtigt. Diese Beeinträchtigungen sind der Höhe nach niedrig bzw. geringfügig und / oder der Verbreitung nach punktuell bzw. kleinflächig. Der Nachweis ist organoleptisch bzw. technisch-analytisch erbracht oder zumindest entsprechend vorliegender Indizien zu prognostizieren. Die Bodenfunktion ist weitgehend intakt.	
②	beeinträchtigt	Es haben mit Versiegelung, Verdichtung, Bodenaustausch und / oder anderen anthropogenen Überprägungen incl. chemischer Beeinträchtigungen (Schadstoffe) über größere Teilflächen des Standortes Eingriffe in den Boden stattgefunden. Dadurch kann dieser über weite Areale des Standortes seiner ursprünglichen Funktion und Bedeutung für die natürliche Abflussregelung zum Oberflächengewässer, der vormals natürlichen Grundwasserneubildung und / oder der Nährstoffbereitstellung nicht mehr gerecht werden. In diesen Bereichen ist eine nachhaltige schädliche Veränderung des Bodens und ein Versagen dieser Bodenfunktion wahrscheinlich. Der Nachweis ist organoleptisch bzw. technisch-analytisch erbracht.	
③	außer Funktion	Es haben mit Versiegelung, Verdichtung, Bodenaustausch und / oder anderen anthropogenen Überprägungen incl. chemischer Beeinträchtigungen (Schadstoffe) derart massive und großflächige Eingriffe in den Boden stattgefunden, dass dieser seiner ursprünglichen Bedeutung für die natürliche Abflussregelung zum Oberflächengewässer, der vormals natürlichen Grundwasserneubildung und / oder der Nährstoffbereitstellung nicht mehr gerecht werden kann. Der Nachweis ist organoleptisch bzw. technisch-analytisch erbracht.	

<u>Bodenfunktion 1c</u> **Funktion als Abbau, -Ausgleichs- und Aufbaumedium für stoffliche Einwirkungen auf Grund der Filter-, Puffer- und Stoffumwandlungseigenschaften, insbesondere auch zum Schutz des Grundwassers**

<u>a) Allgemeine Beschreibung</u>

‚*Die Fähigkeit des Bodens, als Filter und Puffer Stoffeinträge mechanisch zurückzuhalten oder durch Sorption festzulegen, trägt entscheidend zum Schutz des Grundwassers und der Oberflächengewässer gegen Schadstoffeinträge bei. Aufgrund der in Nr. 1 u. 2 genannten Funktionen bedeutet Bodenschutz insoweit zugleich GW-Schutz. Die in Nr. 3 genannte Bodenfunktion mindert auch die Weitergabe von schädlichen Stoffen an Pflanzen, Tiere oder Menschen. Natürliche organische Reste werden im Boden unter Nährstofffreisetzung abgebaut oder zu langlebigen Humusstoffen umgebaut. Darüber hinaus vermag der Boden bestimmte organische Schadstoffe durch Umbau oder Abbau zu verändern bzw. zu unbedenklichen Stoffen zu mineralisieren. Die Leistungsfähigkeit des Bodens, stoffliche Einwirkungen zu kompensieren, ist jedoch begrenzt, ihre Überforderung führt zur Minderung oder zum Zusammenbruch wichtiger Bodenfunktionen. Beispielsweise führt die Überforderung der Pufferkapazität von Böden durch hohen Eintrag von Säurebildnern zu Veränderungen der Bodenbiologie, der Humusbildung sowie zur Mobilisierung von Schadstoffen.*‘[31]

‚*Böden können aufgrund ihrer Filter-, Puffer- und Stoffumwandlungseigenschaften bestimmte Schadstoffe unschädlich machen oder aus dem Stoffkreislauf entfernen. So wird z. B. das Niederschlagswasser während der Bodenpassage gefiltert, Nährstoffe werden zurückgehalten und Schadstoffe können in die Bodenmatrix eingelagert werden. Organische Schadstoffe werden hauptsächlich durch mikrobielle Prozesse im Boden umgewandelt. Der Boden kann durch solche und andere Prozesse auch eine Senkenfunktion im Ökosystem erfüllen. Ebenso werden H^+- und OH^--Ionen neutralisiert, d. h. Reaktionsänderungen werden so abgepuffert, dass sich der pH-Wert nicht oder nur wenig ändert. Eine Beeinträchtigung der Filter-, Puffer- und Stoffumwandlungseigenschaften kann dazu führen, dass Schadstoffe mobilisiert werden und in das Grundwasser gelangen.*‘[32]

<u>b) Bedeutung der Bodenfunktion hinsichtlich der hier zu bewertenden Standorte</u>

Es werden die Bodenteilfunktionen mit folgenden Bewertungskriterien unterschieden:

Tab. 9: Bodenteilfunktionen und Bewertungskriterien der Bodenfunktion 1c
(Auszug aus Planungsgruppe Ökologie + Umwelt GmbH, Juli 2003, Anhang)

Bodenteilfunktion	Kriterium
- Filter und Puffer für anorganische sorbierbare Schadstoffe	- Bindungsstärke des Bodens für Schwermetalle
- Filter, Puffer und Stoffumwandler für organische Schadstoffe	- Bindung und Abbau von organischen Schadstoffen
- Puffervermögen des Bodens für saure Einträge	- Säureneutralisationsvermögen
- Filter für nicht sorbierbare Stoffe	- Retention des Bodenwassers
generelle Beurteilung des Bodens als Medium zum Schutz des Grundwassers	Sickerwasserverweilzeit, Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung

31 Bundesrat-Drucksache, 702/96
32 aus: Bodenbericht des Landes Mecklenburg-Vorpommern. – LUNG Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie, Güstrow, 2002

Die Erfahrungen der Autoren zeigen, dass diese Bodenfunktion für zahlreiche, insbesondere ehemals gewerblich genutzte Standorte eine hohe Bedeutung hat. Ursache ist zumeist die historische Besiedlung mit Wohnen und Gewerbe in den Talauen (in den Anfängen bereits seit dem Neolithikum). Die grundsätzliche geologisch-hydrogeologische Situation in den mitteleuropäischen Auen ist zumeist vergleichbar: Unter Mutterboden und Auffülle steht Auelehm an, unter dem sich zumeist eine grundwassererfüllte Kiessandterrasse befindet. Die Korrespondenz zwischen Fließgewässer und Grundwasser wird zumeist vom Kolmationsgrad bestimmt.

Der Auelehm hat eine wichtige Grundwasserschutzfunktion inne; er bewahrt es vor einem Schadstoffeintrag. Er kann jedoch primär (sedimentär) oder sekundär (erosionsbedingt) fehlen. Durch die Bebauung (Unterkellerungen, Fundamentgründungen etc.), aber auch in zahlreichen Fällen durch bergbauliche Tätigkeiten (Kiesgruben in den Flußauen an den Stadträndern) ist der Auelehm in seiner Mächtigkeit in vielen Fällen reduziert bzw. völlig verritzt.

Durch in der Vergangenheit weniger umwelt-fachgerecht ausgelegte Produktionsanlagen, durch sorgloseren Umgang mit Chemikalien und Schadstoffen, durch Handhabungs- und Lagerungsverluste, aber auch durch Kriegseinwirkungen und Havarien, kam es zum Schadstoffeintrag in den Boden und - beim Versagen der Bodenfunktion 1c - in das Grundwasser. Ein solcher Schadstoffeintrag in das Grundwasser ist entweder die Folge eines äußerst massiven Eintrages (*‚Durchschlagen'*) oder des partiellen Fehlens des Auelehms, beispielsweise im Bereich von Fundamentgründungen oder Kanalisationen. Es bildet sich in modellhafter Sichtweise eine Schadstofffahne im Grundwasser aus, deren Größe und Erstreckung von geologischen Faktoren bestimmt wird.

c) Prüfung der Standortrelevanz / -sensibilität der Bodenfunktion 1c

Für die Prüfung der Standortrelevanz der Bodenfunktion 1c wird folgendes Beurteilungsmuster vorgestellt:

Tab. 10: Relevanzkriterien und -prüfung für die der Bodenfunktion 1c

Kriterien		Beschreibung / Beispiele	X
⓪	nicht relevant	Es existieren im vom Standort beeinflussbaren Bereich keine ausgebildeten Grundwässerkörper.	
①	bedingt relevant	Es existieren im vom Standort beeinflussbaren Bereich nur *‚schwebende Grundwässer'*, auch in überwiegend bindigen Horizonten. Der Standort ist entsprechend seiner Nutzung derart weitflächig und wirksam versiegelt, dass die Grundwasserschutzfunktion nur eine ergänzende ist.	
②	relevant	Der Boden nimmt eine wichtige Funktion zum Schutz des Grundwassers ein.	
③	dominant	Die Funktion dominiert als alleinige oder gegenüber andern relevanten Funktionen herausragend die Nutzung. Beispiel: Grundstücke mit Wassergewinnungsanlagen oder deren unmittelbarer Umgebung.	

d) Beurteilung des Beeinträchtigungsgrades der Bodenfunktion 1c

Als Beurteilungshilfe für die in Tab. 13 erfolgende Beurteilung des Beeinträchtigungsgrades der Bodenfunktion 1c kann folgende Zusammenstellung herangezogen werden:

Tab. 11: Substantieller Aufbau der dem Standort unterlagernden Schichtenfolgen einschließlich anthropogener Schichten, deren Mächtigkeit, ihres Rückhalte- und Puffervermögens gegenüber Schadstoffen bzw. Schadstoff führender Wässer und ihrer hydrogeologischen Klassifizierung
(grau: Beispiel Modellstandort C)

Nr.	Mächtigkeit	Gestein	hydrgeol. Klassifizierung	Filter-, Puffer-, Umwandlungsvermögen gegenüber Standort-spezifischen Schadstoffen	Schadstoffbelastung		
					punktuell	lokal	flächig
1	0,0 - 4,0	AA	GW-Leiter	-	0	A	B
2	0,0 - 3,0	AL	GW-Stauer	+	0	A	B
3	2,0 - 5,0	KS	GW-Leiter	-	0	A	B
4		TST	GW-Stauer	+	0	-	-

Legende:

↑

+	stark
(+)	eingeschränkt
-	nicht vorhanden
?	noch unklar

↑

A: Klassifizierung auf Analysen gestützt
B: Klassifizierung prognostisch / Analogien
0: nicht zutreffend

Tab. 12: Einschätzung der Beeinträchtigung der Bodenfunktion 1c

Beeinträchtigungsgrad		Beschreibung / Beispiele	X
⓪	unbeeinträchtigt	Es liegen keine Hinweise oder Anhaltspunkte auf Schadstoffeinträge vor. Die Grundwasserschutzfunktion ist intakt.	
①	geringfügig beeinträchtigt	Stoffbelastungen des Bodens sind organoleptisch bzw. technisch-analytisch nachgewiesen oder zu prognostizieren. Die Stoffbelastungen sind niedrig, mit geringer Umweltrelevanz und / oder punktuell. Stoffnachschub ist nicht oder nur in geringem Maße zu prognostizieren. Die Bodenfunktion ist weitgehend intakt (nur partiell, punktuell oder geringfügig beeinträchtigt).	
②	beeinträchtigt	Am Standort ist eine starke Stoffbelastung nachgewiesen, beispielsweise haben Schadstoffe hoher Umweltrelevanz die Schichtenfolge über Teilareale des Standortes durchdrungen. Die Grundwasserschutzfunktion des Bodens ist über Teilbereiche des Standortes unwirksam und somit dort nachhaltig schädlich verändert, d.h. wenn die Schadstoffe die Schichtenfolge durchdringen konnten, ist die Funktion der Einzelschicht unwirksam.	
③	außer Funktion	Am Standort ist eine sehr starke Stoffbelastung nachgewiesen, beispielsweise haben Schadstoffe mit hoher Umweltrelevanz die Schichtenfolge massiv und über weite Areale durchdrungen. Der Boden ist durch die Standortnutzung bzw. durch die Nutzung des relevanten Umfeldes über weite Areale des Standortes derart massiv beeinträchtigt, dass die definierte Funktion zum Status quo nicht mehr wirkt.	

Bodenfunktion 2 Funktion als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte

a) Allgemeine Beschreibung

Der Boden dokumentiert die Erd- und Landschaftsgeschichte als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte. Er konserviert die Spuren seiner langen natürlichen Entwicklung.
Als Archiv der Kulturgeschichte enthalten Böden Zeugnisse des menschlichen Handelns. Dieses können z. B. frühere Landnutzungsformen, Siedlungsreste oder historische Bergbautätigkeiten sein.

In der Gesetzesbegründung (BR-Drucksache, 702 / 96) heißt es: *‚Je nach seiner physikalischen, chemischen und biologischen Eigenschaft konserviert der Boden die Spuren seiner langen Entstehungsgeschichte und die auf ihn erfolgten anthropogenen Einwirkungen, er wird somit zum Archiv der Natur- und Kulturgeschichte. Soweit dies der Fall ist, ist es Aufgabe des Bodenschutzes, den Boden vor beeinträchtigender Inanspruchnahme zu schützen.'*

b) Bedeutung der Bodenfunktion hinsichtlich der hier zu bewertenden Standorte

Die Erfahrung der Autoren an über 1.800 altlastenverdächtigen Standorten vorwiegend im Innenbereich zeigt, dass diese Bodenfunktion für die hier in Rede stehenden Flächen sehr selten standortrelevant ist. Dennoch ist eine Bedeutung für einzelne Standorte nicht auszuschließen, wobei davon auszugehen ist, dass natur- und kulturgeschichtliche Schutzwürdigkeiten in der Satzung der Gemeinde festgeschrieben bzw. zur Festschreibung vorgesehen sind. Die Standortfunktion ist somit relevant, wenn eine fachrechtliche Schutzausweisung oder ein begründeter Anhaltspunkt vorliegt als:

- Naturdenkmal / Flächennaturdenkmal
- Geotop / Pedotop
- Biotop
- prähistorische Fundstelle
- archäologische Fundstelle
- kulturhistorisch wertvoller Landschaftsbestandteil
- unbewegliche Kulturdenkmäler (Bodendenkmal oder Baudenkmal mit Bodenbezug)

c) Prüfung der Standortrelevanz der Bodenfunktion 2

Für die Prüfung der Standortrelevanz der Bodenfunktion 2 wird folgendes Beurteilungsmuster vorgestellt:

Tab. 13: Prüfung der Relevanz der Bodenfunktion 2 für den zu bewertenden Standort

Kriterien		Beschreibung / Beispiele	X
⓪	nicht relevant	Es existieren für den Standort keine fachsschutzrechtlichen Ausweisungen oder Anhaltspunkte für natur- oder kulturgeschichtliche Schutzwürdigkeiten.	
①	bedingt relevant	Es existieren für kleine Teilflächen des Standortes fachschutzrechtliche Ausweisungen oder Anhaltspunkte für natur- oder kulturgeschichtliche Schutzwürdigkeiten.	
②	relevant	Für den überwiegenden Teil des Standortes existieren fachsschutzrechtliche Ausweisungen oder Anhaltspunkte für natur- oder kulturgeschichtliche Schutzwürdigkeiten.	
③	dominant	Die fachrechtliche Schutzausweisung als Natur- oder Kulturdenkmal (mit Bodenbezug) betrifft den gesamten Standort. Diese Schutzausweisung dominiert alle anderen Nutzungen.	

d) Beurteilung des Beeinträchtigungsgrades der Bodenfunktion 2

Anhand folgender Tabelle kann der Grad der Beeinträchtigung der Bodenfunktion 2 abgeschätzt werden:

Tab. 14: Graduierung der Beeinträchtigung der Bodenfunktion 2

Beeinträchtigungsgrad		Beschreibung / Beispiele	X
⓪	unbeeinträchtigt	Der Boden des Standortes ist nicht oder nur unwesentlich anthropogen überprägt. Es liegen keine Hinweise auf Schadstoffeinträge vor.	
①	geringfügig beeinträchtigt	Aus der Vornutzung des Standortes oder dessen relevantem Umfeld sind schädliche Stoffbelastungen, mechanische Veränderungen oder anderweitige Beeinträchtigungen des Bodens organoleptisch bzw. technisch-analytisch nachgewiesen oder zu prognostizieren. Die Beeinträchtigungen sind der Höhe nach niedrig bzw. geringfügig und / oder der Verbreitung nach punktuell bzw. kleinflächig. Die Archivfunktion ist weitgehend intakt.	
②	beeinträchtigt	Schädliche Stoffbelastungen, mechanische Veränderungen oder anderweitige Beeinträchtigungen des Bodens sind durch die Vornutzung des Standortes oder dessen relevantem Umfeld erfolgt. Der Nachweis ist organoleptisch bzw. technisch-analytisch erbracht. Diese eingetretenen Beeinträchtigungen des Bodens sind als so hoch einzuschätzen bzw. nachgewiesen, dass über Teilareale des Standortes eine nachhaltige schädliche Veränderung des Bodens und ein Versagen der Archivfunktion wahrscheinlich ist.	
③	außer Funktion	Der Boden ist durch die Standortnutzung bzw. durch die Nutzung des relevanten Umfeldes über weite Areale des Standortes derart massiv beeinträchtigt, dass seine Archivfunktion zerstört ist.	

Bodenfunktion 3a Funktion als Rohstofflagerstätte

a) Allgemeine Beschreibung

‚An speziellen Standorten enthalten Böden wichtige Rohstoffe, insbesondere für den Bergbau und die Bauindustrie. Bodenschutz dient auch der sparsamen und nachhaltigen Nutzung dieser Bodenfunktion und hat die Zugriffsmöglichkeiten auf Rohstoffvorräte zu sichern.'[33]

Da Vorräte oberflächennaher Rohstoffe nur in begrenztem Maße im Boden vorhanden sind, soll der Bodenschutz auch diese Funktion, d. h. die Möglichkeit diese Rohstoffe entsprechend der Rohstoffsicherungsklausel[34] des Bundesberggesetzes zu nutzen, bei gleichzeitiger Eindämmung des Flächenverbrauches gewährleisten. Die Nutzung des Bodens als Rohstofflagerstätte gerät mit dem Schutz der natürlichen Bodenfunktionen in Konkurrenz, wenn beim Rohstoffabbau die Funktion des Bodens als Teil des Naturhaushalts stark beeinträchtigt wird.
Bodenschutz bezweckt somit hier auch den sparsamen Abbau und die nachhaltige Nutzung dieser in menschlichen Zeiträumen nicht erneuerbaren Bodenfunktion (HIPP u.a.[35]).

b) Bedeutung der Bodenfunktion hinsichtlich der hier zu bewertenden Standorte

Prinzipiell besteht die Möglichkeit, dass bei den hier in Rede stehenden Standorten im Untergrund Rohstoffe lagern, die für die Montanindustrie von Bedeutung sein können. Dies betrifft nach den Erfahrungen der Autoren zumeist Steine und Erden. Jedoch ist nicht allein aus dem Vorhandensein beispielsweise einer pleistozänen Kiessandterrasse auf die Schutzwürdigkeit eines abbauwürdigen Kiessandvorkommens zu schließen. Die Lagerstätte muss planungsrechtlich ausgewiesen sein; oder es muss zumindest Anhaltspunkte dafür geben, dass es sich um einen zum Abbau genehmigungsfähigen, wirtschaftlich gewinnbaren Rohstoff handelt.

c) Prüfung der Standortrelevanz bzw. -sensibilität der Bodenfunktion 3a

Als Hilfe für das unter b) beschriebene Erfordernis einer Einschätzung des Rohstoff-Vorkommens hinsichtlich seiner Schutzwürdigkeit als Lagerstätte dient folgender Fragenkatalog:

Tab. 15: Zuordnung laut planungsrechtlicher Ausweisung bzw. fachlichen Anhaltspunkten

	ja	nein
a) Ist aus der geologisch-hydrogeologischen Situation das Vorhandensein von Rohstoffen / Bodenschätzen abzuleiten?		
b) Ist der Rohstoff von wirtschaftlichem Interesse – sind wirtschaftlich gewinnbare Mengen und Qualitäten zu erwarten?		

Wenn a) und b) mit ‚ja', dann weiter mit:

		ja	nein
Ist der Rohstoff auf Grund der Umfeldsituation und unter Beachtung von schutz- und naturschutzrechtlichen Belangen gewinnbar?			
Besitzt der Rohstoff eine bergrechtliche Einstufung?	bergfreier Rohstoff		
	grundeigener Rohstoff		
Besitzt der Rohstoff eine infrastrukturelle Bedeutung für die Region?			

33 Bundesrat-Drucksache, 702/96, S. 84
34 siehe § 48 Absatz 1 Satz 2 Bundesberggesetz (BBergG)
35 Hipp, L: Das Bundes-Bodenschutzgesetz mit Bodenschutz- und Altlastenverordnung : Leitfaden / Hipp / Rech / Turian. – 1. Aufl. – München ; Berlin : Rehm, 2000

		ja	nein
Ist der Rohstoff von überregionaler Bedeutung?			
Welcher Erkundungsstand liegt für den Rohstoffkörper vor?	Verdachtsfläche		
	Höffigkeitsfläche		
	Aufsuchung		
	erkundete Lagerstätte		
Hat die Lagerstätte bergrechtlichen Bestandsschutz?	Bewilligung		
	Bergwerkseigentum		

Im Ergebnis dieser Recherche und Einstufung kann in folgender Tabelle die Prüfung der Bodenfunktion hinsichtlich ihrer Relevanz für den Standort vorgenommen werden.

Tab. 16: Prüfung der Relevanz der Bodenfunktion 3a für den zu bewertenden Standort

Kriterien		Beschreibung	X
⓪	nicht relevant	Es existieren im Untergrund des Standortes keine wirtschaftlich gewinnbaren Rohstoffe.	
①	bedingt relevant	Es existieren Anhaltspunkte dafür, dass im Untergrund des Standortes wirtschaftlich gewinnbare Rohstoffe lagern.	
②	relevant	Der Standort ist planungsrechtlich als Vorrang- oder Vorbehaltsgebiet zum Abbau von Rohstoffen ausgewiesen.	
③	dominant	Der Standort ist planungsrechtlich als Rohstofflagerstätte ausgewiesen. Die Lagerstätte nimmt (mindestens) das gesamte Standortareal ein und dominiert die Nutzung zum Abbau wirtschaftlich bedeutsamer Rohstoffe.	

d) Beurteilung des Beeinträchtigungsgrades der Bodenfunktion 3a

Anhand Tab. 17 kann der Grad der Beeinträchtigung der Bodenfunktion 3a abgeschätzt werden:

Tab. 17: Graduierung der Beeinträchtigung der Bodenfunktion 3a

Beeinträchtigungsgrad		Beschreibung	X
⓪	unbeeinträchtigt	Der Boden des Standortes ist nicht oder nur unwesentlich anthropogen überprägt. Es liegen keine Hinweise auf Schadstoffeinträge vor.	
①	geringfügig beeinträchtigt	Aus der Vornutzung des Standortes oder dessen relevantem Umfeld sind schädliche Stoffbelastungen, mechanische Veränderungen oder anderweitige Beeinträchtigungen des Bodens organoleptisch bzw. technisch-analytisch nachgewiesen oder zu prognostizieren. Die Beeinträchtigungen sind der Höhe nach niedrig bzw. geringfügig und / oder der Verbreitung nach punktuell bzw. kleinflächig. Die Bodenfunktion ist weitgehend intakt. Die Rohstofflagerstätte ist weiterhin gewinnbar.	
②	beeinträchtigt	Die eingetretenen Beeinträchtigungen des Bodens sind als so hoch einzuschätzen bzw. nachgewiesen, dass über Teilareale des Standortes eine nachhaltige schädliche Veränderung des Bodens und ein Versagen der Bodenfunktion wahrscheinlich ist. Die Qualität der Rohstofflagerstätte ist beeinträchtigt.	
③	außer Funktion	Der Boden ist durch die Standortnutzung bzw. durch die Nutzung des relevanten Umfeldes über weite Areale des Standortes derart massiv beeinträchtigt, dass die definierte Funktion zum Status quo nicht mehr wirkt.	

Bodenfunktion 3b Fläche für Siedlung und Erholung

a) Allgemeine Beschreibung

‚Die Nutzung des Bodens als Siedlungsfläche führt durch die Überbauung zu einem weitgehenden Verlust der natürlichen Bodenfunktionen. Zugleich handelt es sich hier um eine belastungsempfindliche Nutzung. So können stoffliche Belastungen die Eignung eines Grundstücks als Standort für Wohngebäude oder Kinderspielplätze in Frage stellen.' (Gesetzesbegründung zum BBodSchG, BR-Drucksache, 702 / 96)

Zudem ist bei einer Inanspruchnahme des Bodens als Fläche für Siedlung und Erholung die Beeinträchtigung oder irreversible Schädigung der natürlichen Bodenfunktionen oft die Folge. Insbesondere die Versiegelung des Bodens führt zu erheblichen Störungen, insbesondere der Regelungsfunktionen im Wasserhaushalt (z. B. durch die Verringerung der Grundwasserneubildung).
Neben der Funktion als Fläche für Erholung trägt der Boden an sich als prägendes Element im Erlebnis- oder Erholungsraum zur eigentlichen Erholungsfunktion der Landschaft bei.

b) Bedeutung der Bodenfunktion hinsichtlich der hier zu bewertenden Standorte

Diese Bodenfunktion ist hinsichtlich der hier zu bewertenden Standorte in der Praxis insbesondere für gewerbliche Brachflächen in Mischgebieten, aber auch ehemalige innerstädtische Gewerbebrachen, die als Wohngebiete umgenutzt werden sollen, relevant. Eine Bewertung des Beeinträchtigungsgrades der Funktion als Fläche für Siedlung und Erholung ist nur dann sinnvoll, wenn eine planungsrechtliche Ausweisung oder ein Bestandsschutz, zumindest aber ein begründeter Anhaltspunkt vorliegt als:

- Wohngebiet
- innerstädtisches Grün
- Gartenanlage (bei Nutzpflanzen siehe Bodenfunktion 3c)
- Park
- Naherholungsgebiet, Wasserfläche
- Ortsverbindungstrasse
- Wander- und Wintersportgebiet
- Sportanlage
- Campingplatz

Kinderspielplätze werden aufgrund ihrer besonderen Sensibilität innerhalb dieser Nutzung gesondert betrachtet.

c) Prüfung der Standortrelevanz / -sensibilität der Bodenfunktion 3b

Für die Prüfung der Standortrelevanz der Bodenfunktion 3b wird folgendes Beurteilungsmuster vorgestellt:

Tab. 18: Prüfung der Relevanz der Bodenfunktion 3b für den zu bewertenden Standort

Kriterien		Beschreibung	X
⓪	nicht relevant	Es existieren für den Standort keine planungsrechtlichen Ausweisungen oder Anhaltspunkte für Nutzungen als Fläche für Siedlung und Erholung.	
①	bedingt relevant	Es existieren für untergeordnete Teilflächen des Standortes planungsrechtliche Ausweisungen oder Anhaltspunkte für Nutzungen als Fläche für Siedlung und Erholung.	
②	relevant	Für den überwiegenden Teil des Standortes existieren planungsrechtliche Ausweisungen oder Anhaltspunkte für Nutzungen als Fläche für Siedlung und Erholung.	

Kriterien		Beschreibung	X
③	dominant	Die planungsrechtliche Ausweisung als Fläche für Siedlung und Erholung betrifft den gesamten Standort. Diese Ausweisung dominiert alle anderen Nutzungen.	

d) Beurteilung des Beeinträchtigungsgrades der Bodenfunktion 3b

Bodenbezogene Beeinträchtigungen der Fläche für Siedlung und Erholung erfolgen im Wesentlichen durch Schadstoffeinträge. Beurteilungskriterien sind die Höhe der Schadstoffkonzentrationen und die räumliche Verbreitung der Schadstoffbelastung für den Wirkpfad Boden → Mensch innerhalb der Beurteilungsintervalle von 0,0 bis 0,1m[36] bzw. bis 0,1 bis 0,35m[37] (Kinderspielplätze) unter GOK.

Konkret können herangezogen werden:

1. die Prüf- und Maßnahmewerte entsprechend Anhang 2 BBodSchV (Wirkpfad Boden → Mensch) bzw.
2. ggf. andere geeignete Bewertungshilfen, wie z.B. die des Freistaates Sachsen[38] (Gefahrenbezogene Orientierungswerte der Kategorien I und II für den Wirkpfad Boden Boden → Mensch),

jeweils unter Beachtung des Grundprinzips der Einzelfallprüfung (Berücksichtigung von Exposition, Versiegelung, Verfügbarkeit usw.).
Mit nachfolgender Tabelle wird der Grad der Beeinträchtigung der Bodenfunktion 3b abgeschätzt:

Tab. 19: Graduierung der Beeinträchtigung der Bodenfunktion 3b

Beeinträchtigungsgrad		Beschreibung	X
⓪	unbeeinträchtigt	Es liegen zum Status quo keine Hinweise oder Verdachtsmomente vor, aus denen schädliche Stoffbelastungen des Bodens für den Wirkpfad Boden → Mensch aus der Vornutzung des Standortes oder dessen relevantem Umfeld abzuleiten wären, bzw. es liegen Ergebnisse von Untersuchungen vor, die solche Beeinträchtigungen ausschließen.	
①	geringfügig beeinträchtigt	Aus der Vornutzung des Standortes oder dessen relevantem Umfeld sind schädliche Stoffbelastungen des Bodens für den Wirkpfad Boden → Mensch organoleptisch bzw. technisch-analytisch nachgewiesen oder zu prognostizieren. Die Beeinträchtigungen sind der Höhe nach niedrig bzw. geringfügig und / oder der Verbreitung nach punktuell bzw. kleinflächig. Die Bodenfunktion ist weitgehend intakt, die Fläche für Siedlung und Erholung nutzbar.	
②	beeinträchtigt	Schädliche Stoffbelastungen des Bodens für den Wirkpfad Boden → Mensch sind durch die Vornutzung des Standortes oder dessen relevantem Umfeld erfolgt. Der Nachweis ist organoleptisch bzw. technisch-analytisch erbracht. Diese eingetretenen Beeinträchtigungen des Bodens sind als so hoch einzuschätzen bzw. nachgewiesen, dass über größere Teilareale des Standortes eine nachhaltige schädliche Veränderung des Bodens erfolgt ist und eine uneingeschränkte Nutzung der Fläche für Siedlung und Erholung ohne die Ergreifung geeigneter Maßnahmen nicht mehr möglich ist.	

36 Kontaktbereich für orale und dermale Schadstoffaufnahme, zusätzlich 0 bis 2cm bei Relevanz des inhalativen Aufnahmepfades, nach BBodSchV, Anhang 1, Tab. 1

37 durchschnittliche Mächtigkeit aufgebrachter Bodenschichten; zugleich max. von Kindern erreichbare Tiefe, ebenda

38 Bewertungshilfen bei der Gefahrenverdachtsermittlung in der Altlastenbehandlung,
Teil A: Orientierungswerte zur Ermessensausübung sowie Prüf- und Maßnahmewerte,
1. Direktpfad Boden-Mensch. –
Hrsg,: Sächs. Landesamt für Umwelt und Geologie, 2002 und Fortschreibungen

Beeinträchtigungsgrad		Beschreibung	X
③	außer Funktion	Die Beeinträchtigungen des Bodens sind massiv, hinsichtlich der Stoffbelastung hoch und erstrecken sich über die gesamte Fläche. Die Nutzungsfähigkeit der Fläche für Siedlungs- und Erholungszwecke ist ausgeschlossen.	

Mit der Nutzung für Siedlungszwecke führt die damit im Zusammenhang stehende Überbauung zu einer Beeinträchtigung der in § 2 Abs. 2 Nr. 1 BBodSchG aufgeführten natürlichen Bodenfunktionen, insbesondere der Funktionen 1a und 1b. Dies findet dort Berücksichtigung.

Bodenfunktion 3c Standort für land- und forstwirtschaftliche Nutzung

a) Allgemeine Beschreibung

Die Eignung eines Bodens für land- und forstwirtschaftliche Nutzung hängt vor allem von der natürlichen Ertragsfähigkeit ab. Hier sind auch klimatische Faktoren und deren Veränderbarkeit unter dem Blickwinkel des Klimawandels zu berücksichtigen. Die Ertragsfähigkeit ist zudem von verschiedenen Bodenparametern (Bodenart, Gefüge, Durchwurzelbarkeit, Wasserhaushalt, usw.) abhängig. Eine angepasste Bewirtschaftung nach guter fachlicher Praxis dient dem Erhalt der Bodenfruchtbarkeit, d.h. der Produktivität des Bodens. Bodenerosion und Bodenverdichtung können die Ertragsfunktion landwirtschaftlich genutzter Böden gefährden.

‚Die Funktion des Bodens als Standort für land- und forstwirtschaftliche Erzeugung kann in Frage gestellt sein, wenn stoffliche Belastungen des Bodens wesentlich zur Belastung von Nahrungsketten mit unerwünschten Stoffen beitragen. Die Funktion als Standort von Nutzpflanzen kann auch dadurch in Frage gestellt werden, dass die Ertragsfähigkeit der Böden durch Strukturänderungen nachhaltig gemindert wird.' (Gesetzesbegründung zum BBodSchG, BR-Drucksache, 702 / 96)

b) Bedeutung der Bodenfunktion hinsichtlich der hier zu bewertenden urbanen Standorte

Diese Bodenfunktion ist hinsichtlich der hier zu bewertenden Standorte in der Praxis von untergeordneter Bedeutung. Eine Bewertung des Beeinträchtigungsgrades der Funktion als Standort für land- und forstwirtschaftliche Nutzung ist nur dann sinnvoll, wenn eine planungsrechtliche Ausweisung oder ein Bestandsschutz, zumindest aber ein begründeter Anhaltspunkt vorliegt als:

- landwirtschaftliche Nutzfläche, umfassend: Ackerland, Dauergrünland (Wiesen, Weiden / Viehhaltung, Hutungen), Streuwiesen, Gartenland, Obstplantagen, Flächen der Sonderkulturen (Wein, Hopfen, Tabak, Korbweiden, Baumschulen), Flächen für kurzumtriebige Energieholzgewinnung sowie im Erwägungsfall auch die nicht genutzten, aber perspektivisch landwirtschaftlich nutzbaren Flächen
- forstwirtschaftliche Nutzung nach dem Bundeswaldgesetz (BWaldG) bzw. den Landeswaldgesetzen,
- Ausgleichs- / Renaturierungs- und Stilllegungsflächen,
- land- und forstwirtschaftliche Brachen,
- Lager- und Logistikflächen für die Landwirtschaft.

c) Prüfung der Standortrelevanz / -sensibilität der Bodenfunktion 3c

Für die Prüfung der Standortrelevanz der Bodenfunktion 3c wird folgendes Beurteilungsmuster vorgestellt:

Tab. 20: Prüfung der Bodenfunktion 3c hinsichtlich Relevanz und Sensibilitätsgraden für den zu bewertenden Standort

Kriterien		Beschreibung / Beispiele	X
⓪	nicht relevant	Es existieren für den Standort keine planungsrechtlichen Ausweisungen oder Anhaltspunkte als Standort für land- und forstwirtschaftliche Nutzungen.	
①	bedingt relevant	Es existieren für untergeordnete Teilflächen des Standortes planungsrechtliche Ausweisungen oder Anhaltspunkte für land- und forstwirtschaftliche Nutzungen.	
②	relevant	Für den überwiegenden Teil des Standortes existieren planungsrechtliche Ausweisungen oder Anhaltspunkte für land- und forstwirtschaftliche Nutzungen.	
③	dominant	Die planungsrechtliche Ausweisung für land- und forstwirtschaftliche Nutzungen betrifft den gesamten Standort. Diese Ausweisung dominiert alle anderen Nutzungen.	

d) Beurteilung des Beeinträchtigungsgrades der Bodenfunktion 3c

Bodenbezogene Beeinträchtigungen der Nutzungen für die Land- und Forstwirtschaft können durch Veränderungen der Bodenqualität (Schadstoffeinträge, Versauerung, etc.) sowie durch Veränderungen der Bodenstruktur (Verdichtung, Erosion, etc.) erfolgen.

Hinsichtlich der stofflichen Belastungen sind als Beurteilungskriterien die Höhe der Schadstoffkonzentrationen und die räumliche Verbreitung der Schadstoffbelastung für den Wirkpfad Boden → (Nutz-)pflanze innerhalb der Beurteilungs- bzw. Beprobungsintervalle von

- 0 bis 0,3m[39] und 0,3 bis 0,6 m für Ackerbau, Nutzgarten
- 0 bis 0,1m[40] und 0,1 bis 0,3m für Grünland

anzuwenden. Heranzuziehen sind die Prüf- und Maßnahmewerte entsprechend Anhang 2 BBodSchV (Wirkpfad Boden → Nutzpflanze) bzw. ggf. andere geeignete Bewertungshilfen.

Mit nachfolgender Tabelle wird der Grad der Beeinträchtigung der Bodenfunktion 3c abgeschätzt:

Tab. 21: Graduierung der Beeinträchtigung der Bodenfunktion 3c

Beeinträchtigungsgrad		Beschreibung / Beispiele	X
⓪	unbeeinträchtigt	Es liegen zum Status quo keine Hinweise oder Verdachtsmomente vor, aus denen schädliche Stoffbelastungen des Bodens für den Wirkpfad Boden → Nutzpflanze aus der Vornutzung des Standortes oder dessen relevantem Umfeld abzuleiten wären, bzw. es liegen Ergebnisse von Untersuchungen vor, die solche Beeinträchtigungen ausschließen.	
①	geringfügig beeinträchtigt	Durch chemisch-stoffliche und / oder mechanische Beeinflussung sind Beeinträchtigungen der land- oder forstwirtschaftlichen Nutzbarkeit des Bodens erfolgt. Die schädlichen Stoffbelastungen des Bodens für den Wirkpfad Boden → Nutzpflanze sind der Höhe nach niedrig bzw. geringfügig und / oder der Verbreitung nach punktuell bzw. kleinflächig. Der Nachweis ist organoleptisch bzw. technisch-analytisch erbracht oder zumindest entsprechend vorliegender Indizien zu prognostizieren. Die Bodenfunktion ist weitgehend intakt, die Fläche für Land- und Forstwirtschaft nutzbar.	
②	beeinträchtigt	Schädliche Stoffbelastungen des Bodens für den Wirkpfad Boden → Nutzpflanze sind durch die Vornutzung des Standortes oder dessen relevantem Umfeld erfolgt. Der Nachweis ist organoleptisch bzw. technisch-analytisch erbracht. Diese eingetretenen Beeinträchtigungen des Bodens sind als so hoch einzuschätzen bzw. nachgewiesen, dass über größere Teilareale des Standortes eine nachhaltige schädliche Veränderung des Bodens erfolgt ist und eine uneingeschränkte Nutzung der Fläche für Land- und Forstwirtschaft ohne die Ergreifung geeigneter Maßnahmen nicht mehr möglich ist.	
③	außer Funktion	Die Beeinträchtigungen des Bodens sind massiv, hinsichtlich der Stoffbelastung hoch und erstrecken sich über die gesamte Fläche. Die Nutzungsfähigkeit der Fläche für Land- und Forstwirtschaft ist ausgeschlossen.	

39 Bearbeitungshorizont, nach BBodSchV, Anhang 1, Tab. 1
40 Hauptwurzelbereich, ebenda

Bodenfunktion 3d Funktion als Standort für sonstige wirtschaftliche und öffentliche Nutzung, Verkehr, Ver- und Entsorgung

a) Allgemeine Beschreibung

Boden wird durch das BBodSchG auch unter Schutz gestellt, um als Standort für sonstige Nutzungen, für Verkehr und zur Ver- und Entsorgung zur Verfügung zu stehen, obwohl Boden sicherlich auch um die Erfüllung dieser Nutzungsfunktionen willen keines für die Erfüllung der natürlichen Bodenfunktionen vergleichbaren Schutzes bedarf (HIPP u. a.[41]). Auch mit diesen Nutzungen auf bisher noch wenig beeinträchtigten Böden kann eine irreversible Beeinträchtigung der natürlichen Bodenfunktionen verbunden sein.

‚Im Industrieland Bundesrepublik Deutschland prägen wirtschaftliche und öffentliche Nutzungen des Bodens sowie dessen Funktion als Standort für Verkehrswege, Ver- und Entsorgungsanlagen in hohem Maße den Bodenzustand. Das Ausmaß der Inanspruchnahme des Bodens und die damit verbundenen Beeinträchtigungen der natürlichen Bodenfunktionen machen es notwendig, dass durch dieses Gesetz und andere Rechtsvorschriften zum Schutz des Bodens Ausmaß und Art dieser Inanspruchnahme so gesteuert werden, dass unter Berücksichtigung der Nutzungsfunktionen keine schädlichen Bodenveränderungen hervorgerufen werden.' (Gesetzesbegründung zum BBodSchG, BR-Drucksache, 702 / 96)

Bei dieser Bodenfunktion ist eine Konkurrenz zu den natürlichen Bodenfunktionen ähnlich wie bei der Nutzung als Fläche für Siedlung und Erholung abzuleiten. Angesichts höherer geltender Schwellenwerte für Schadstoffbelastungen des Bodens kann durch diese Nutzung eine noch größere Beeinträchtigung natürlicher Bodenfunktionen entstehen.

Zur notwendigen Infrastruktur gehören ebenso die ordnungsgemäße Errichtung und der Betrieb der öffentlichen und privaten Daseinsvorsorge in den Bereichen Ver- und Entsorgung (z.B. Energieversorgung, Abfallverwertung und -beseitigung, Wasserversorgung- und Abwasserbeseitigung). So beeinträchtigen z.B. Heizkraftwerke, Abfalldeponien, abflusslose Gruben und Kleinkläranlagen ebenfalls die natürlichen Bodenfunktionen, insbesondere wenn sie unsachgemäß betrieben wurden.

b) Bedeutung der Bodenfunktion hinsichtlich der hier zu bewertenden Standorte

Bei den hier betrachteten urbanen Standorten handelt es sich fast ausschließlich um gewerbliche Brachen. Die Bodenfunktion 3d ist hiefür von herausragender Bedeutung. Sie betrifft allein stehende Gewerbeflächen, gewerbliche Brachflächen in Mischgebieten und ganze Industriegebiete. Eine Bewertung des Beeinträchtigungsgrades der Funktion als Fläche für sonstige wirtschaftliche und öffentliche Nutzung, Verkehr, Ver- und Entsorgung setzt voraus, dass eine planungsrechtliche Ausweisung oder ein Bestandsschutz, zumindest aber ein begründeter Anhaltspunkt vorliegt für:

wirtschaftliche Nutzungen
- Industrie- bzw. Gewerbeflächen des produzierenden Gewerbes einschließlich Verwaltung, Lagerung, Verkehr und Logistik
- Handelseinrichtungen
- Logistikstandorte

öffentliche Nutzungen
- öffentliche Straßen und Plätze
- öffentliche / kommunale Gelände, Verwaltung, Versorgung, Bildung, Gesundheitswesen

41 Hipp, L: Das Bundes-Bodenschutzgesetz mit Bodenschutz- und Altlastenverordnung : Leitfaden / Hipp / Rech / Turian. – 1. Aufl. – München ; Berlin : Rehm, 2000

Verkehr
- Überregionale Straßentrassen
- Schienentrassen, Flugplätze und Häfen / Wasserstraßen und die dazugehörigen Umschlageinrichtungen

Ver- und Entsorgung
- Flächen von Versorgungsträgern Energie
- Standorte zur Abfallannahme, Lagerung, Recycling, Verwertung
- Deponien, Abwasserreinigungsanlagen

und andere.

c) Prüfung der Standortrelevanz / -sensibilität der Bodenfunktion 3d

Für die Prüfung der Standortrelevanz der Bodenfunktion 3d wird folgendes Beurteilungsmuster vorgestellt:

Tab. 22: Prüfung der Bodenfunktion 3d hinsichtlich Relevanz und Sensibilitätsgraden für den zu bewertenden Standort

Kriterien		Beschreibung / Beispiele	X
⓪	nicht relevant	Es existieren für den Standort keine planungsrechtlichen Ausweisungen oder Anhaltspunkte als Standort für sonstige wirtschaftliche und öffentliche Nutzung, Verkehr, Ver- und Entsorgung.	
①	bedingt relevant	Es existieren für untergeordnete Teilflächen des Standortes planungsrechtliche Ausweisungen oder Anhaltspunkte für sonstige wirtschaftliche und öffentliche Nutzung, Verkehr, Ver- und Entsorgung.	
②	relevant	Der überwiegende Teil des Standortes ist einer wirtschaftlichen oder öffentlichen Nutzung, Verkehr, Ver- oder Entsorgung zuzuordnen.	
③	dominant	Der Standort ist planungsrechtlich für sonstige wirtschaftliche und öffentliche Nutzungen, Verkehr, Ver- oder Entsorgung ausgewiesen und von alleiniger Bedeutung für diese Nutzung im Vergleich zu seiner Umgebung. Es existieren für reale derartige Nutzungen keine Ausweichmöglichkeiten auf umgebende Standorte.	

d) Beurteilung des Beeinträchtigungsgrades der Bodenfunktion 3d

Bodenbezogene Beeinträchtigungen der Nutzungen als Standort für sonstige wirtschaftliche und öffentliche Nutzung, Verkehr, Ver- und Entsorgung können durch Schadstoffeinträge sowie durch Veränderungen der Bodenstruktur (Verschlechterung des Baugrundes) erfolgen.

Hinsichtlich der stofflichen Belastungen sind als Beurteilungskriterien die Höhe der Schadstoffkonzentrationen und die räumliche Verbreitung der Schadstoffbelastung für den Wirkpfad Boden → Mensch innerhalb der Beurteilungsintervalle von 0,0 bis 0,1m[42] unter GOK anzusetzen.

Konkret können herangezogen werden:

1. die Prüf- und Maßnahmewerte entsprechend Anhang 2 BBodSchV (Wirkpfad Boden → Mensch) bzw.
2. ggf. andere geeignete Bewertungshilfen, wie z.B. die des Freistaates Sachsen[43] (Gefahrenbezogene Orientierungswerte der Kategorien I und II für den Wirkpfad Boden Boden → Mensch),

42 Kontaktbereich für orale und dermale Schadstoffaufnahme, zusätzlich 0 bis 2cm bei Relevanz des inhalativen Aufnahmepfades, nach BBodSchV, Anhang 1, Tab. 1

43 Bewertungshilfen bei der Gefahrenverdachtsermittlung in der Altlastenbehandlung, Teil A: Orientierungswerte zur Ermessensausübung sowie Prüf- und Maßnahmewerte, Direktpfad Boden-Mensch. – Hrsg,: Sächs. Landesamt für Umwelt und Geologie, 2002 und Fortschreibungen

jeweils unter Beachtung des Grundprinzips der Einzelfallprüfung (Berücksichtigung von Exposition, Versiegelung, Verfügbarkeit usw.).
Mit nachfolgender Tabelle wird der Grad der Beeinträchtigung der Bodenfunktion 3d abgeschätzt:

Tab. 23: Graduierung der Beeinträchtigung der Bodenfunktion 3d

Beeinträchtigungsgrad		Beschreibung / Beispiele	X
⓪	unbeeinträchtigt	Es liegen zum Status quo keine Hinweise oder Verdachtsmomente vor, aus denen schädliche Stoffbelastungen des Bodens für den Wirkpfad Boden → Mensch aus der Vornutzung des Standortes oder dessen relevantem Umfeld abzuleiten wären, bzw. es liegen Ergebnisse von Untersuchungen vor, die solche Beeinträchtigungen ausschließen.	
①	geringfügig beeinträchtigt	Aus der Vornutzung des Standortes oder dessen relevantem Umfeld sind schädliche Stoffbelastungen des Bodens für den Wirkpfad Boden → Mensch organoleptisch bzw. technisch-analytisch nachgewiesen oder zu prognostizieren. Die Beeinträchtigungen sind der Höhe nach niedrig bzw. geringfügig und / oder der Verbreitung nach punktuell bzw. kleinflächig. Die Bodenfunktion ist weitgehend intakt, die Fläche gewerblich nutzbar. *oder:* Die Schadstoffbelastungen sind hoch und / oder großflächig, jedoch durch eine wirksame Versiegelung, die auch für eine beabsichtigte Nachnutzung erhalten bleibt, dem Wirkpfad Boden → Mensch nicht zugänglich.	
②	beeinträchtigt	Schädliche Stoffbelastungen des Bodens für den Wirkpfad Boden → Mensch sind durch die Vornutzung des Standortes oder dessen relevantem Umfeld erfolgt. Der Nachweis ist organoleptisch bzw. technisch-analytisch erbracht. Diese eingetretenen Beeinträchtigungen des Bodens sind als so hoch einzuschätzen bzw. nachgewiesen, dass über größere Teilareale des Standortes eine nachhaltige schädliche Veränderung des Bodens erfolgt ist und eine uneingeschränkte Nutzung der Fläche für sonstige wirtschaftliche und öffentliche Nutzung, Verkehr, Ver- und Entsorgung ohne die Ergreifung geeigneter Maßnahmen nicht mehr möglich ist.	
③	außer Funktion	Die Beeinträchtigungen des Bodens sind massiv, hinsichtlich der Stoffbelastung hoch und erstrecken sich über die gesamte Fläche. Eine Nutzung der Fläche für sonstige wirtschaftliche und öffentliche Nutzung, Verkehr, Ver- und Entsorgung ist ausgeschlossen.	

2.4.4.2. Prüfmatrix: Graduierung der Beeinträchtigung der jeweiligen Bodenfunktion

Die allgemeine Prüf- und Entscheidungsmatrix zur Umsetzung des Verhältnismäßigkeitsgrundsatzes aus Abb. 5 wird nachfolgend für bodenschutzbezogene Sanierungserfordernisse modifiziert:

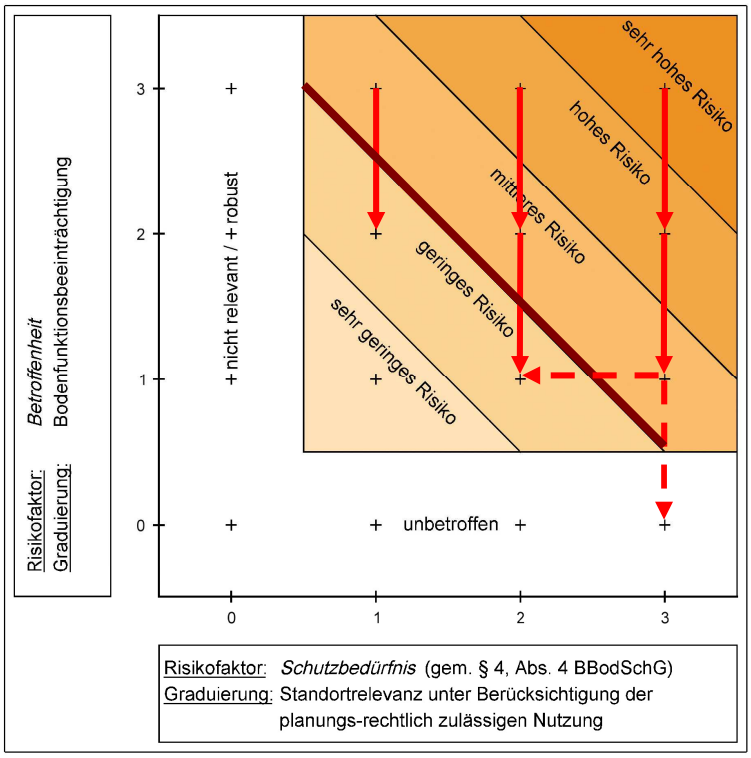


Abb. 7: Entscheidungsmatrix zur Umsetzung des Verhältnismäßigkeitsgrundsatzes bodenschutzbezogener Sanierungsmaßnahmen insgesamt (durchzuführen für alle 8 Bodenfunktionen) mit Sanierungsoptionen (rote Pfeile) für eine gewerbliche Nachnutzung.

Legende:

Beeinträchtigungsgrad
0 - unbeeinträchtigt
1 - geringfügig beeinträchtigt
2 - beeinträchtigt
3 - außer Funktion

Standortrelevanz
0 - nicht relevant
1 - bedingt relevant
2 - relevant
3 – dominant

Risikoklassen
RK 1: kein Risiko
RK 2: sehr geringes Risiko
RK 3: geringes Risiko
RK 4: mittleres Risiko
RK 5: hohes Risiko
RK 6: sehr hohes Risiko / akute Gefahr

Sanierungsoptionen

Sanierungsziel für gewerbliche Nachnutzung

Anwendungsbeispiele:

Dem Verhältnismäßigkeitsgrundsatz entsprechen:

- Sanierungsmaßnahmen zur Wiederherstellung standortrelevanter Bodenfunktionen, die signifikant oder auch nur bedingt in ihrer Effektivität betroffen sind (z.B. Wiederherstellung der *‚Funktion als Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaumedium für stoffliche Einwirkungen auf Grund der Filter-, Puffer-, und Stoffumwandlungseigenschaften, insbesondere auch zum Schutz des Grundwassers'* in ökologisch sensiblen Gebieten oder Wiederherstellung der Nutzungsfunktion *‚Standort für Siedlung und Erholung'*, wenn diese planungsrechtlich ausgewiesen ist, jedoch durch vornutzungsbedingte Bodenveränderungen in Frage gestellt ist.

Dem Verhältnismäßigkeitsgrundsatz widersprechen:

- Maßnahmen zur Wiederherstellung von ursprünglichen Bodenfunktionen, die planungsrechtlich und / oder nutzungsbedingt nicht standortrelevant sind (z.B. Wiederherstellung der Nutzungsfunktion *‚Standort für land und forstwirtschaftliche Nutzung'*, wenn es sich um ein innerstädtisches Gebiet handelt)

- Maßnahmen zur Wiederherstellung von Bodenfunktionen, die nur bedingt standortrelevant sind und die in ihrer Effektivität (Umwelt- oder Nutzungseffektivität) nicht oder nur bedingt betroffen sind (Wiederherstellung der Nutzungsfunktion: *‚Funktion als Bestandteil des Naturhaushalts, insbesondere mit seinen Wasser- und Nährstoffkreisläufen'*, wenn es sich um ein versiegeltes Industriegebiet handelt)
- Maßnahmen zur Wiederherstellung standortrelevanter Bodenfunktionen, für die es nach Stand der Technik keine geeigneten technischen Maßnahmen gibt.

2.4.4.3. Darstellung der Methodik an einem konkreten Beispiel

Die Methodik soll anhand eines konkreten Beispiels dargestellt werden. Bei dem zu bewertende Standort handelt es sich um ein ehemaliges militärisch genutztes Tanklager in einem Gewerbegebiet in der Saaletalaue im Norden der Stadt Jena (= Modellstandort C des **optirisk**-Projektes). Die 74 Erdtanks wurden geleert und stillgelegt sowie die Füllstutzen mit Flugasche verfüllt. Untersuchungen ergaben MKW-Kontaminationen des Bodens in 2 Höhenniveaus (oberflächennaher Eintrag und Leckagen im tiefer liegenden Bereich der Tanks). Die tieferen MKW-Kontaminationen haben sich dem Grundwasserhorizont mitgeteilt und wurden dort flächig verbreitet. Hinsichtlich der Belastungen des Grundwassers spielen sie jedoch nur eine untergeordnete Rolle. Hingegen führten historische Leckagen an Lösemitteltanks zu einer im Abstrom über die Grundstücksgrenzen hinausreichenden LHKW-Kontamination.
Das Grundstück liegt brach und wird aktuell zu einem Teil der Fläche als Wertstoffhof zwischen genutzt.

nächste Seite:

Abb. 8: a) bis h)
Entscheidungsmatrices zur Umsetzung des Verhältnismäßigkeitsgrundsat-zes bodenschutzbezogener Sanierungsmaßnahmen für die 8 Bodenfunkti-onen am Beispiel des Modellstandortes C Tanklager Jena

Legende für alle Fig.	*Ordinate:* Bodenfunktionsbeeinträchtigung	*Abszisse:* nutzungsspezifische Sensibilitäts- / Vulnerabilitätsgrade
	0 - unbeeinträchtigt	0 - nicht standortrelevant
	1 - geringfügig beeinträchtigt	1 - bedingt standortrelevant
	2 - beeinträchtigt	2 - standortrelevant
	3 - außer Funktion	3 - standortdominant

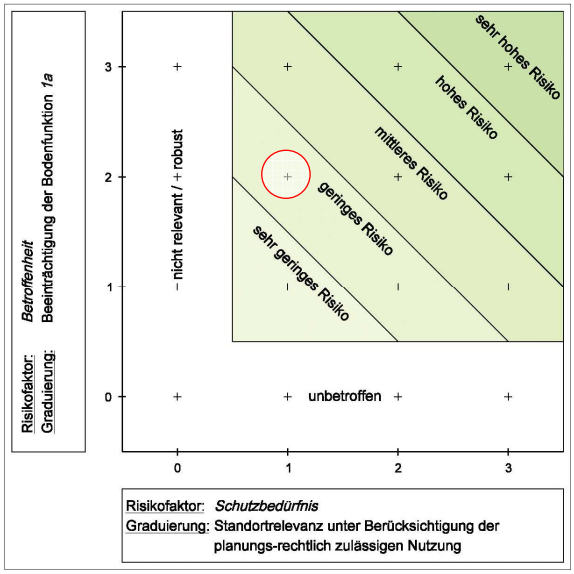


Fig. a) Bodenfunktion 1a

Die Bodenfunktion 1a (Funktion als Lebensgrundlage und Lebensraum für Menschen, Tiere, Pflanzen und Bodenorganismen) ist für den Standort Tanklager nur bedingt standortrelevant (Stufe 1). Durch die planungsrechtliche Ausweisung des Standortes als Industriegebiet mit Einschränkungen ist dieser dem Lebensraum des *Menschen* zugeordnet, der die Fläche zur Lagerung bzw. materiellen Produktion nutzte und wieder nutzen wird.

Die Bodenfunktion 1a als Lebensgrundlage für den *Menschen* ist jedoch am Standort durch Bodenkontaminationen, teilweisen Bodenabtrag und Versiegelung sowie durch die ungünstige Baugrundsituation (Tanks im Untergrund) beeinträchtigt.

Es wird entsprechend der Methodik ein geringes Risiko hinsichtlich der Bodenfunktion 1a abgeleitet.

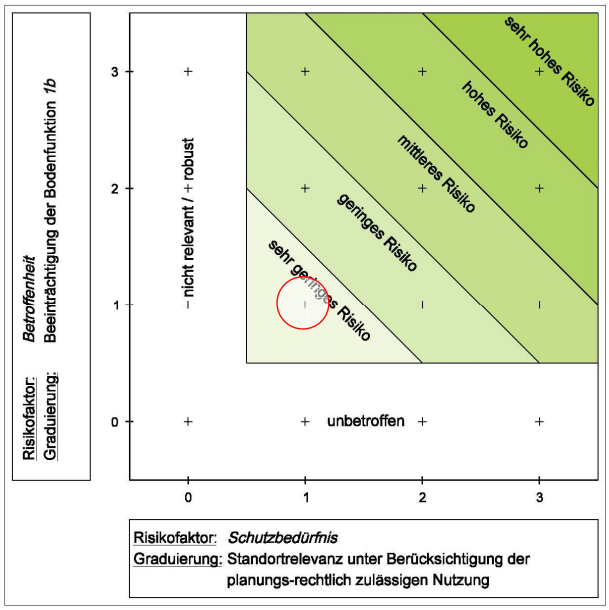


Fig. b) Bodenfunktion 1b

Die Bodenfunktion 1b (Funktion als Bestandteil des Naturhaushalts, insbesondere mit seinen Wasser- und Nährstoffkreisläufen) ist für den Standort Tanklager ebenfalls nur bedingt standortrelevant (Stufe 1).

Der Naturhaushalt mit seinen Wasser- und Nährstoffkreisläufen wird primär durch die Lage des Betriebsgrundstücks im urbanen Bereich und der damit im Zusammenhang stehenden Ausgliederung aus der naturnahen Flächennutzung beeinträchtigt.

Durch großflächige Bodenverdichtung, Überbauung bzw. Durchörterung mit unterflur verlegten Ver- und Entsorgungstrassen, Versiegelung, künstlicher Ableitung des Niederschlagswassers und lokalen Verunreinigungen ist die Leistungsfähigkeit der den Naturhaushalt aufbauenden Umweltgüter im gesamten Stadtgebiet deutlich reduziert.
Der Einfluss des Betriebsstandortes ist dabei anteilmäßig zu vernachlässigen. Durch die Vornutzung wurde die Grundwasserqualität beeinträchtigt. Die Bodenfunktion 1b kann als geringfügig beeinträchtigt eingestuft werden.

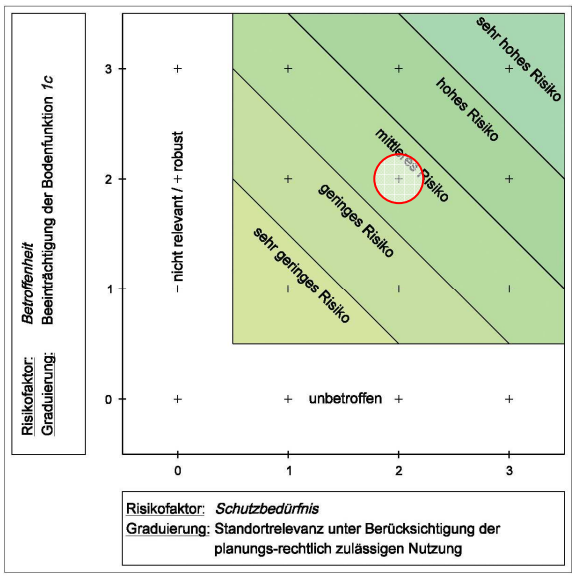


Fig. c) Bodenfunktion 1c

Die Bodenfunktion 1c (Funktion als Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaumedium für stoffliche Einwirkungen auf Grund der Filter-, Puffer-, und Stoffumwandlungseigenschaften, insbesondere auch zum Schutz des Grundwassers) ist für den Standort relevant.

Diese Funktion ist dann voll wirksam, wenn in den Boden eindringende oder bereits eingedrungene Schadstoffe festgelegt und / oder abgebaut werden, so dass es nicht zu einer Belastung natürlicher Wirkungspfade kommt.

Dadurch, dass zumindest im oberflächennahen Grundwasser im Untergrund des Grundstücks produktionsrelevante Schadstoffe nachgewiesen wurden, ist der Schluss berechtigt, dass die Filter-, Puffer- und Stoffumwandlungseigenschaften des Bodens in ihrer Effektivität reduziert sind. Sie reichen nicht dazu aus, in den Boden bereits eingedrungene Schadstoffe an einer Immission in das Grundwasser (möglicherweise geringfügig auch in das Fließgewässer) zu hindern.

Der ursprünglich durchgängig verbreitete Auelehm schützte den Grundwasserhorizont vor eindringenden Schadstoffen. Aufgrund der Durchörterung des Auelehms (Anlage von Tanks) und massiven Schadstoffmigrationen wurde über anteilig große Areale die Bodenfunktion 1c nachhaltig schädlich verändert und somit über Teilbereiche unwirksam. Aufgrund eines rückläufigen Stoffnachschubes vom Boden in das Grundwasser ist angesichts der Messreihen im Grundwasser von einer zumindest stagnativen, wahrscheinlich regressiven Ausbreitungstendenz der Schadstofffahne auszugehen.
Daher wird hinsichtlich der Bodenfunktion 1c für den Standort ein mittleres Risiko abgeleitet.

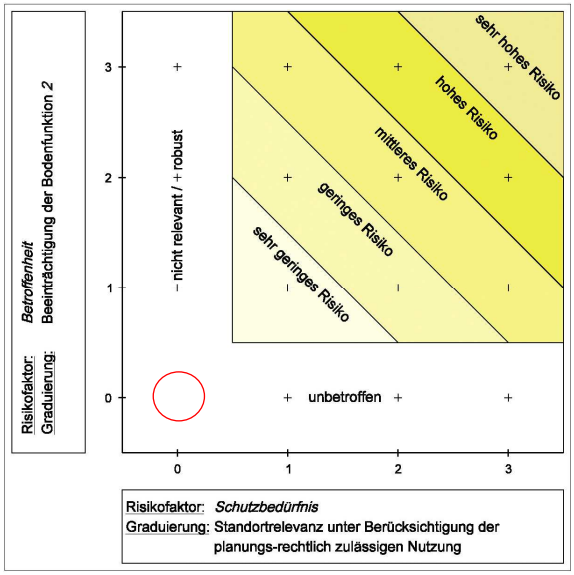


Fig. d) Bodenfunktion 2

Die Bodenfunktion 2 (Funktion als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte) ist für den Standort ohne Relevanz. Gemäß fachrechtlicher Schutzausweisung oder anderer fachlicher Anhaltspunkte ergibt sich kein Schutzbedürfnis als Archivfunktion.

Es kann kein Risiko abgeleitet werden.

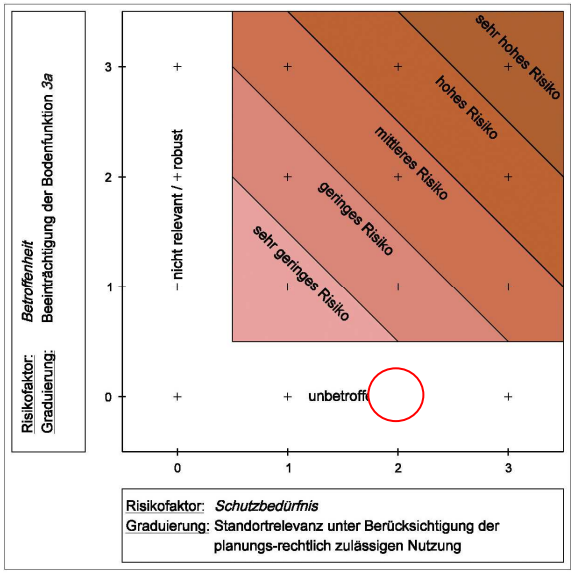


Fig. e) Bodenfunktion 3a

Die Bodenfunktion 3a (Funktion als Rohstofflagerstätte) ist für den Standort von Relevanz. Dies betrifft nicht die Kiesterrasse (aufgrund Mächtigkeit und Qualität zum status quo nicht nutzbar), sondern in tieferen Bereichen (Zechstein) befindliche artesische Solewässer, die zu thermal-balneologischen Zwecken genutzt werden könnten.

Diese Solewässervorkommen sind durch überlagernde Schichten gegen eine anthropogene Beeinflussung (beispielsweise durch die oberflächennahen MKW-Kontaminationen des Oberen Grundwasserleiters) wirksam geschützt. Die Bodenfunktion 3a ist damit unbeeinträchtigt, es besteht somit auch kein Risiko.

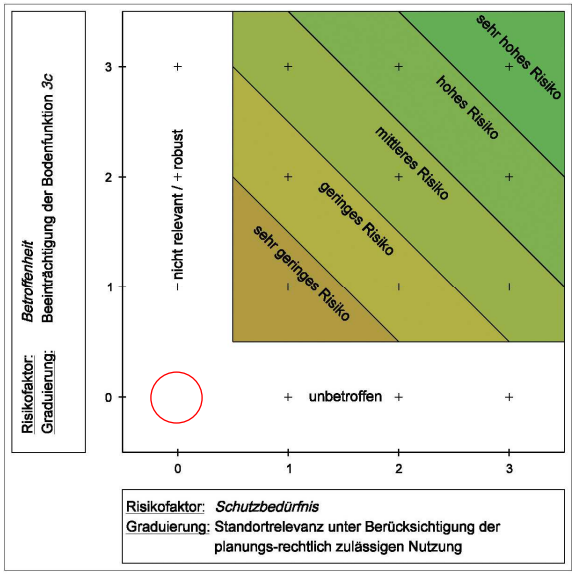


Fig. g) Bodenfunktion 3c

Die Bodenfunktion 3c (Funktion als Standort für die land- und forstwirtschaftliche Nutzung) ist für den Standort nicht relevant. Der Standort befindet sich inmitten eines Industriegebietes. Es existieren keine planungsrechtlichen Ausweisungen für land- oder forstwirtschaftliche Nutzungen.

Es besteht kein Risiko.

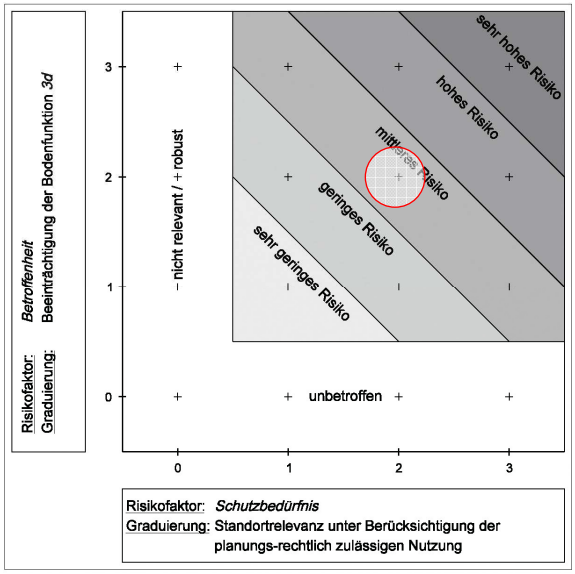


Fig. h) Bodenfunktion 3d

Die Bodenfunktion 3d (Funktion als Standort für sonstige wirtschaftliche und öffentliche Nutzungen, Verkehr, Ver- und Entsorgung) ist für den Standort relevant. Durch die aktuelle Zwischennutzung dient der Standort zu ca. 50% seiner Fläche als Logistikstandort für Abfallannahme, Recycling, Lagerung durch die Kommune.

Durch die im Untergrund lagernden Tanks ist diese und eine zukünftige gewerbliche Nutzung jedoch stark eingeschränkt (Tankdeckel im Gelände, geringe bauliche Belastbarkeit, Einschränkung der Lagerflächen). Die Bodenfunktion 3d ist damit beeinträchtigt, es wird ein mittleres Inanspruchnahmerisiko abgeleitet.

Auswertung und Ableitung des verhältnismäßigen Sollzustandes:

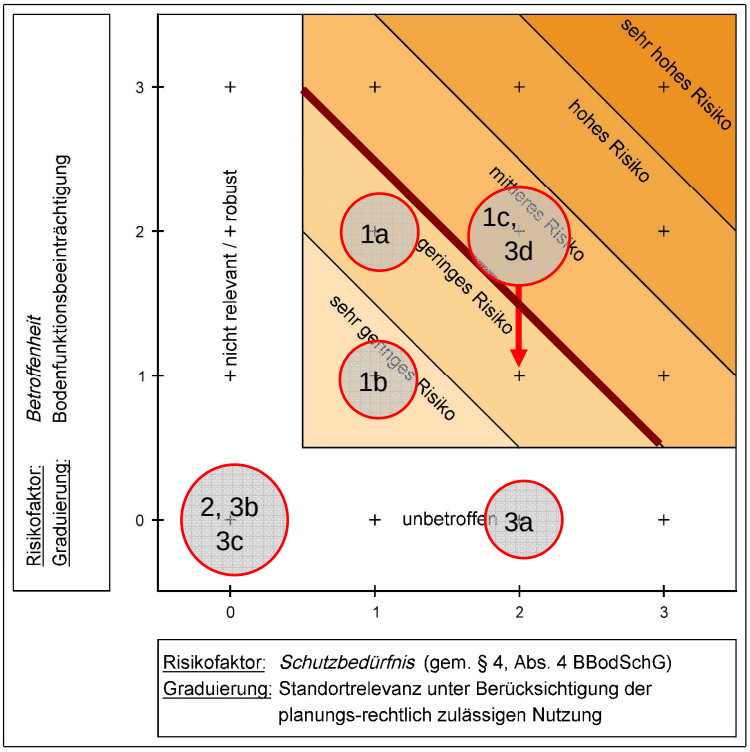


Abb. 9: Synopsis der Einstufung der 8 Bodenfunktionen und Ableitung eines verhältnismäßigen Sanierungszieles (= Verringerung des Betroffenheitsgrades)

Legende:

Beeinträchtigungsgrad
0 - unbeeinträchtigt
1 - geringfügig beeinträchtigt
2 - beeinträchtigt
3 - außer Funktion

Standortrelevanz
0 - nicht relevant
1 - bedingt relevant
2 - relevant
3 – dominant

RK = Risikoklassen
RK 1: kein Risiko
RK 2: sehr geringes Risiko
RK 3: geringes Risiko
RK 4: mittleres Risiko
RK 5: hohes Risiko
RK 6: sehr hohes Risiko / akute Gefahr

Sanierungsoption: Verringerung des Beeinträchtigungsgrades

Sanierungsziel für gewerbliche Nachnutzung

Aus der Synopsis der Risikoklassifizierung für die 8 Bodenfunktionen (siehe Abb. 9) ist abzuleiten:

- RK 1 (kein Risiko): Bodenfunktionen 2, 3a, 3b und 3c
- RK 2 (sehr geringes Risiko): Bodenfunktion 1b
- RK 3 (geringes Risiko): Bodenfunktion 1a
- RK 4 (mittleres Risiko): Bodenfunktionen 1c und 3d
- RK 5 (hohes Risiko): keine Bodenfunktion
- RK 6 (sehr hohes Risiko): keine Bodenfunktion

Gemäß der postulierten Anwendung des Verhältnismäßigkeitsgrundsatzes in Abschnitt 2.4.3.3 ergibt sich die Notwendigkeit der angemessenen Verringerung des Beeinträchtigungsgrades der in die RK 4 eingestuften Bodenfunktionen um eine Risikoklasse. Die Ursache für die Risikoeinstufung ist für die Bodenfunktionen 1c und 3d die Gleiche: Die Existenz von Erdtanks mit historischen Leckagen und der Ausbreitung von Schadstoffen bewirkte die Betroffenheit dieser beiden Bodenfunktionen.

Umzusetzen ist dieses Sanierungsziel anhand der Betroffenheitskriterien für die Bodenfunktionen 1c und 3d.

Tab. 24: Umsetzung des verhältnismäßigen Sanierungszieles anhand der Verringerung der Betroffenheitsgrade der Bodenfunktionen1c und 3d für den Modellstandort

Betroffenheit		Bodenfunktion 1c (Seite 39)	Bodenfunktion 3d (Seite 51)
Ist-Zustand	②	Die Stoffbelastungen sind hoch, beispielsweise haben Schadstoffe hoher Umweltrelevanz die Schichtenfolge über Teilareale des Standortes bis zum Grundwasserhorizont durchdrungen.	Die eingetretenen Beeinträchtigungen des Bodens sind als so hoch einzuschätzen bzw. nachgewiesen, dass … eine uneingeschränkte Nutzung der Fläche für sonstige wirtschaftliche und öffentliche Nutzung, Verkehr, Ver- und Entsorgung ohne die Ergreifung geeigneter Maßnahmen nicht mehr möglich ist.
Soll-Zustand (verhältnismäßiges San.-ziel)	①	Die Stoffbelastungen sind niedrig, mit geringer Umweltrelevanz und / oder punktuell. Stoffnachschub ist nicht / nur in geringem Maße zu prognostizieren.	Die Beeinträchtigungen sind der Höhe nach niedrig bzw. geringfügig und / oder der Verbreitung nach punktuell bzw. kleinflächig. Die Bodenfunktion ist weitgehend intakt, die Fläche gewerblich nutzbar.

Technisch bewältigbar ist die Erreichung des Sanierungszieles *‚geringes Risiko'* nur mittels der Entfernung der Erdtanks mit Verfüllung der Hohlformen und Verdichtung. Damit ist die Nutzungsfunktion 3d wieder hergestellt. Mit der Entfernung der Tanks wird zudem der Betroffenheitsgrad der Bodenfunktion 1c auf die Stufe 1 (*‚geringfügig betroffen'*) reduziert. Das heißt, über kleine Teilflächen des Standortes können niedrigere Stoffbelastungen des Bodens (oder auch höhere in punktuellen Vorkommen) toleriert werden. Dieser Soll-Zustand ist von Bedeutung für die Frage des Wiedereinbaues kontaminierten Materials und die Diskussion über dessen Zulässigkeit mit der zuständigen Gefahrenabwehrbehörde.
Die Vorgehensweise hat den Nebeneffekt, dass gleichzeitig der Betroffenheitsgrad der Bodenfunktion 1a ebenfalls um eine Stufe reduziert wird.

2.4.4.4. Statistische Auswertung der Relevanz- und Beeinträchtigungsprüfung von Bodenfunktionen anhand von Standorten aus dem Begutachtungsportfolio der JENA-GEOS®-Ingenieurbüro GmbH

Methodik

Die voran stehend entwickelte Methodik soll anhand von vorliegenden Daten zu gewerblichen Brachflächen mit Altlastverdacht und Altstandorten aus der Consulting-Praxis der JENA-GEOS®-Ingenieurbüro GmbH angewendet und ausgewertet werden.

Bei den zur Verfügung stehenden 114 Standorten handelt es sich um 86 Altstandorte, 19 Altablagerungen und 9 auf alten Gewerbeflächen errichtete neue produzierende Standorte. Die geografische Herkunft der Standorte setzt sich wie folgt zusammen:

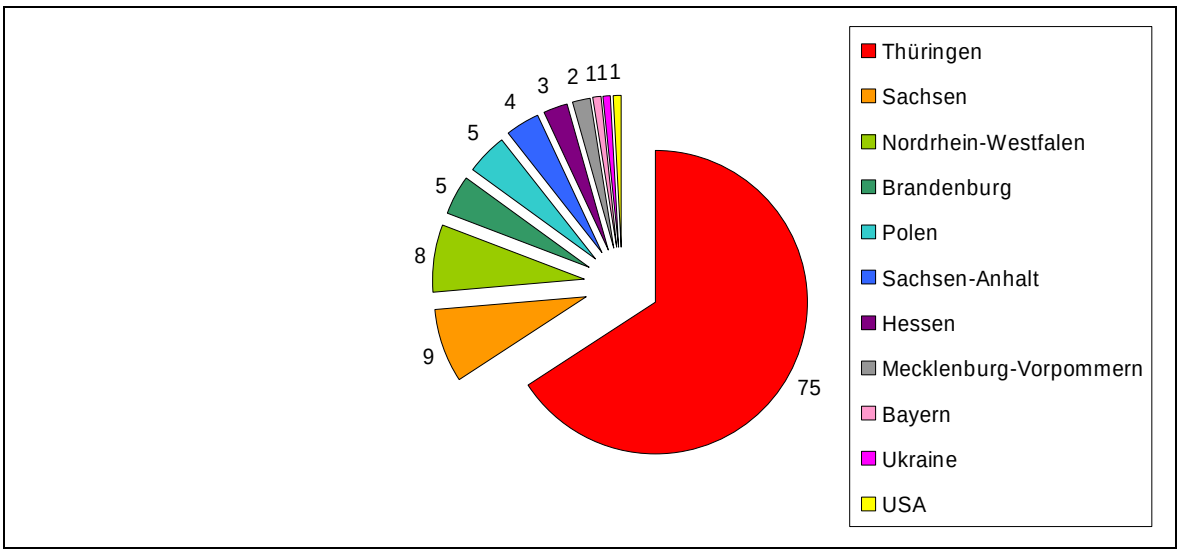


Abb. 10: Geographische Zuordnung der ausgewerteten Standorte

Die ehemaligen oder aktuellen Standortnutzungen sind folgenden Branchen zuzuordnen:

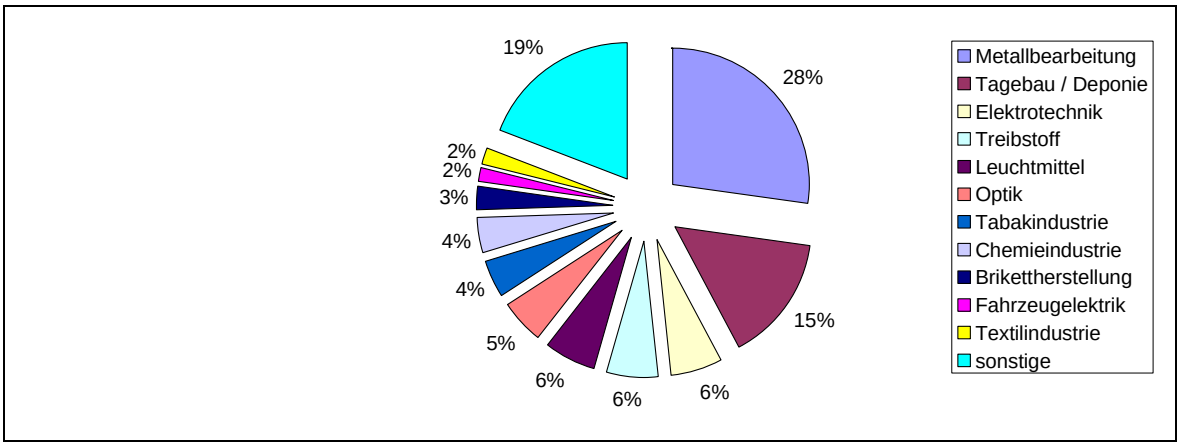


Abb. 11: Branchen - Zuordnung der ausgewerteten Standorte

Für jeden der Standorte wurde gemäß der Methodik in Abschnitt 2.4.4.1 nach der vorliegenden Datenlage eine Relevanz- und Beeinträchtigungsprüfung aller 8 Bodenfunktionen und somit eine Risikoklassifizierung vorgenommen. Die für alle Standorte summierten Häufigkeiten gleicher Relevanz- und Beeinträchtigungskombination wurden für jede Bodenfunktion in einem Diagramm angetragen. Darin wiederum wurden Linien gleicher Mächtigkeit konstruiert (Interpolation), um die Häufigkeitsverteilungen der Risikoklassifizierungen visuell darzustellen. Daraus ergibt sich das in den Figuren a) bis h) der Ergebnisse Abb. 12 Fig. a) bis h) dargestellte Bild.

Ergebnisse

Abb. 12: Fig. a) bis h): Häufigkeitsverteilung der Risikoklassifizierung für die 114 Standorte nach Bodenfunktionen

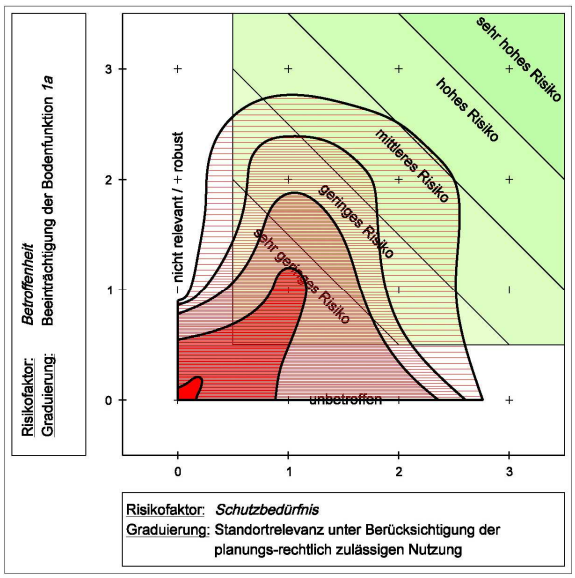


Fig. a) Bodenfunktion 1a
mit Linien gleicher Häufigkeit
1 – 5 – 10 – 20 – 40

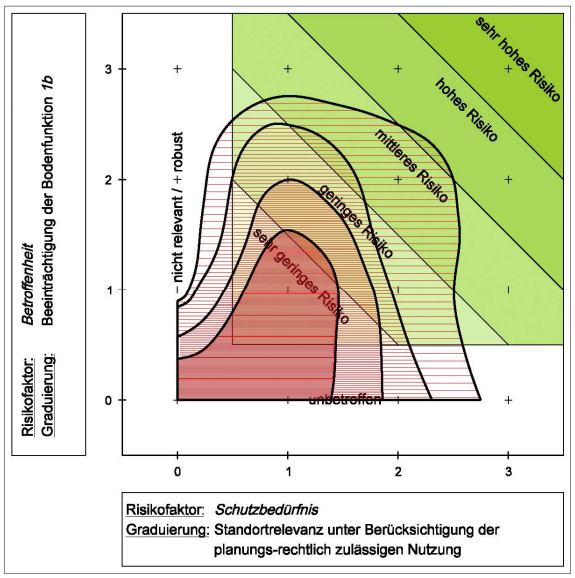


Fig. b) Bodenfunktion 1b
mit Linien gleicher Häufigkeit
1 – 5 – 10 – 20

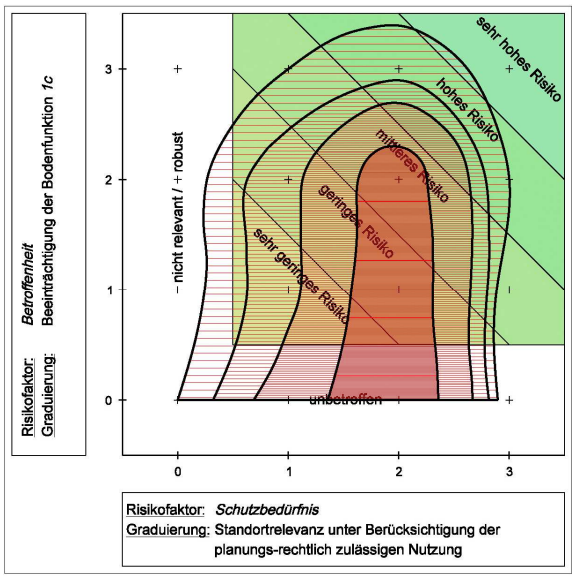


Fig. c) Bodenfunktion 1c
mit Linien gleicher Häufigkeit
1 – 5 – 10 – 20

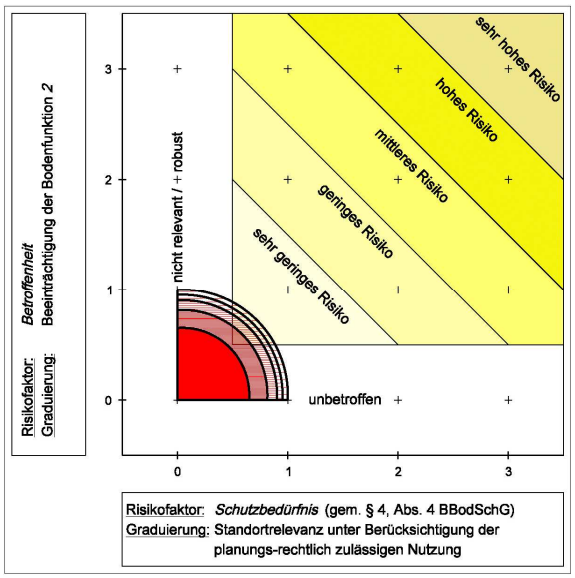


Fig. a) Bodenfunktion 2
mit Linien gleicher Häufigkeit
1 – 5 – 10 – 20 – 40

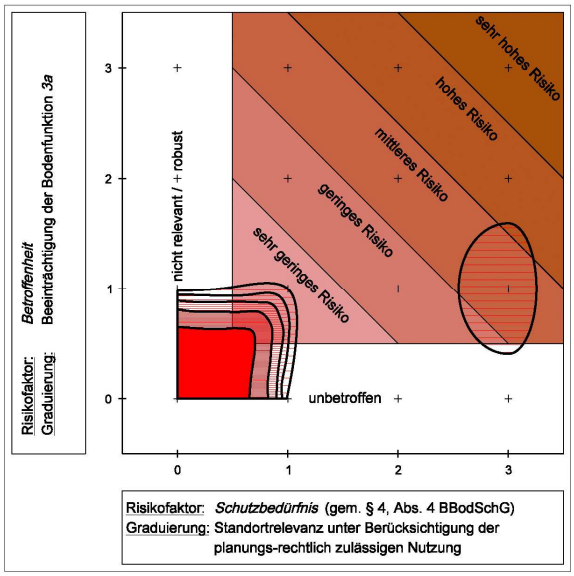


Fig. e) Bodenfunktion 3a
mit Linien gleicher Häufigkeit
1 – 5 – 10 – 20 – 40

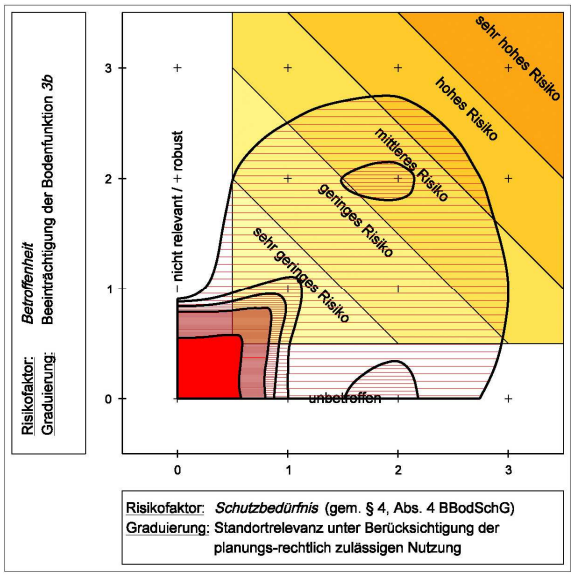


Fig. f) Bodenfunktion 3b
mit Linien gleicher Häufigkeit
1 – 5 – 10 – 20 – 40

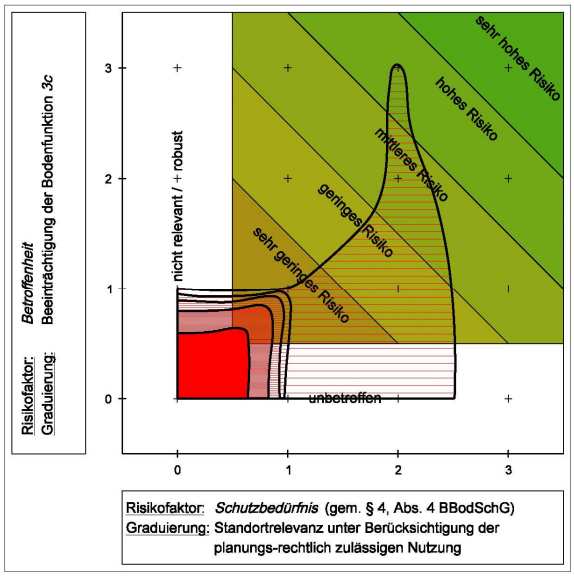


Fig. g) Bodenfunktion 3c
mit Linien gleicher Häufigkeit
1 – 5 – 10 – 20 – 40

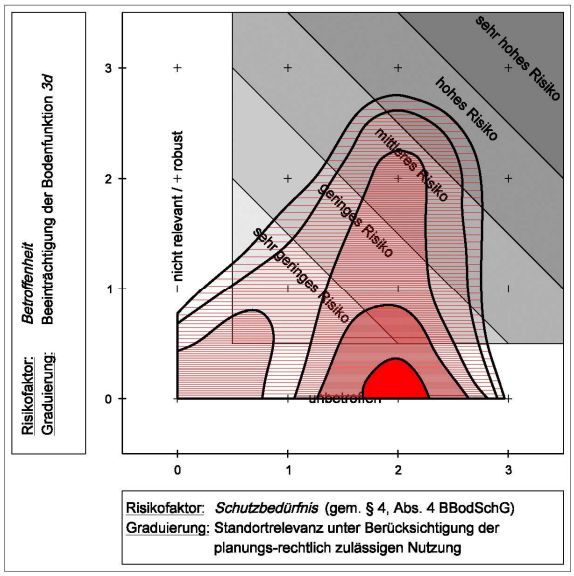


Fig. h) Bodenfunktion 3d
mit Linien gleicher Häufigkeit
1 – 5 – 10 – 20 – 40

Bewertung

a) Vergleich der Ergebnisse für die einzelnen Bodenfunktionen:

Im Vergleich der Diagramme wird deutlich, dass hinsichtlich der Beeinträchtigung der Bodenfunktionen auf gewerblich genutzten Standorten die Funktionen 1c und 3d die herausragende Rolle spielen. Hier wird relativ häufig die Risikoklasse *‚mittleres Risiko'* sowie in einigen Fällen *‚hohes Risiko'* erreicht.

- Eine gestörte Grundwasserschutzfunktion 1c ist oftmals Folge eines über meist längere Zeiträume erfolgten Schadstoffeintrages. Hierzu sind insbesondere auch die Ausführung zur Relevanz der Bodenfunktion 1c, Absatz b) in Abschnitt 2.4.4.1 von Bedeutung.
- Die Störung der Funktion 3d als Standort für sonstige wirtschaftliche und öffentliche Nutzung, Verkehr, Ver- und Entsorgung ist zumeist der Grund für das Brachfallen bzw. -bleiben des Gewerbestandortes.

Die Bodenfunktionen 1a, 1b und 3b sind gegenüber den erst genannten von geringerer Bedeutung, d.h. weniger relevant und / oder weniger beeinträchtigt:

- Bei einer Zuordnung des jeweiligen Standortes zum Lebensraum des Menschen (Bodenfunktion 1a) sind Beeinträchtigungen dieser Bodenteilfunktion nur dann gegeben, wenn Prüf- und Maßnahmewerte der BBodSchV für den Wirkpfad
  Boden → Mensch überschritten werden.
- Gleiches würde für die Bodenfunktion 3b gelten, jedoch sind die hier betrachteten Standorte weniger für eine Nutzung für Siedlung und Erholung relevant.
- Die Funktion 3b im Naturhaushalt mit seinen Wasser- und Nährstoffkreisläufen wird primär durch die Lage der hier zu bewertenden Standorte im urbanen Bereich und der damit im Zusammenhang stehenden Ausgliederung aus der naturnahen Flächennutzung von vornherein zurückgedrängt.

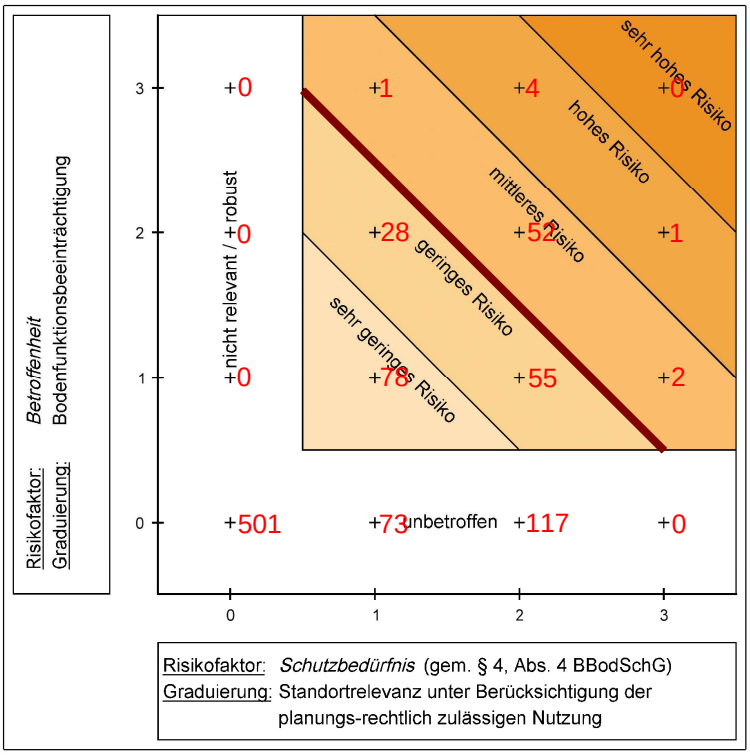
Die Bodenfunktionen 3a und 3c spielen nur eine sehr geringe, die Funktion 2 bei dem betrachteten Portfolio keine Rolle.

- Nutzbare bzw. fachrechtlich ausgewiesene Lagerstättenvorkommen sind im Zusammenhang mit Brachflächen im Innenbereich selten. Die Bodenfunktion 3a ist eher am Siedlungsrand im Bereich von Kiesvorkommen /-gruben der Talauen von Bedeutung.
- Ähnliches trifft für land- und forstwirtschaftliche Nutzungen zu. Die untergeordnete Bedeutung der Bodenfunktion 3c wird von derer geringen Standortrelevanz bzgl. der hier bewerteten Flächen bestimmt.
- Die Archivfunktion ist nach den praktischen Erfahrungen sehr selten standortrelevant. Eine Bedeutung für einzelne Standorte ist dennoch nicht auszuschließen.

b) Betrachtung der Ergebnisse in Summe

Summiert man die Häufigkeiten gleicher Relevanz- und Beeinträchtigungskombination aller 8 Bodenfunktionen, so ergibt sich für die Verteilung der 912 Bewertungen (114 Standorte x 8 Bodenfunktionen) folgende Verteilung für die 6 Risikoklassen:

- RK 1 (kein Risiko)
  691 mal (entspricht 76 %) wird eine Einstufung in diese Risikoklasse vorgenommen. Hauptgewicht hat dabei die die Relevanz- und Beeinträchtigungskombination ⓪ / ⓪ (nicht relevant und nicht beeinträchtigt), untergeordnet treten die Kombinationen ⓪ / ① und ⓪ / ②) auf.
- RK 2 (sehr geringes Risiko, ① / ①): 9 %
- RK 3 (geringes Risiko, ① / ② und ② / ①): 9 %
- RK 4 (mittleres Risiko, ① / ③, ② / ② und ③ / ①): 6 %
- RK 5 (hohes Risiko, ② / ③ und ③ / ②): 0,5 % (lediglich 5 mal)
- RK 6 (sehr hohes Risiko / akute Gefahr), ① / ①): kein einziger Fall



Legende:

Beeinträchtigungsgrad
0 - unbeeinträchtigt
1 - geringfügig beeinträchtigt
2 - beeinträchtigt
3 - außer Funktion

Standortrelevanz
0 - nicht relevant
1 - bedingt relevant
2 - relevant
3 - dominant

Sanierungsziel für gewerbliche Nachnutzung

Abb. 13: Häufigkeiten gleicher Relevanz- und Beeinträchtigungskombinationen in Summe für alle 8 Bodenfunktionen der 114 Standorte (rote Zahlen)

Hinsichtlich des Auftretens erhöhter Risiken ist die Relevanz- und Beeinträchtigungskombination ② / ②, die der mittleren Risikoklasse zuzuordnen ist, herausragend. Sie wurde 52 mal gezählt. Etwa die Hälfte dieser Fälle ist auf eine Beeinträchtigung der Bodenfunktion 1c, ein weiteres Viertel auf die Bodenfunktion 3d zurückzuführen.

c) Wesentliche zusammengefasste Erkenntnisse und Empfehlungen

1. **Beeinträchtigungen oder Störungen der Bodenfunktionen 1c und 3d sind die häufigsten im Zusammenhang mit altlastenverdächtigen Flächen stehenden bodenschutzbezogenen Gefahrensachverhalte.**
   Bei den meisten Fällen von zu bewertenden altlastverdächtigen, ehemals oder aktuell gewerblich genutzten Standorten im Innenbereich ist zumeist eine Betrachtung der Bodenfunktionen 1c und 3d, untergeordnet 1a, 1b und 3b, ausreichend.

2. Die Ableitung verhältnismäßiger Sanierungsziele ergibt sich zumeist aus der Verringerung des Betroffenheitsgrades der Relevanz- und Beeinträchtigungskombination ② / ② (d.h. relevant / beeinträchtigt) um eine Risikoklasse (d.h. relevant / geringfügig beeinträchtigt).

   Daraus können folgende Soll-Zustände begründet werden:
   a) niedrigere Stoffbelastungen des Bodens können toleriert werden
   b) höhere Beeinträchtigungen / Schadstoffbelastungen können bei punktuellem Auftreten (begründet) toleriert werden
   c) Die Frage der Zulässigkeit des kontrollierten Wiedereinbaues standorteigenen kontaminierten Materials kann – speziellen Länderregelungen folgend – unter Berücksichtigung von a) und b) befürwortet werden.

2.4.4.5. Ausblick auf die Umsetzung bodenschutzrechtlicher Verhältnismäßigkeitserwägungen im EU-Recht

Nachfolgend wird auf den Vorschlag für eine europäische Bodenschutzrichtlinie[44] Bezug genommen.

Bezüglich der schutzwürdigen Bodenfunktionen wird in diesem Dokument von ökologischen, wirtschaftlichen, sozialen und kulturellen Funktionen gesprochen. Im Einzelnen sind es die folgenden, die sich im Wesentlichen auch im deutschen Bodenschutzrecht wieder finden:

a) Funktion zur Erzeugung von Biomasse, auch in der Land- und Forstwirtschaft
(entspricht im Wesentlichen der deutschen Bodenfunktion 3c)
b) Funktion zur Speicherung, Filterung und Umwandlung von Nährstoffen, anderen Stoffen und Wasser
(entspricht im Wesentlichen der deutschen Bodenfunktion 1c)
c) Funktion als Pool für die biologische Vielfalt auf der Ebene der Lebensräume, der Arten und der Gene
(entspricht im Wesentlichen der deutschen Bodenfunktion 1a)
d) Funktion als physisches und kulturelles Umfeld für den Menschen und seine Tätigkeiten
(entspricht den deutschen Bodenfunktionen 3b und 3d)
e) Funktion als Rohstoffquelle
(entspricht deutschen Bodenfunktion 3a)
f) Funktion als Kohlenstoffspeicher
(entspricht zu Teilen der deutschen Bodenfunktion 3a)
g) Funktion als Archiv unseres geologischen und archäologischen Erbes
(entspricht der deutschen Bodenfunktion 2)

Nähere Begriffsbestimmungen zu den Bodenfunktionen wie auch zu anderen wesentlichen Begriffen fehlen in der Richtlinie (noch). Der Bezug bzw. die naturwissenschaftlich bekannten Zusammenhänge zwischen Boden- und (Grund-)Wasserverunreinigungen werden bislang unzureichend berücksichtigt.

Unberücksichtigt ist auch eine klare Formulierung des Verhältnismäßigkeitsgrundsatzes bei der Ableitung geeigneter Maßnahmen zur Wiederherstellung gestörter Bodenfunktionen. Es wird dazu im Entwurf lediglich ausgesagt: *‚Zu diesen Maßnahmen zählen die Eindämmung der Folgen derartiger Veränderungen sowie die Wiederherstellung und Sanierung geschädigter Böden bis zu einem Funktionalitätsgrad, der im Hinblick auf die gegenwärtige und die künftige genehmigte Nutzung zumindest angemessen ist*[45]*.* Im Übrigen wird auf die jeweiligen Umsetzungsgesetze der Mitgliedstaaten verwiesen.

Es soll in diesem Zusammenhang nicht auf den Entwurf der Richtlinie im Detail eingegangen werden. Die endgültige Formulierung der Europäischen Bodenschutzrichtlinie bleibt insbesondere im Hinblick auf die Korrekturforderungen der Mitgliedstaaten[46] abzuwarten. Es ist jedoch absehbar, dass eine europäische Bodenschutzgesetzgebung keinen Paradigmenwechsel für das deutsche Bodenschutzrecht bedeuten wird und die hier vorgestellte Methodik in dieser oder modifizierter Form zur Anwendung kommen kann. Es ist sinnvoll, bei einer konsequenten Weiterentwicklung des **optirisk** eine Adaption des europäischen Rechts in die Bewertungsmatrix vorzunehmen.

44 Kommission der europäischen Gemeinschaften: ‚Vorschlag für eine Richtlinie des Europäischen Parlaments und Rates zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für den Bodenschutz und zur Änderung der Richtlinie 2004/35/EG. – Brüssel, 22.09.2006
45 ebenda, Kapitel 1, Artikel 1, (1)
46 Beispiel: Stellungnahme des ITVA zur Europäischen Bodenschutzrichtlinie vom 02.02.2007

2.4.5. Umsetzung des Verhältnismäßigkeitsgrundsatzes bei Sanierungsmaßnahmen zum Schutz der Oberflächengewässer

2.4.5.1. Einstufung / Graduierung gewässerschutzbezogener Risikofaktoren

Unzulässig im gewässerschutzrechtlichen Sinne ist, wenn Oberflächengewässer durch bodenbürtige Schadstoffe oder Direkteintrag verunreinigt sind. Hinsichtlich der Risikobewertung gehen die Autoren aus ihrer technischen Sicht davon aus, dass auch die Frage des Bewirtschaftungsgrundsatzes von Oberflächengewässern - sowohl unter ökologischem als auch unter wasserwirtschaftlichem Aspekt - unter dem Blickwinkel der nachhaltigen Entwicklung zu betrachten ist.

Da gewässerbezogene Altlastensanierungsmaßnahmen immer mit einem Eingriff in bestehende natürliche Gleichgewichte und mit umweltschädlichen Nebenwirkungen wie Energie- und Rohstoffverbrauch, Abfall- und Treibhausgasentstehung verbunden sind, wäre es aus ökologischer Sicht nicht rational, solche Maßnahmen nicht nach wasserwirtschaftlichen oder ökosystemaren Schutzwürdigkeitsprofilen zu differenzieren. Als unvereinbar mit den umweltpolitischen Zielvorstellungen einer nachhaltigen Entwicklung müsste z.B. jede gewässerschutzbezogene Sanierungsmaßnahme betrachtet werden, deren Ziel in einer Herstellung der Trinkwasserqualität bestünde, wenn das entsprechende Oberflächengewässer von Natur aus die mengen- oder gütewirtschaftlichen Voraussetzungen für eine Trinkwassergewinnung nicht besitzt oder eine besonders exponierte ökosystemare Funktion (*‚Forellengewässer'*) nicht erfüllt.

Die Verfasser gehen von ihren hydrologischen Erfahrungen aus und definieren die nachstehende Prüftabelle:

Tab. 25: Gliederung von Oberflächengewässern auf der Basis des Kriteriums *‚Ressourcenwert'* und Definition der adäquaten Prüfkriterien

Kriterium Vorhandensein und Ressourcenwert des Gewässers		Prüfkriterium Ressourcenwert des Oberflächengewässers		X	
		a) unter wasserwirtschaftlichem Aspekt	b) unter ökosystemarem Aspekt	a)	b)
⓪	nicht relevant	kein Oberflächengewässer auf dem Standort und in der vom Standort beeinflussbaren Umgebung vorhanden			
①	gering	Oberflächengewässer, die nicht für Trinkwassergewinnung oder andere sensible Zwecke genutzt werden können, *‚Brauchwasser'*	Oberflächengewässer in Industriegebieten; bei Fließgewässern solche der Güteklassen III, III-IV und IV		
②	mittel	Oberflächengewässer, die aktuell oder potentiell zur Trinkwassergewinnung genutzt werden können / könnten - die jedoch ohne besonderen wasserwirtschaftlichen oder balneologischen Schutzstatus sind	Oberflächengewässer als Bestandteil von Gebieten mit naturnaher Flächennutzung; kein naturschutzrechtlicher Schutzstatus; Oberflächengewässer der Güteklassen II und II-III		
③	hoch	Oberflächengewässer hoher Verletzbarkeit und unersetzbare Trinkwasservorkommen sowie Wasservorkommen im Bereich von Trinkwasser- und Heilwasserschutzgebieten	Gewässer großer ökologischer Bedeutung; Bestandteil von Naturschutz- und Landschaftsschutzgebieten oder geschützter Biotope, Oberflächengewässer der Güteklassen I und I-II		

Im nächsten Schritt ist zu prüfen, ob und in welchem Maße das Oberflächenwasservorkommen durch die Standortnutzung beeinträchtigt wird / wurde.

Eine nachhaltige Gewässerverunreinigung ist nach Auffassung der Autoren gegeben, wenn in einem verunreinigten Oberflächengewässer eine progressive oder ggf. stagnative Tendenz der

Schadstoffausbreitung festzustellen oder begründet anzunehmen wäre, oder wenn der natürliche Ressourcenwert durch die Verunreinigung in eine niedrigere Kategorie einzustufen ist.

Von einer nachhaltigen Gewässerverunreinigung würde nicht ausgegangen werden können, wenn in einem örtlich verunreinigten Gewässer die Tendenz der Schadstoffausbreitung regressiv wäre und eine Endlichkeit des nicht hinnehmbaren Zustandes einer Gewässerverunreinigung - allein durch die Wirkung natürlicher Selbstreinigungsreaktionen oder Rückhalteprozesse - absehbar wäre.

Von einer regressiven Tendenz der Schadstoffausbreitung in einem Fließgewässer könnte z. B. ausgegangen werden, wenn sich die Freisetzung der Schadstoffe aus dem emittierenden Schadstoffzentrum über die Zeitachse verringert oder ein natürlicher Abbau stattfindet, und diese Erscheinungen durch Laboranalysen belegt oder durch allgemeine hydrologische und hydrochemische Erfahrungen plausibel prognostiziert werden kann.

Tab. 26: Beurteilung der Nachhaltigkeit der Verunreinigung von Oberflächengewässern auf der Basis des Kriteriums ‚*Schadstoffausbreitungstendenz*' und der Definition der adäqua-ten Prüfkriterien

Kriterium Eintrag von Schadstoffen und Tendenz derer Ausbreitung		Prüfkriterium Schadstoffausbreitungstendenz im Oberflächengewässer	X
⓪	kein Eintrag	Es sind nachweislich keine standortbürtigen Schadstoffe in beeinflussbare Oberflächengewässer eingetragen worden bzw. ein solcher Eintrag ist nicht zu prognostizieren. Ein messbarer oder zu prognostizierender Eintrag standortbürtiger Schadstoffe ist vernachlässigbar gering bzw. punktuell oder aufgrund einer geringen Umweltrelevanz des Schadstoffes vernachlässigbar.	
①	regressiv	Auf der Basis von Messergebnissen oder anderer belastbarer Indizien ist nachgewiesen oder zu prognostizieren, dass die Konzentrationen der das Gewässer verunreinigenden standortbürtigen Schadstoffe rückläufig sind. Es liegen Informationen oder Indizien dafür vor, dass ein weiterer von der Quelle ausgehender Schadstoffnachschub nicht zu besorgen ist (beispielsweise durch die Einstellung stark emittierender Produktionsprozesse oder durch die Sanierung).	
②	stagnativ	Auf der Basis von Messergebnissen oder anderer belastbarer Indizien ist nachgewiesen, dass die Konzentrationen der das Gewässer verunreinigenden standortbürtigen Schadstoffe im üblichen Schwankungsbereich gleichbleibend sind. Es liegen Informationen oder Indizien dafür vor, dass ein weiterer von der Quelle ausgehender Schadstoffnachschub nicht zu besorgen ist.	
③	progressiv	Auf der Basis von Messergebnissen oder anderer belastbarer Indizien ist nachgewiesen oder zu prognostizieren, dass die Konzentrationen der das Oberflächengewässer verunreinigenden standortbürtigen Schadstoffe ansteigen. Es liegen Informationen oder Indizien dafür vor, dass ein weiterer von der Quelle ausgehender Schadstoffnachschub, der prognostisch zu einer weiteren Erhöhung der Freisetzungsraten in das Gewässerführen könnte, zu besorgen ist.	

2.4.5.2. Prüfmatrix: Ableitung der Risikoklasse für ein betroffenes Oberflächengewässer

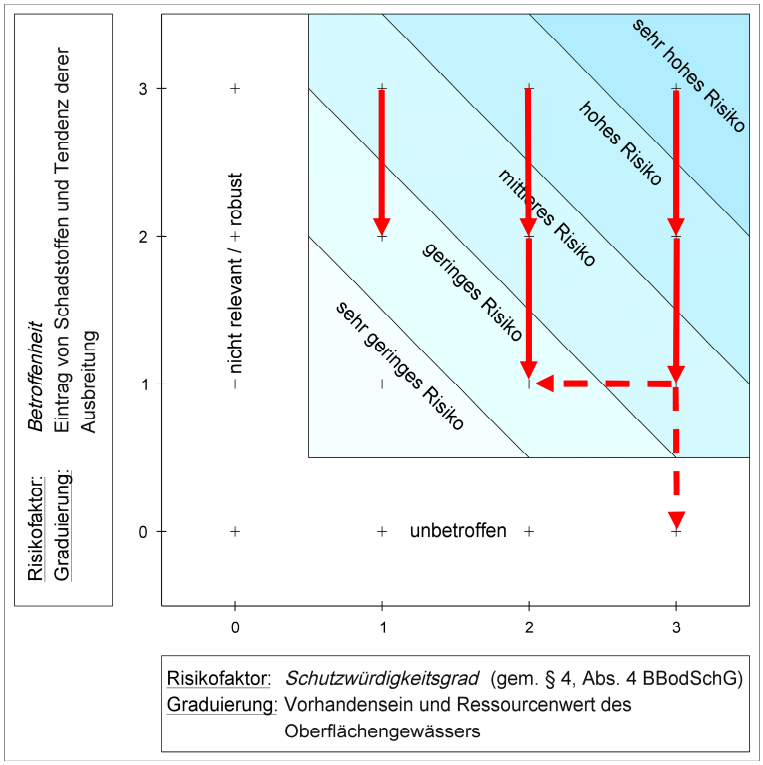
In Auswertung der Fachliteratur zum Gewässerschutz und unter Berücksichtigung eigener Forschungsergebnisse sind die Autoren zu dem Ergebnis gekommen, dass bei einer bereits eingetretenen Gewässerverunreinigung sich die beiden Kriterien

I Schadstoffausbreitungstendenz (als gewässerschutzbezogene Ausprägung des Risikofaktors *‚Betroffenheit'*) im Oberflächengewässer

II Ressourcenwert des Oberflächengewässers in wasserwirtschaftlichem und ökologischem Sinne als gewässerschutzbezogene Ausprägung des Risikofaktors *‚Sensibilität / Vulnerabilität'*)

zur Beurteilung gewässerbezogener Risiken wie auch zur Ableitung der Verhältnismäßigkeit gewässerschutzbezogener Maßnahmen als maßgeblich erwiesen haben.

Als Konsequenz aus der Altlastendefinition ergibt sich, dass das Ziel gewässerschutzbezogener Sanierungsmaßnahmen nur die Risikominderung von Gewässerverunreinigungen sein kann[47]. Die Kombination der beiden gewässerschutzbezogenen Risikofaktoren und deren Graduierung lässt sich wie in der Prüf- und Entscheidungsmatrix der Abb. 14 grafisch verwirklichen.



Legende:

Eintrag von Schadstoffen und Tendenz deren Ausbreitung
0 - kein Eintrag
1 - regressiv
2 - stagnativ
3 - progressiv

Vorhandensein und Ressourcenwert des Gewässers
0 - kein relevantes Gewässer
1 - gering
2 - mittel
3 - hoch

Abb. 14: Entscheidungsmatrix zur Umsetzung des Verhältnismäßigkeitsgrundsatzes oberflächengewässerschutzbezogener Sanierungsmaßnahmen, mit Sanierungsoptionen (rote Pfeile)

47 Die Erreichung des ursprünglichen Gewässerzustandes ist technisch unmöglich; eine solche Forderung wäre daher unverhältnismäßig und würde die Rechtswidrigkeit eines entsprechenden Verwaltungsaktes begründen.

Anwendungsbeispiele:

Dem Verhältnismäßigkeitsgrundsatz entsprechen:

- Maßnahmen zur Verringerung des Risikos um jeweils eine Risikokategorie, was technisch durch Beeinflussung der Schadstoffausbreitungstendenz und / oder planerisch durch Herunterstufung der Schutzwürdigkeitsprofils erreichbar wäre.

Dem Verhältnismäßigkeitsgrundsatz widersprechen:

- Maßnahmen zur Wasserbehandlung, wenn das betreffende Wasservorkommen bereits im Niedrigrisiko-Bereich einzustufen ist.

2.4.5.3. Darstellung der Methodik an einem konkreten Beispiel

Die Methodik sei am Beispiel des Standortes ROTASYM Pößneck (= Modellstandort A des **optirisk**-Projektes) erläutert. Der Standort befindet sich in der Talaue im Stadtzentrum von Pößneck / Thüringen und wird von einem Oberflächengewässer (Kotschau-Bach) durchschnitten.

Durch die jahrzehntelange Metallbearbeitung mit schneidenden, spanenden und oberflächenvergütenden Produktionsprozessen kam es durch die Produktionsvorgänge selbst wie auch durch den Umgang und der Lagerung von Betriebshilfsstoffen (in erster Linie Mineralölkohlenwasserstoffe) zu einem Eintrag dieser Stoffe in den Untergrund. Die Gebäude und Anlagen sind mittlerweile fast komplett zurückgebaut, ein weiterer Stoffnachschub in den Untergrund somit nicht zu prognostizieren. Es wird folgende Bewertung des Inanspruchnahmerisikos bzgl. des Schutzgutes Oberflächenwasser gegeben:

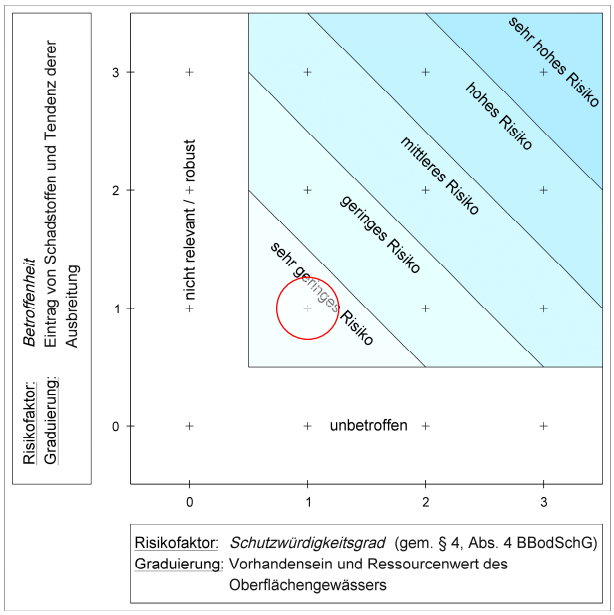


Abb. 15: Oberflächengewässer Standort ROTASYM Pößneck

Der Ressourcenwert des Gewässers ist gem. Nomenklatur in Tab. 25 mit *‚gering'* (Stufe 1) einzustufen.

Auf der Basis von Messergebnissen und anderer belastbarer Indizien ist zu prognostizieren, dass die Konzentrationen der das Gewässer verunreinigenden standortbürtigen Schadstoffe rückläufig sind.

Es liegen Informationen dafür vor, dass ein weiterer von der Quelle ausgehender Schadstoffnachschub nicht zu besorgen ist. Damit ist hinsichtlich des Schutzgutes Oberflächengewässer der Standort die Betroffenheitsstufe 1 (*‚regressiv'*) zuzuordnen.

Bezüglich des Oberflächengewässers ist dem Standort ein sehr geringes Inanspruchnahmerisiko zuzusprechen. Die Ableitung von Sanierungsmaßnahmen erübrigt sich daher.

2.4.5.4. Statistische Auswertung der Relevanz- und Beeinträchtigungsprüfung von Oberflächengewässern anhand von Standorten aus dem Begutachtungsportfolio der JENA-GEOS®-Ingenieurbüro GmbH

(Datengrundlage und Methodik siehe Abschnitt 2.4.4.4)

Ergebnisse

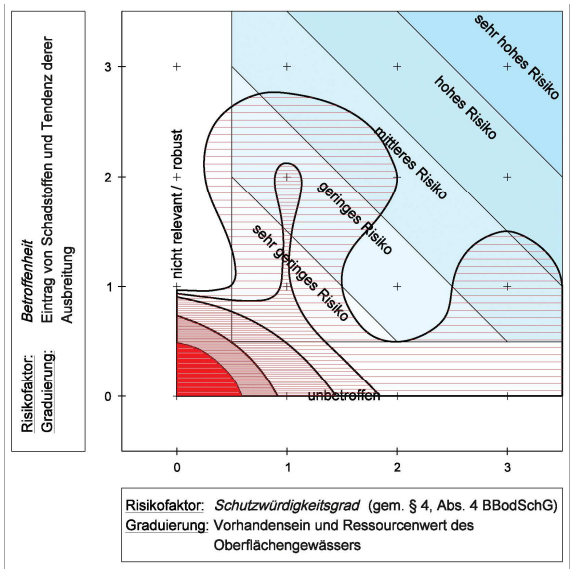


Abb. 16: Häufigkeitsverteilung der Risiko-klassifizierung für die 114 Standor-te nach Oberflächengewässern mit Linien gleicher Häufigkeit 1 – 5 – 10 – 20 – 40

2.4.6. Umsetzung des Verhältnismäßigkeitsgrundsatzes bei Sanierungsmaßnahmen zum Schutz des Grundwassers

2.4.6.1. Einstufung / Graduierung gewässerschutzbezogener Risikofaktoren

2.4.6.1.1. Prüfkriterium Ressourcenwert des Grundwasservorkommens

Da auch grundwasserbezogene Altlastensanierungsmaßnahmen immer mit einem Eingriff in bestehende natürliche Gleichgewichte und mit umweltschädlichen Nebenwirkungen wie Energie- und Rohstoffverbrauch, Abfall- und Treibhausgasentstehung verbunden sind, wäre es aus ökologischer Sicht nicht rational, solche Maßnahmen nicht nach wasserwirtschaftlichen oder ökosystemaren Schutzwürdigkeitsprofilen zu differenzieren. Als unvereinbar mit den umweltpolitischen Zielvorstellungen einer nachhaltigen Entwicklung müsste z.B. jede grundwasserschutzbezogene Sanierungsmaßnahme betrachtet werden, deren Ziel in einer Herstellung der Trinkwasserqualität bestünde, wenn das betroffene Grundwasservorkommen von Natur aus die mengen- oder gütewirtschaftlichen Voraussetzungen für eine Trinkwassergewinnung nicht besitzt oder eine besonders exponierte ökosystemare Funktion nicht erfüllt.

Diese aus technischer Sichtweise entwickelte Argumentation findet beim Vollzug des Altlastenrechts insbesondere in Bezug auf das Grundwasser bisher nur in begrenztem Umfang Berücksichtigung, weil die sachlich unzutreffende Auffassung sehr verbreitet ist, dass das unterirdische Wasser ein einheitliches Gewässer darstelle und dieses überall die gleiche Qualität habe bzw. besitzen muss. Die Verfasser gehen von ihren hydrogeologischen Erfahrungen zu geogenen Inhaltsstoffen im Grundwasser aus und definieren die nachstehende Prüftabelle:

Tab. 27: Gliederung von Grundwässern auf der Basis des Kriteriums *‚Ressourcenwert'* und Definition der adäquaten Prüfkriterien

Kriterium Vorhandensein und Ressourcenwert des Grundwassers		Prüfkriterium Ressourcenwert des Grundwassers		X	
		a) unter wasserwirtschaftlichem Aspekt	b) unter ökosystemarem Aspekt	a)	b)
⓪	nicht relevant	kein Grundwasserkörper im Standortbereich und in der vom Standort beeinflussbaren Umgebung vorhanden			
①	gering	Grundwasservorkommen, die aufgrund ihres natürlichen Chemismus und / oder der Ergiebigkeit nicht für Trinkwassergewinnung oder andere sensible Zwecke geeignet sind	Grundwasservorkommen mit geringer Ergiebigkeit und / oder mit nachteiligen geogenen Stoffbelastungen, sowie Grundwässer in Industriegebieten		
②	mittel	Grundwasservorkommen, die aktuell oder potentiell zur Trinkwassergewinnung genutzt werden können / könnten - die jedoch ohne besonderen wasserwirtschaftlichen oder balneologischen Schutzstatus sind	Grundwasservorkommen als Bestandteil von Gebieten mit naturnaher Flächennutzung; kein naturschutzrechtlicher Schutzstatus		
③	hoch	Grundwässer hoher Verletzbarkeit und unersetzbare Trinkwasservorkommen, darunter Grundwasservorkommen im Bereich von Trinkwasser- und Heilwasserschutzgebieten	Grundwasservorkommen großer ökologischer Bedeutung; Bestandteil von Naturschutz- und Landschaftsschutzgebieten oder geschützter Biotope		

Diese Gliederung beruht auf der Differenzierung des Ressourcenwertes eines Gewässers bei gleichzeitiger Konkretisierung des Grundwasserbegriffs. Der abstrakte Begriff des Grundwassers gem. WHG und den Länderwassergesetzen wird ersetzt durch den hydrogeologisch adäquaten Fachbegriff des Grundwasserkörpers. Die Autoren stützen sich dabei auf die Vorstellungen des Sachverständigenrates für Umweltfragen, der in seinem *‚Sondergutachten: Flächendeckend wirksamer Grundwasserschutz'*[48] das Konzept standortbezogener Schutzanforderungen auf der Basis von *Grundwassereinheiten* präferiert[49]. Die Beurteilung von Risiken wie auch die Auswahl gewässerschutzbezogener Maßnahmen können auf diese Weise sachgerechter vorgenommen werden als bei einer undifferenzierten Betrachtung der unterirdischen Hydrosphäre.

2.4.6.1.2. Prüfkriterium Schadstoffausbreitungstendenz im Grundwasser

Im nächsten Schritt ist zu prüfen, ob und in welchem Maße das Grundwasservorkommen durch die Standortnutzung beeinträchtigt wird / wurde. Eine nachhaltige Gewässerverunreinigung ist nach Auffassung der Autoren gegeben, wenn in einem verunreinigten Grundwasservorkommen eine progressive oder ggf. stagnative Tendenz der Schadstoffausbreitung festzustellen oder begründet anzunehmen wäre.

Von einer nachhaltigen Grundwasserverunreinigung würde nicht ausgegangen werden können, wenn in einem örtlich verunreinigten Grundwasser die Tendenz der Schadstoffausbreitung regressiv wäre und eine Endlichkeit des nicht hinnehmbaren Zustandes einer Gewässerverunreinigung - allein durch die Wirkung natürlicher Rückhalteprozesse und Selbstreinigungsreaktionen - absehbar wäre.

Von einer regressiven Tendenz der Schadstoffausbreitung im Grundwasser könnte z. B. ausgegangen werden, wenn sich die Freisetzung der Schadstoffe aus dem emittierenden Schadstoff-

48 Sachverständigenrat für Umweltfragen: Bundesdrucksache 13/10196 vom 03.03.1998
49 Der Begriff Grundwasserkörper ist inzwischen auch Bestandteil der EU-WRRL. Seine Übernahme in den Wortlaut der deutschen Wasserrechts-Normen steht z.Z. noch aus.

zentrum über die Zeitachse verringert oder ein natürlicher Abbau stattfindet, und diese Erscheinungen durch Laboranalysen belegt oder durch allgemeine hydrogeologische und hydrogeochemische Erfahrungen plausibel prognostiziert werden kann.

Tab. 28: Beurteilung der Nachhaltigkeit der Verunreinigung von Grundwasservorkommen auf der Basis des Kriteriums *‚Schadstoffausbreitungstendenz'* und der Definition der adäquaten Prüfkriterien

Kriterium Eintrag von Schadstoffen und Tendenz derer Ausbreitung		Prüfkriterium Schadstoffausbreitungstendenz im Grundwasser	X
⓪	kein Eintrag	Es sind nachweislich keine standortbürtigen Schadstoffe in beeinflussbare Grundwasservorkommen eingetragen worden bzw. ein solcher Eintrag ist nicht zu prognostizieren. Ein messbarer oder zu prognostizierender Eintrag standortbürtiger Schadstoffe ist vernachlässigbar gering bzw. punktuell oder aufgrund einer geringen Umweltrelevanz des Schadstoffes vernachlässigbar.	
①	regressiv	Auf der Basis von Messergebnissen (Zeitreihen) im Grundwasserabstromigen Bereich des Standortes ist nachgewiesen, dass die Konzentrationen der das Grundwasser verunreinigenden standortbürtigen Schadstoffe zurückgegangen sind. Es liegen Informationen oder Indizien dafür vor, dass ein weiterer von der Quelle ausgehender Schadstoffnachschub nicht zu besorgen ist (beispielsweise durch die Einstellung stark emittierender Produktionsprozesse oder durch die Sanierung / Modernisierung von Produktionsanlagen). Es liegen Informationen oder Indizien dafür vor, dass ein Nachschub von Schadstoffen, die *‚bereits auf dem Wege'* von der Schadstoffquelle zum Grundwasservorkommen sind, nicht zu einer Erhöhung der Freisetzung in das Grundwasservorkommen führen werden.	
②	stagnativ	Auf der Basis von Messergebnissen (Zeitreihen) im Grundwasserabstromigen Bereich des Standortes ist nachgewiesen, dass die Konzentrationen der das Grundwasser verunreinigenden standortbürtigen Schadstoffe im üblichen Konzentrationsschwankungsbereich konstant sind. Es liegen Informationen oder Indizien dafür vor, dass ein weiterer von der Quelle ausgehender Schadstoffnachschub, der prognostisch zu einer Erhöhung der Freisetzungsraten in das Grundwasservorkommen führen könnte, nicht zu besorgen ist (s.o.). Es liegen Informationen oder Indizien dafür vor, dass ein Nachschub von Schadstoffen, die *‚bereits auf dem Wege'* von der Schadstoffquelle zum Grundwasservorkommen sind, nicht zu einer Erhöhung der Freisetzung in das Grundwasservorkommen führen werden.	
③	progressiv	Auf der Basis von Messergebnissen (Zeitreihen) im Grundwasserabstromigen Bereich des Standortes ist nachgewiesen, dass die Konzentrationen der das Grundwasser verunreinigenden standortbürtigen Schadstoffe signifikant ansteigen. Es liegen Informationen oder Indizien dafür vor, dass ein weiterer von der Quelle ausgehender Schadstoffnachschub, der prognostisch zu einer weiteren Erhöhung der Freisetzungsraten in das Grundwasservorkommen führen könnte, zu besorgen ist.	

Bei Vorliegen mehrerer Grundwasserhorizonte ist die Prüfung für einen jeden einzelnen vorzunehmen.

2.4.6.1.3. Ermittlung der Ausbreitungstendenz industrieller Schadstoffe im Grundwasser im Abstrom von Schadstoffquellen

Die laterale Schadstoffverteilung in den für die Schadstoffmigration maßgeblichen Grundwasserleitern ist zumeist besonders dadurch gekennzeichnet, dass sich hohe Gehalte organischer oder anorganischer Wasserschadstoffe auf ein enges Areal um die Emissionsquellen konzentrieren. Außerhalb der Schadstoffeintragsbereiche fällt die Schadstoffkonzentration dagegen auf kurze Strecken sehr schnell ab. *‚Phänomene'* ließ auf bislang nicht erkannte bzw. nicht hinreichend genau charakterisierte Mechanismen des Schadstoffabbaues bzw. des Verharrens von Schadstoffen im Grundwasser schließen. Die Verfasser leiteten die Existenz *'Reaktiver Geogener Komplexe'* ab, in denen faziell bedingte, physikalische, geochemische und mikrobielle Prozesse in komplexer Wechselbeziehung ein höheres Rückhalten bzw. einen größeren Abbau von Schadstoffen im Grundwasser bewirken, als mit bislang mehr oder weniger einseitigen Betrachtungsweisen z.B. aus Geochemie oder Mikrobiologie angenommen werden konnte. Eine realitätsnahe Anwendung von rechnerischen Schadstofftransportmodellen wurde zumeist durch die unsichere oder empirisch abgeschätzte Ermittlung der Migrationsparameter eingeschränkt. Gerade die laborative Nachbildung dieser Prozesse bereitet auch heute noch große Schwierigkeiten.

Unter Berücksichtigung von Art, Menge und Verteilung organischer Schadstoffe sowie außerdem unter Beachtung der Hydrogeochemie des Kontaminationsbereiches und seiner Umgebung ist es prinzipiell möglich, den Faktor natürlicher Abbauprozesse für Sanierungsentscheidungen zu nutzen, wenn er für den speziellen Standort in Näherungen quantifiziert ist.

Die Rückhalte- und Abbauwirkung der REAKTIVEN GEOGENEN KOMPLEXE ist über zwei Wege quantifizierbar:

1. durch fundierte Berechnungsmethoden, die der Komplexität der Vorgänge weitgehend und naturnah Rechnung tragen;
2. im vergleichenden Messen bestimmter Eingangs- und Ausgangsgrößen von Schadstoffen oder anderer standortspezifischer Parameter über eine definierte Länge in exakter Abstromrichtung des Grundwassers.

Bereits 1999 wurde in einer Studie[50] der internationale Stand der in 1.) aufgeführten fundierten Berechnungsmethoden umfassend recherchiert und kritisch beleuchtet. Es war u. a. ein Beweggrund für die genannte Studie, reale, über Jahre gemessene Entwicklungen von Schadstofffahnen jeweiligen prognostischen Berechnungen gegenüberzustellen. Die Autoren kamen zu dem Ergebnis, dass eine realitätsnahe Anwendung von rechnerischen Schadstofftransportmodellen zumeist durch die unsichere oder empirisch abgeschätzte Ermittlung der Migrationsparameter eingeschränkt wird. Gerade die laborative Nachbildung dieser Prozesse bereitet bis heute große Schwierigkeiten oder ist mit oft unverhältnismäßigem Aufwand verbunden. Aus diesem Grunde ziehen sich die jeweiligen Gutachter zumeist hinter ein worst-case-Szenario zurück, das die jeweilige Behörde oft zu einer Maximierung von Forderungen veranlassen könnte.

Daraus ist abzuleiten, dass die existierenden Berechnungsmethoden der Komplexität der Vorgänge (noch) nicht genügend Rechnung tragen. Es zeigte sich in den meisten Fällen, dass die räumliche Ausbildung von Schadstofffahnen im Umfeld industrieller Standorte deutlich engständiger ist und die Ausbreitungsgeschwindigkeit wesentlich langsamer verläuft, als bislang angenommen wurde.

Die Feststellung dieser *‚Phänomene'* ließ auf bislang nicht erkannte bzw. nicht hinreichend genau charakterisierte Mechanismen des Schadstoffabbaues bzw. des Verharrens von Schadstoffen im Grundwasser schließen. Die faziell bedingten physikalischen, geochemischen und mikrobiellen

50 Studie: Analyse / Bewertung limitierender und fördernder Faktoren zum Abbauverhalten braunkohlenbürtiger Schadstoffe. – Autoren: K. Roselt, J. Schmidt, R. Hähnel, F. Weihrauch, A. Schaubs, JENA-GEOS-Ingenieurbüro GmbH, im März 1999

Prozesse bewirken in komplexer Wechselbeziehung ein höheres Rückhalten bzw. einen größeren Abbau von Schadstoffen im Grundwasser, als mit bislang mehr oder weniger einseitigen Betrachtungsweisen z.B. aus Geochemie oder Mikrobiologie angenommen werden konnte.

Aus diesem Grunde sehen die Autoren eine Lösung für eine solche, zunächst objektspezifisch ausgerichtete Quantifizierung in der Ermittlung von parameterspezifischen Konzentrationsgradienten (vergleichendes Messen bestimmter Eingangs- und Ausgangsgrößen von Schadstoffen oder anderer standortspezifischer Parameter über eine definierte Länge in exakter Abstromrichtung des Grundwassers).

Der zeitliche Verlauf von Zerfalls- und Abbauprozessen wird durch folgende allgemeine Beziehung charakterisiert:

(1) $$c_t = c_0 \cdot e^{-\lambda t}$$

c_0	Anfangskonzentration
c_t	Konzentration nach der Zeit t
λ	Zerfallskonstante

Die Auswertung von Grundwasseranalysen am Beispiel der im Abstromverhältnisse karbochemischer Standorte hat gezeigt, dass auch die räumliche Entwicklung der Konzentration bestimmter Wasserinhaltsstoffe in Grundwasserfließrichtung näherungsweise durch eine analoge Exponentialfunktion beschrieben werden kann:

(2) $$c_2 = c_1 \cdot e^{-i_c s}$$

c_1	Konzentration in Grundwassermessstelle 1
c_2	Konzentration in der Grundwassermessstelle 2
i_c	parameterspezifischer Konzentrationsgradient
s	Entfernung zwischen den Messstellen 1 und 2

Durch Umstellung von (2) wurde folgende Arbeitshypothese für die Bestimmung des parameterspezifischen Konzentrationsgradienten i_c abgeleitet:

(3) $$i_c = \frac{\ln\left(\frac{c_1}{c_2}\right)}{s}$$

Sind die Konzentrationen eines bestimmten Parameters in mindestens zwei im Abstrom einer Emissionsquelle in Grundwasserfließrichtung gelegenen Messstellen (M1 und M2) bekannt, kann mit der Beziehung der parameterspezifische Konzentrationsgradient i_c ermittelt werden. Er charakterisiert die Engständigkeit der Schadstofffahne und kann damit auch für standortübergreifende Vergleiche unabhängig von der jeweiligen Absolutkonzentration genutzt werden.

⇒	Der parameterspezifische Konzentrationsgradient ic beschreibt die Konzentrationsänderung anthropogen bedingter Wasserinhaltsstoffe oder anderer geeigneter standortspezifisch ausgewählter chemisch - physikalischer Messgrößen auf der abstromig gerichteten Strecke im Abstrom von Altlastverdachtsflächen in Abhängigkeit von der Entfernung zur Emissionsquelle. Er beschreibt somit halbquantitativ die Wirkung des REAKTIVEN GEOGENEN KOMPLEXES und kann zur Beurteilung der Schadstoffausbreitungstendenz im Grundwasser herangezogen werden

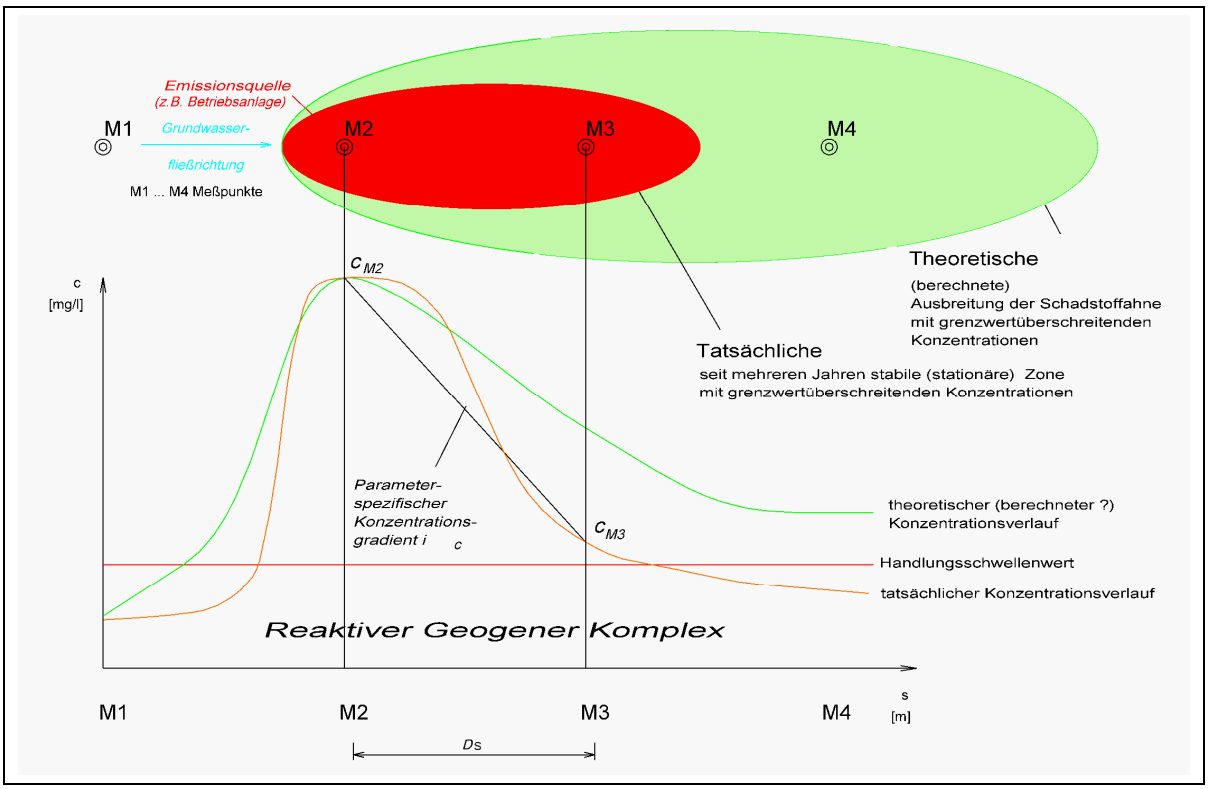


Abb. 17: Schematische Darstellung des parameterspezifischen Konzentrationsgradienten

2.4.6.2. Prüfmatrix: Ableitung der Risikoklasse für ein betroffenes Grundwasser

Hinsichtlich der Sanierung eines bereits stark verunreinigten Grundwasservorkommens steht nach Auffassung verschiedener Autoren nicht die Beseitigung der Verunreinigung im Vordergrund; *"…es geht um die Ausbreitung der Schadstoffe ... in noch nicht oder bisher nur gering verunreinigte Anschluss - Vorkommen. Hier muss vielfach die Reinigungswirkung einer bestimmten Bodenpassage vom Belastungskerngebiet in Fließrichtung bis zu einem Punkt veranschlagt werden, von dem ab die zusätzliche Belastung in Kauf genommen werden kann oder vernachlässigbar erscheint"*[51]. Dieser Sichtweise trägt z.B. das Land Sachsen mit der Einführung des Begriffes *‚tolerabler Grundwasserschaden'* Rechnung.

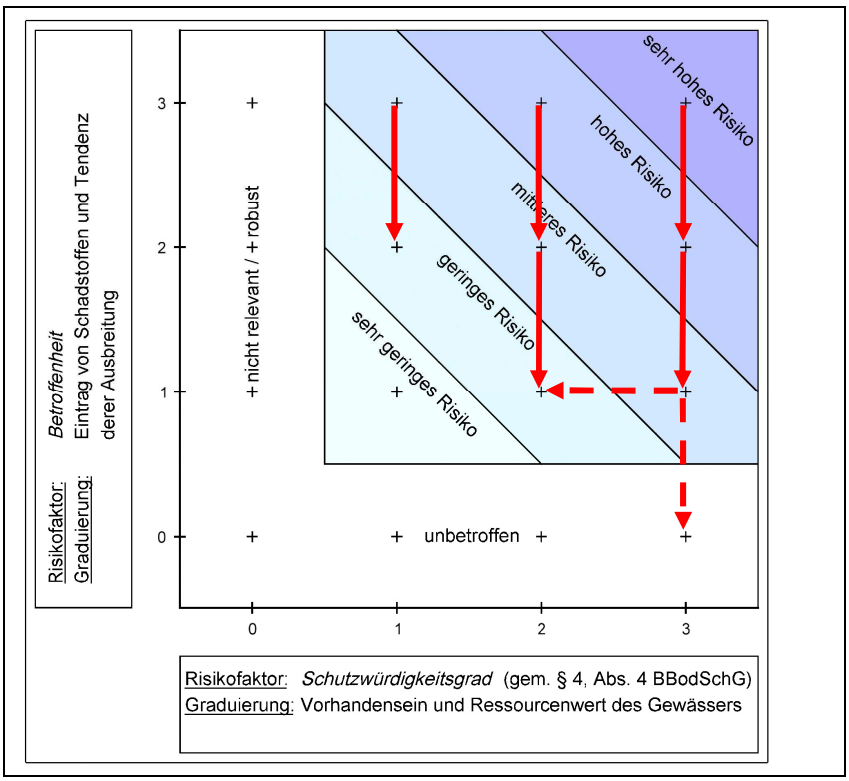
In Auswertung der Fachliteratur zum Gewässerschutz und unter Berücksichtigung eigener Forschungsergebnisse sind die Autoren zu dem Ergebnis gekommen, dass bei einer bereits eingetretenen Grundwasserverunreinigung sich die beiden Kriterien

I <u>Schadstoffausbreitungstendenz</u> (als gewässerschutzbezogene Ausprägung des Risikofaktors *‚Betroffenheit'*) im Grundwasserstrom

II <u>Ressourcenwert</u> des Grundwassers in wasserwirtschaftlichem <u>und</u> ökologischem Sinne als gewässerschutzbezogene Ausprägung des Risikofaktors *‚Sensibilität / Vulnerabilität'*)

zur Beurteilung gewässerbezogener Risiken wie auch zur Ableitung der Verhältnismäßigkeit gewässerschutzbezogener Maßnahmen als maßgeblich erwiesen haben.

51 zit. Salzwedel, 1996 S. 21



Legende:

Eintrag von Schadstoffen und Tendenz deren Ausbreitung
- 0 - kein Eintrag
- 1 - regressiv
- 2 - stagnativ
- 3 - progressiv

Vorhandensein und Ressourcenwert des Gewässers
- 0 - kein relevantes Gewässer
- 1 - gering
- 2 - mittel
- 3 - hoch

Abb. 18: Entscheidungsmatrix zur Umsetzung des Verhältnismäßigkeitsgrundsatzes grundwasserschutzbezogener Sanierungsmaßnahmen, mit Sanierungsoptionen (rote Pfeile)

2.4.6.3. Darstellung der Methodik an einem konkreten Beispiel

Als konkretes Beispiel soll auch hier der Modellstandort C des **optirisk**-Projektes, das ehemalige Tanklager in Jena dienen (Beschreibung siehe Abschnitt 2.4.4.3).

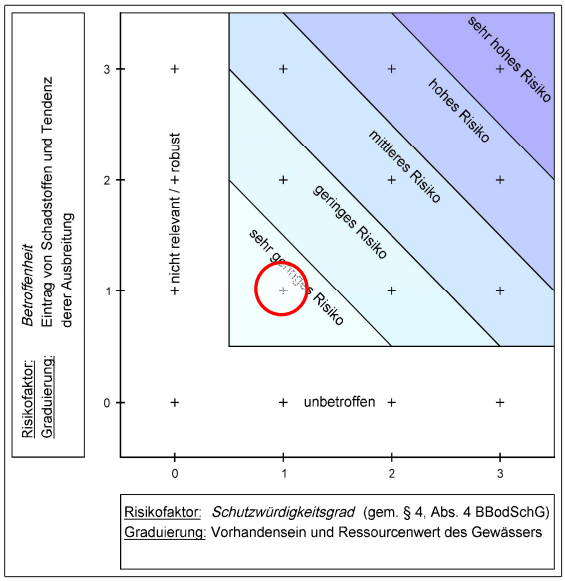


Abb. 19: Oberes Grundwasserstockwerk, Standort Tanklager Jena

Oberes Grundwasserstockwerk

Dem oberen Grundwasserstockwerk der quartären Kiesterrasse ist gem. Nomenklatur in Tab. 27 ein Ressourcenwert der Stufe 1 (*‚gering'*) zuzuerkennen:

Einstufung nach wasserwirtschaftlichem Aspekt:
‚Grundwasservorkommen, das aufgrund seines natürlichen Chemismus und / oder der Ergiebigkeit nicht für Trinkwassergewinnung oder andere sensible Zwecke geeignet ist'

Einstufung nach ökosystemarem Aspekt:
‚Grundwasservorkommen mit geringer Ergiebigkeit und Grundwässer in Industriegebieten'

Die Messergebnisse bzgl. der Grundwassergüte der vergangenen Jahre haben gezeigt, dass die Konzentrationen der Umweltschadstoffe (LHKW, MKW) im Abstrom der Emissionsquelle rückläufig sind. Daraus kann eine regressive Tendenz der Schadstoffausbreitung im Grundwasser abgeleitet

werden. Dies führt zur Einstufung bzgl. des Prüfkriteriums *‚Schadstoffausbreitungstendenz'* in die Kategorie *‚regressiv'* (①).
Begründung gem. Nomenklatur in Tab. 28:

- Auf der Basis von Messergebnissen (Zeitreihen) im Grundwasser-abstromigen Bereich des Standortes ist nachgewiesen, dass die Konzentrationen der das Grundwasser verunreinigenden standortbürtigen Schadstoffe zurückgegangen sind.
- Es liegen Informationen dafür vor, dass ein weiterer von der Quelle ausgehender Schadstoffnachschub nicht zu besorgen ist (Stilllegung der Tanks).
- Es liegen Indizien dafür vor, dass ein Nachschub von Schadstoffen, die *‚bereits auf dem Wege'* von der Schadstoffquelle zum Grundwasservorkommen sind, nicht zu einer Erhöhung der Freisetzung in das Grundwasservorkommen führen werden.

Aus der Einstufung gem. der die Entscheidungsmatrix aufspannenden Prüfkriterien ergibt sich eine Zuordnung des Oberen Grundwasserstockwerkes in ein *‚geringes Inanspruchnahmerisiko'*. Sanierungsmaßnahmen, das Grundwasser selbst betreffend, erübrigen sich, wenn nicht berechtigte privatrechtliche Ansprüche von Anrainern gem. Abschnitt 2.2.1.1.4 geltend gemacht werden (können). Solche sind dann jedoch auch diesem Verpflichtungsgrundtyp zuzuordnen.

Zudem wird am Standort ein verbesserter Zustand des Grundwassers durch die Wiederherstellung der Bodenfunktion 1c (siehe Abschnitt 2.4.4.3) erreicht.

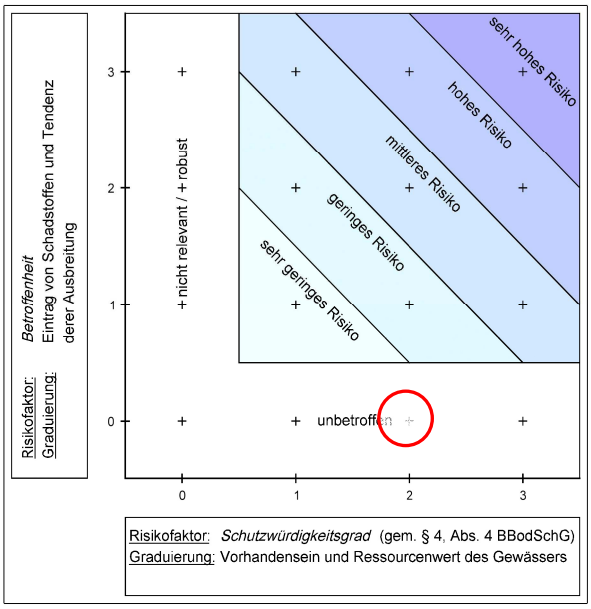


Abb. 20: Unteres Grundwasserstockwerk Standort Tanklager Jena

Unteres Grundwasserstockwerk

Dem Grundwasserstockwerk der salinaren Zechsteinwässer ist aufgrund derer balneologischen Geeignetheit gem. Nomenklatur in Tab. 27 ein Ressourcenwert der Stufe 2 (*‚mittlerer Ressourcenwert'*) zuzuerkennen.

Auch wenn die Sole keinen amtlich festgelegten Schutzstatus genießt, handelt es sich doch um Grundwasser, das potenziell von wasserwirtschaftlicher Bedeutung ist.

Es ist davon auszugehen, dass aufgrund der geologischen-strukturellen und hydrologischen Bedingungen (Tiefenlage, Geschütztheitsgrad, artesische Druckverhältnisse) die Zechsteinsole durch die oberflächennahen Schadstoffquellen keine Beeinträchtigung erlangt hat und erlangen wird. Mangels Schadstoffeintrag ist das Grundwasservorkommen unbetroffen.

Ein Inanspruchnahmerisiko ist demnach nicht abzuleiten.

2.4.6.4. Statistische Auswertung der Relevanz- und Beeinträchtigungsprüfung von Grundwässern anhand von Standorten aus dem Begutachtungsportfolio der JENA-GEOS®-Ingenieurbüro GmbH

(Datengrundlage und Methodik siehe Abschnitt 2.4.4.4)

Ergebnisse

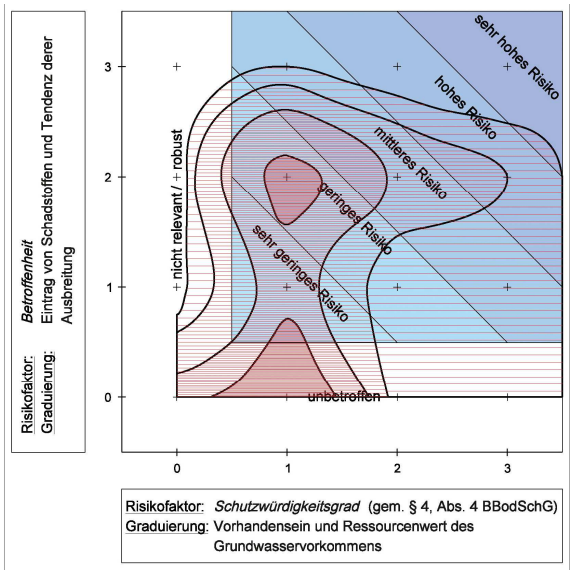


Abb. 21: Häufigkeitsverteilung der Risiko-klassifizierung für die 114 Standorte, bezogen auf den oberen Grundwasserleiter mit Linien gleicher Häufigkeit 1 – 5 – 10 – 20

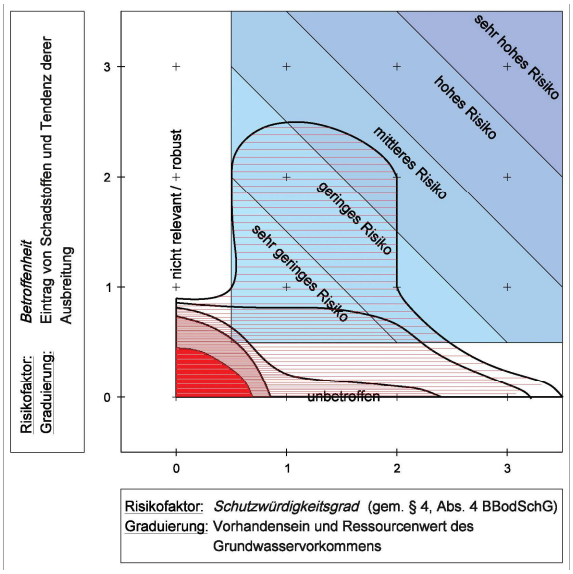


Abb. 22: Häufigkeitsverteilung der Risikoklassifizierung für die 114 Standorte, bezogen auf den unteren Grundwasserleiter mit Linien gleicher Häufigkeit 1 – 5 – 10 – 20 – 40

2.4.6.5. Ausblick auf die Umsetzung grundwasserschutzrechtlicher Verhältnismäßigkeitserwägungen im EU-Recht

Aktuell sind hinsichtlich der europäischen Gesetzgebung bzgl. des Gewässerschutzes folgende Dokumente zu berücksichtigen:

- die Europäische Wasserrahmenrichtlinie (WRRL)[52] und
- die EG-Grundwasserrichtlinie (GWRL)[53].

Umweltpolitisch verfolgt die EU bezüglich des Grundwassers mit diesen Richtlinien das Bewirtschaftungsziel eines *‚guten chemischen Zustandes'* der Grundwasserkörper, der durch geeignete Vor- und Nachsorgemaßnahmen bis 2015 erreicht werden soll. Jedoch muss eingangs angemerkt werden, dass unter *‚Grundwasserkörper'* diese jeweils insgesamt gemeint sind und sich nach der flussgebietsbezogenen Gewässerbewirtschaftung richten. Kriterium für die Erreichung des *‚guten chemischen Zustandes'* ist die Einhaltung bestimmter Qualitätsnormen und Schwellenwerte an ausgewählten, repräsentativen Überwachungsstellen. Das Bewirtschaftungsziel verlangt daher nicht die flächendeckende Einhaltung der Qualitätsnormen und Schwellenwerte an jedem Ort im Grundwasser[54]. Das Monitoring von Altlasten wie auch anderen, in diesem Zusammenhang als punktuell anzusehenden Schadstoffquellen, liegt damit auf einer anderen Ebene als die Überwachung des Zustandes von Grundwasserkörpern im Sinne der WRRL.

---

52 Richtlinie 200/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. 10. 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik

53 Richtlinie 2006/118/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 12. Dezember 2006 zum Schutz des Grundwassers vor Verschmutzung und Verschlechterung

54 aus: Großmann, J., G. Meiners, N. Steiner, T. Track und A. Willand: Die neue Grundwasserrichtlinie (GWRL) - eine erste Auswertung des AK WRRL. – altlasten spektrum 01/2007

Wichtig im Zusammenhang mit der Frage, inwieweit die genannten europäischen Rechtsnormen bei der in diesem Dokument vorgestellten Methode der Risikoklassifizierung für Grundwasservorkommen und der Ableitung verhältnismäßiger Sanierungsoptionen Berücksichtigung finden, sind folgende Kernpunkte:

1. Risikofaktor Schutzwürdigkeitsgrad: Es werden hinsichtlich der Schutzbedürftigkeit Unterschiede zwischen *‚normalen'* und Grundwässern, die der Trinkwassergewinnung dienen, herausgestellt. Des Weiteren werden Ausnahmen bzgl. des chemischen Zustandes des Grundwassers dahingehend erhoben, dass hohe Stoffkonzentrationen natürlicher Stoffe oder Ionen nicht unter den Begriff der *‚Verschmutzung'* fallen[55]. Letztendlich unterliegt der zu fordernde *‚gute chemische Zustand'* aller Grundwasserkörper den Bewirtschaftungszielen.

2. Risikofaktor Betroffenheit: Bezüglich der Einschätzung der Gefährdung bzw. der eingetretenen Betroffenheit von Grundwasserkörpern bedient sich die GWRL des Kriteriums des Trends der Entwicklung von Schadstofffahnen bzw. des Kriteriums der Trendumkehr zur Erreichung eines *‚guten chemischen Zustandes'*; dies ausdrücklich auch bei altlastenrelevanten, lokalen Schadstofffahnen mittels zusätzlicher lokaler Trendermittlung[56].

3. Das Verhältnismäßigkeitsprinzip findet bei Sanierungserwägungen grundsätzlich Berücksichtigung. Es können Maßnahmen ausgenommen werden, die aus technischen Gründen nicht begrenzt werden können oder unverhältnismäßig kostspielig sind (beispielsweise um Schadstoffe aus kontaminierten Böden zu entfernen, aus denen eine Versickerung in das Grundwasser stattfindet)[57]. Jedoch fehlt ein Hinweis, wie das Merkmal *‚unverhältnismäßig kostspielige Maßnahmen'* auszulegen und zu bewerten ist.

2.5. Auswahl geeigneter wirtschaftlicher Sanierungstechniken und Kostenprognose der Maßnahmen

2.5.1. Methode

Die zu prognostizierenden Kosten ergeben sich als Summe der minimal je Maßnahme aufzuwendenden Kosten nach folgendem Algorithmus (siehe auch Abb. 23).

Für alle zur Erreichung des Soll-Zustandes abgeleiteten, erforderlichen und verhältnismäßigen Maßnahmen sind im nächsten Schritt geeignete Techniken auszuwählen. Unter Technik werden hier alle Bau- und Verfahrenstechnologien verstanden, mit denen der Ist-Zustand in den Soll-Zustand überführt werden kann. Die Betrachtung erfolgt für alle Maßnahmen und all ihrer Kombinationen, die nach gutachterlichem Ermessen sinnvoll zu einer Maßnahmenkombination zusammengefasst werden können. Eine Maßnahmenkombination kann dann sinnvoll gebildet werden, wenn auf jede eingeschlossene Maßnahme die gleiche Technik angewendet werden kann (der Begriff *‚Maßnahmenkombination'* schließt dem gemäß auch jede singuläre Maßnahme selbst ein).

Für jede Maßnahmenkombination werden geeignete Techniken aus dem nach Stand der Technik bekannten Methoden festgelegt. Das erfolgt dergestalt, dass alle prinzipiell geeigneten Techniken daraufhin untersucht werden, ob sie für die Erfüllung der Maßnahmenkombination auch unter den konkreten Bedingungen anwendbar sind. Für diese wird jeweils eine Kostenermittlung durchgeführt.

55 GWRL, Präambel (10)

56 GWRL, Art. 5 Abs. 5

57 GWRL, Art. 6, Abs, 3 e) ii)

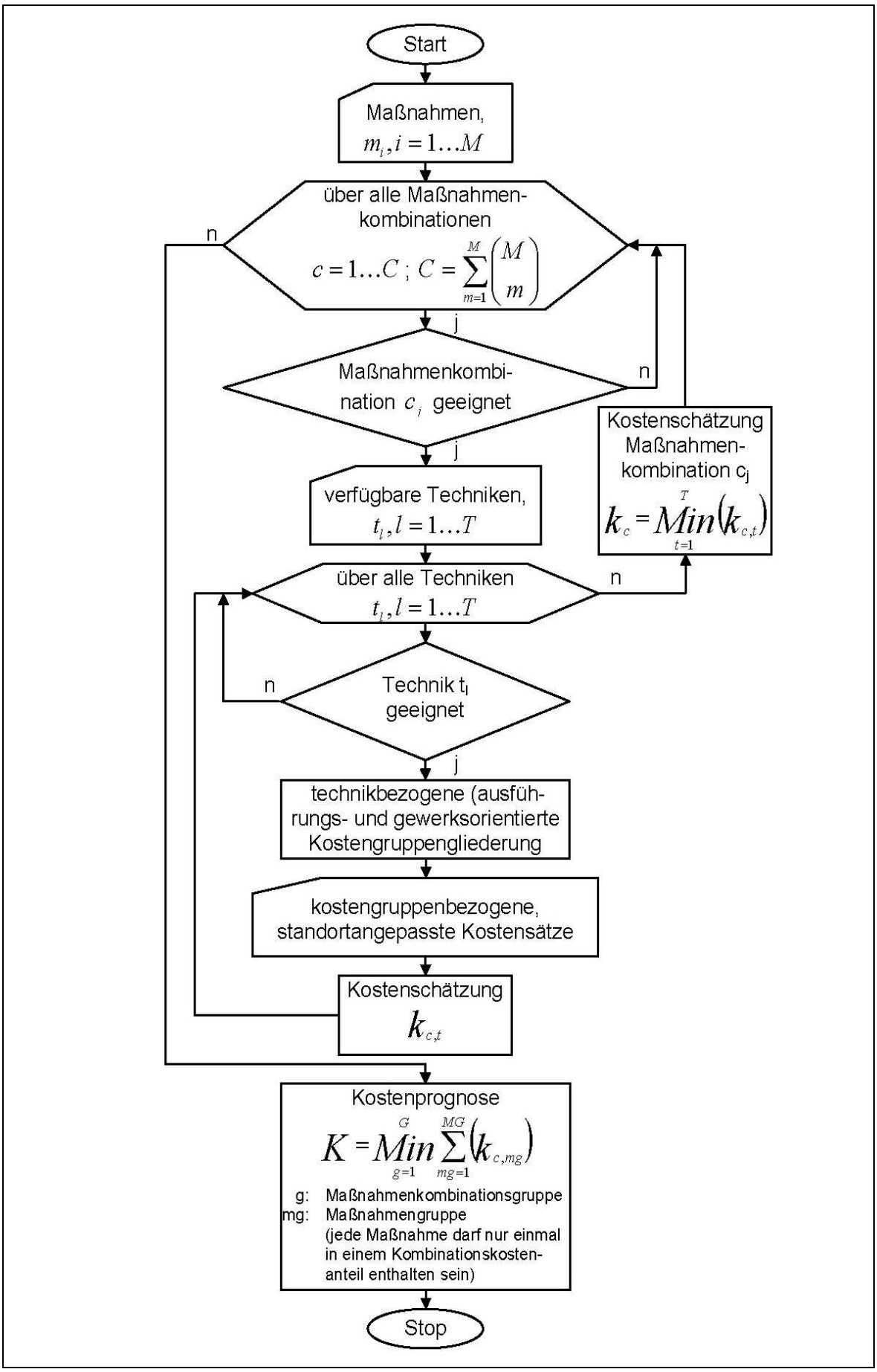


Abb. 23: Ablaufschema Kostenprognose

Dazu wird die Maßnahmenkombination in Kostengruppen aufgegliedert, wobei dies in Anlehnung an DIN 276, Fassung Juni 1993, ausführungsorientiert entsprechend dem Niveau für eine Kostenschätzung erfolgen sollte. Die erste Ebene der Kostengliederung wird nach herstellungsmäßigen Gesichtspunkten unterteilt. Hierfür kann die Gliederung in Leistungsbereiche entsprechend dem Standardleistungsbuch für das Bauwesen (StLB) oder ähnlichen Katalogen verwendet werden. In die zweite, meist für die Kostenschätzung genügend genaue Gliederungsebene gelangt man bei ausführungs- oder gewerkeorientierten Strukturen z. B. entsprechend der Vergabe und Vertragsordnung für Bauleistungen VOB Teil C (DIN 18299 ff.).

Aus den für jede Maßnahmenkombination für die unterschiedlichen anwendbaren Techniken ermittelten Kosten wird der kleinste Betrag im Weiteren als Kosten der Maßnahmenkombination berücksichtigt, ihr zugeordnet ist die wirtschaftlichste Technik für die betrachtete Maßnahme.

Im abschließenden Schritt werden alle die Gruppen aus allen Maßnahmenkombinationen gebildet, die der Bedingung genügen, dass jede Maßnahme genau einmal in der Gruppe vorkommt. Die Kosten der zugeordneten Maßnahmenkombinationen werden summiert. Diejenige Maßnahmenkombinationsgruppe, die die geringste Kostensumme erfordert, ist schließlich die wirtschaftlichste, die zugeordnete Kostensumme ist der Wert der Kostenprognose. In der konkreten Anwendung wird man ausgehend von Erfahrungen und praktischen Erwägungen meist die Grundgesamtheit aller möglichen Maßnahmenkombinationen auf eine tatsächlich sinnvolle Anzahl reduzieren. Das gleiche trifft für den Katalog der in eine engere Wahl zu stellenden Techniken. Den Ausführungsrisiken ist dabei besondere Beachtung zu schenken.

Als Informationsquellen für die Auswahl der Sanierungstechniken und die Festlegung eignen sich neben den eigenen Quellen des Sanierungspflichtigen. Zu nennen sind (ohne Anspruch auf Vollständigkeit):

- Datenbasen der bearbeitenden Stelle, z. B. Architektur- und Ingenieurbüro, Sanierungs- und Entwicklungsgesellschaften
- Standardisierte und normierte, öffentlich zugängliche Datenbanken und Auskunftsstellen[58]
- Internet, Fachliteratur (Bücher, Zeitschriften, Veröffentlichungen), Tagungen, Informationsmaterial von Sanierungsunternehmen)

2.5.2. Beispiel

Das bereits vorangegangen behandelte Beispiel des Modellstandortes C Tanklager Jena-Nord soll hier auch für die Kostenprognose der Maßnahmen herangezogen werden.

Die Standortanalyse bzgl. möglicher Inanspruchnahmerisiken führte zu folgendem Ergebnis:

Tab. 29: Inanspruchnahmerisiken am Modellstandort C Tanklager Jena-Nord

1. Besteht ein Inanspruchnahmerisiko zur Wiederherstellung beeinträchtigter Bodenfunktionen?	ja
2. Besteht ein Inanspruchnahmerisiko zum Schutz der Oberflächengewässer?	nein
3. Besteht ein Inanspruchnahmerisiko zum Schutz des Grundwassers?	nein

Es wurde in Abschnitt 2.4.4.3 die Notwendigkeit einer angemessenen Verringerung des Beeinträchtigungsgrades der in die RK 4 eingestuften Bodenfunktionen 1c und 3d um eine Risikoklasse abgeleitet.

58 u. a.: - STLB-Bau Dynamische Baudaten (http://www.din-bauportal.de/) - SirAdos Baudaten (http://www.sirados.de/)
Bracke, R.; Klümpen, Ch.: Materialien zur Altlastensanierung und zum Bodenschutz Band 20, Leistungsbuch Altlasten und Flächenrecycling 2004 / 2005, Hrsg.: Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen, Essen, 2005

Als einzig technisch sinnvolle Variante zur Erreichung des Sanierungszieles *‚mittleres Risiko'* wurde die Entfernung aller Tanks und der Bodenaustausch der im Grundwasserschwankungsbereich befindlichen höher kontaminierten Böden abgeleitet. Anschließend erfolgt eine Verfüllung der Hohlformen und Verdichtung.

Bei der Kombination von Gefahrenabwehrmaßnahmen und Investitionstiefbauarbeiten können je nach Nutzungsszenarium Synergien aber auch Mehraufwendungen generiert werden. Die Verfüllung der Hohlformen soll fachtechnisch so ausgeführt werden, dass eine geotechnisch tragfähige Geländeoberfläche hergestellt wird, welche zumindest für ein Nutzungsszenarium mit Lager- und Verkehrsflächen geeignet ist.

Es werden bei dieser Kostenberechnung keine weiteren Herrichtungskosten für das Grundstück berücksichtigt.

Eine Kostenprognose in Anlehnung an die Methode in Abschnitt 2.5.1 führt zu folgendem Ergebnis:

Tab. 30: Kostenprognose behebungspflichtiger Lasten am Modellstandort C Tanklager Jena-Nord zum Bewertungsstichtag

Kostengruppen nach DIN 276		Menge	Einheit	EP	Einheit	Kosten
	Gesamtkosten KG 100 bis 700 netto ohne MwSt.					**292.806,03 €**
100	**Grundstück**					**0,00 €**
120	Grundstücksnebenkosten					0,00 €
126	Wertermittlungen, Untersuchungen zu Altlasten und deren Beseitigung, Baugrunduntersuchungen und Untersuchungen über die Bebaubarkeit, soweit sie zur Beurteilung des Grundstückswertes dienen					0,00 €
126.100	**optirisk**					0,00 € (bereits erfolgt)
200	**Herrichten und Erschließen**					**249.806,03 €**
210	Herrichten (Kosten der vorbereitenden Maßnahmen auf dem Baugrundstück - hier behebungspflichtige Altlasten)					249.806,03 €
212	Abbruchmaßnahmen (ohne investitionsbegleitende Rückbaumaßnahmen vorhandener Bauwerke, Ver- und Entsorgungsleitungen oder Verkehrsanlagen)					112.250,00 €
212.100	fachgerechter Rückbau Erdtanks einschl. Schrottentsorgung und TÜV-Abnahme					112.250,00 €
212.110	Erdtanks bis 10 m³	23	Stk.	750,00	€/Stk	17.250,00 €
212.120	Erdtanks 10 - 30 m³	26	Stk.	1.250,00	€/Stk	32.500,00 €
212.130	Erdtanks 30 - 63 m³	25	Stk.	2.500,00	€/Stk	62.500,00 €
213	Altlastenbeseitigung: Beseitigen von Kampfmitteln und anderen gefährlichen Stoffen, Sanieren belasteter und kontaminierter Böden					137.556,03 €
213.100	Baugrubenherstellung					6.423,00 €
213.110	Lösen und Laden (ohne Tankvolumen 1825,6 m³)	4282	m³	1,50	€/m³	6.423,00 €
213.200	Transport und Entsorgung Bodenaushub getrennt nach Hauptkontaminanten					47.896,91 €
213.210	Dioxine > Maßnahmeschwellenwert BBodSchV	16	m³	250,00	€/m³	4.000,00 €
213.220	Schadstoffe mit Zuordnung bis einschließlich Z2, Sulfat und physiko-chemische >Z2 gemäß aktuell gültiger LAGA M20	198	m³	26,00	€/m³	5.159,62 €
213.230	MKW 1000 bis 5000 mg/kg	174	m³	36,00	€/m³	6.267,14 €
213.240	MKW > 5000 mg/kg	238	m³	63,00	€/m³	14.969,46 €
213.250	BETX 5 - 30 mg/kg , LHKW 5 - 25 mg/kg	10	m³	40,00	€/m³	394,56 €
213.260	BETX > 30 mg/kg , LHKW > 25 mg/kg	64	m³	100,00	€/m³	6.358,37 €

Kostengruppen nach DIN 276		Menge	Einheit	EP	Einheit	Kosten
213.300	Aushubbereitstellung am Standort für nachfolgenden Wiedereinbau					5.373,88 €
213.310	Auffülle um Tanks - Schadstoffe mit Zuordnung bis einschließlich Z1.2, Sulfat und physiko-chemische >Z2 gemäß aktuell gültiger LAGA M20	3.583	m³	1,50	€/m³	5.373,88 €
213.400	Wiederverfüllung, Baugrundverbesserung, Verdichtung					77.862,23 €
213.410	Wiedereinbau bereitgestellter Aushubmassen	3.583	m³	0,75	€/m³	2.686,94 €
213.420	verdichtungsfähiges Material nach Jena liefern	2.525	m³	8,00	€/m³	20.203,29 €
213.430	großflächiger mehrteiliger verdichteter Einbau	6.108	m³	9,00	€/m³	54.972,00 €
700	**Baunebenkosten**					**43.000,00 €**
730	Architekten- und Ingenieurleistungen					5.000,00 €
739	sonstiges					5.000,00 €
739.100	Bauüberwachung HOAI LP 8, 9				HOAI	5.000,00 €
740	Gutachten und Beratung					38.000,00 €
743	Bodenmechanik, Erd- und Grundbau					10.000,00 €
743.100	Geotechnische Baubegleitung, Lastplattendruckversuche und geotechnische Fremdüberwachnung Wiedereinbau				pschl.	10.000,00 €
744	Vermessung					6.200,00 €
744.110	Beweissicherung Ausgangssituation und	2	Stk.	1.600,00	Stk.	3.200,00 €
744.120	Haufwerks- und Baugrubenaufmaß	10	Stk.	300,00	Stk.	3.000,00 €
749	Gutachten und Beratung, sonstiges					21.800,00 €
749.100	Vor-Ort-Bodenseparation, Massenmanagement, fachtechnische Entsorgungsbegleitung, Dokumentation, Probenahme				pschl.	20.000,00 €
749.200	analytische Deklarationskosten	10	Stk.	180,00	Stk.	1.800,00 €

Fazit:	Die Beseitigung des Inanspruchnahmerisikos für den Modellstandort C Tanklager Jena-Nord erfordert einen Kostenaufwand von ca. 293 T€.

2.6. Zusammenfassung und Ausblick

Es wird im Ergebnis der Erfahrungen der Autoren an über 1.800 Standorten / Brachflächen mit Altlastenproblematik sowie im Ergebnis der detaillierten naturwissenschaftlichen und rechtlichen Durchdringung anhand der 4 Modellstandorte ein Verfahren entwickelt und vorgestellt, die standortbezogenen Haftungs- / Inanspruchnahmerisiken derart hinreichend genau zu definieren und erforderliche Maßnahmen unter dem Verhältnismäßigkeitsaspekt abzuleiten, dass deren Monetarisierung potenziellen Investoren Entscheidungs- bzw. Handlungssicherheit gibt.
Diese risikobasierte Prüfungssystematik ist nach den praktischen Erfahrungen von JENA-GEOS® das erste Instrument zur technischen Prüfung von Sanierungskonzepten im Hinblick auf deren Verhältnismäßigkeit. Es bildet die bislang fehlende technische Grundlage zur Prüfung von Sanierungserfordernissen durch Sachverständige hinsichtlich ihrer Rechtmäßigkeit. Ihre Ergebnisse können

- von Behörden zur Gestaltung von Sanierungsanordnungen,
- von Juristen zur Beratung pflichtiger Mandanten sowie
- von Gerichten zur Beweiserhebung

verwendet werden.
Das Verfahren erscheint zunächst umfangreich und kompliziert. Dies relativiert sich jedoch schnell, weil für jeden einzelnen Standort eine Vielzahl der zu prüfenden Kriterien nicht relevant sind. Jedoch ist die vollständige Prüfung aller Verpflichtungen unabdingbar, um das Haftungsrisiko zu definieren.
Die Wunschvorstellung insbesondere von Vollzugs- und anderen beteiligten Behörden, einen solchen Abwägungsprozess beispielsweise auf der Basis einer Entscheidungsmatrix *‚automatisiert'* durchzuführen, bleibt illusorisch. Die Aufgabe ist nur mit entsprechendem Sachverstand auf naturwissenschaftlicher und umweltrechtlicher Basis lösbar.

3. Prognose des Investitionsrisikos

3.1. Einführung, Herangehensweise und Prüfkriterien

Unter dem Investitionsrisiko werden Kosten verstanden, die sich über ein Inanspruchnahmerisiko hinaus aus Umweltschutzverpflichtungen im Zusammenhang mit künftigen Nutzungen ergeben[59]. Einfachstes Beispiel ist der so genannte *‚kontaminationsbedingte Mehraufwand'*[60], der sich aus abfallrechtlichen Verpflichtungen - nicht aus gefahrenrelevanten Tatbeständen - ergibt. Somit ist das Investitionsrisiko auf die ökologischen Kosten-Auswirkungen standortspezifischer realer Investitionsabsichten ausgerichtet.

Im Gegensatz zum Inanspruchnahmerisiko, bei dem es im Rahmen öffentlich-rechtlicher Verantwortung um die Beurteilung einer vorhandenen Situation im Status quo geht, sind somit bezüglich des nutzungsbezogenen Risikos Vorhaben im weitesten Sinne zu berücksichtigen, die ein Grundstückseigentümer, -erwerber oder –nutzer in der Zukunft verwirklichen möchte, und welche das Gesetz an öffentlich-rechtliche Anforderungen knüpft, häufig sogar unter dem Vorbehalt der Erteilung einer öffentlich-rechtlichen Genehmigung, Erlaubnis, Bewilligung oder Ähnliches stellt[61]. Hierbei handelt es sich z. B. um eine Baugenehmigung für die Errichtung einer baulichen Anlage oder eine immissionsschutzrechtliche Genehmigung für Errichtung und Betrieb einer emittierenden Anlage. Maßnahmen der Stilllegung, des Abrisses / Rückbaus baulicher und der Demontage technischer Anlagen sind analog zu betrachten.

Die Reichweite solcher Maßnahmen wird im Allgemeinen von den Erfordernissen bestimmt, die im Rahmen einer Konfliktbewältigung unter Berücksichtigung von Stoffbelastungen einerseits und der Nutzung andererseits als verhältnismäßig zu betrachten sind. Dabei hat die Behörde – anders als beim polizeirechtlichen Eingriff, bei dem lediglich das zur Gefahrenabwehr ausreichende Mittel durchsetzbar ist – die Möglichkeit, Umweltstandards anzustreben, die von *Vorsorgeerwägungen* bestimmt sind. Die Ermessensspielräume sind dabei wesentlich enger als beim Vollzug des Polizei- und Ordnungsrechts, weil für den Umgang mit kontaminierten Bodenanteilen und kontaminiertem Baugrubenwasser abfallrechtlich bzw. wasserrechtlich normierte Prozeduren und technische Zielparameter vorgeschrieben sind.

Zur Durchsetzung ihrer Forderungen bedient sich die Behörde nach Erfahrungen der Autoren in der Praxis regelmäßig des Instrumentariums der Nebenbestimmung zu dem betreffenden Geneh-

59 Weitere Investitionsrisiken bestehen beispielsweise bzgl. des Baugrundes (Baugrundrisiko aufgrund einer ungünstigen natürlichen Ausbildung des Untergrundes) oder bzgl. genehmigungsrechtlicher Aspekte aus dem Baurecht heraus.

60 Darunter werden Bodenkontaminationen verstanden, die keine haftungsrechtliche Relevanz inne haben, jedoch im Falle von Baumaßnahmen bei Eingriffen in den Boden zu deutlichen Kostenerhöhungen aufgrund der Entsorgungspflichtigkeit führen können.

61 Grunewald & Duken, GuG 3/95, S. 226

migungsbescheid, wenn die Genehmigung nicht ohnehin vollständig versagt wird. Aussagen über öffentlich-rechtliche Verpflichtungen, die im Investitionsrisiko zu berücksichtigen sind, können somit nicht allein anhand der aktuell vorgefundenen Belastungen getroffen werden. Es bedarf vielmehr notwendigerweise der Vorgabe eines zukünftigen Vorhabens, zumindest jedoch bestimmter Nutzungsszenarien, wenn keine detaillierten Planungen vorliegen.
Die Einschätzung der Höhe des finanziellen Risikos erstreckt sich somit sowohl auf *investitionsverteuernde* Mehraufwendungen wegen Stoffbelastungen, die die Realisierung eines betreffenden Vorhabens finanziell belasten, als auch auf die prognostische Betrachtung genehmigungsfähiger Grundstücksnutzungen unter Berücksichtigung statistischer Kenngrößen, wenn konkrete Planungen noch nicht vorliegen. Im ersten Falle wird der mit der Ermittlung des Minderwertes beauftragte Gutachter einen Planungsansatz wählen, im zweiten Fall wird er sich eines statistischen Ansatzes unter Berücksichtigung der Baunutzungsverordnung, der bauregiontypischen Bebauung unter Wirtschaftlichkeitsaspekten, der Geometrie der Schadstoffverteilung und der ortsüblichen umwelttechnischen Kosten bedienen.
Anhand eines fundierten Wissens über diese Risiken besteht umgekehrt die Möglichkeit, Standortentwicklungskonzepte zu optimieren, indem die städtebaulichen Konzepte derart angepasst werden, dass ein minimales Kostenrisiko entsteht – ohne jedoch dabei den städtebaulichen Entwurf derart zu verändern, dass seine Intention verloren geht.
Diese Frage ist ein Schwerpunkt des Forschungsprojektes und wird anhand von 4 Modellstandorten exerziert. Generell wird hier zunächst in einer check-Tabelle aufgezeigt, welche Investitionsrisiken in ihrer Gesamtheit vorliegen können:

Tab. 31. check-Tabelle zur Identifizierung von Investitionsrisiken

		ja	nein
1	Bau- und Anlagenbestand (Technische Abrissaufwendungen Hoch- und Tiefbau über dem normalen Rahmen)		
1.1	Bestehen Investitionsrisiken bezüglich abfallrechtlicher Aufwendungen für die Hoch- und Tiefbausubstanz (belastete Bausubstanz ≥ Z 1.2, Asbest, Dachpappe, Teer usw.)?		
1.2	Bestehen Investitionsrisiken bezüglich des Rückbaues und der Entsorgung von über- und unterirdischen Anlagen?		
1.3	Existieren Anhaltspunkte für weitere Investitionsrisiken, die durch den Rückbau des Bau- und Anlagenbestandes entstehen können?		
2	Boden, Ablagerungen und Abfälle (Investitionsrisiken durch anthropogene Beeinträchtigungen)		
2.1	Bestehen Investitionsrisiken aufgrund von Kontaminationen von Böden, Ablagerungen / Auffüllungen ≥ Z 1.2, die nicht Gegenstand von behördlich anzuordnenden Gefahrenabwehrmaßnahmen sind?		
2.2	Bestehen Investitionsrisiken bzgl. schädlicher Veränderungen der natürlichen Bodenstruktur (Baugrundverschlechterung)?		
2.3	Bestehen Investitionsrisiken bzgl. durchzuführender Abfallberäumungen?		
2.4	Existieren Anhaltspunkte für weitere Investitionsrisiken durch anthropogene Beeinträchtigungen?		
3	Grund- und Oberflächenwässer (Investitionsrisiken durch anthropogene Beeinträchtigungen)		
3.1	Bestehen Investitionsrisiken aufgrund von Kontaminationen des Grundwassers?		
3.2	Bestehen Investitionsrisiken aufgrund von Kontaminationen von Oberflächenwässern?		
4	Kampfmittel[62]		
4.1	Bestehen Investitionsrisiken aufgrund eines Kampfmittelverdachtes?		

62 Im engeren Sinne sind Risiken, die sich aus einem Kampfmittelverdacht ergeben, nicht den Investitionsrisiken aus Umweltschutzverpflichtungen zugehörig. Sie wurden hier jedoch mit aufgenommen, weil in der Praxis zumeist die Kampfmittelfrage gemeinsam mit den Betrachtungen zu den Umweltschutzverpflichtungen beleuchtet wird.

3.2. Sonderfall theoretisches maximales Investitionsrisiko

Eine reale Ermittlung des Investitionsrisikos ist nur unter Zugrundelegung eines realen Investitionsprojektes möglich (s.o.). Da hinsichtlich des strategischen Umganges mit einem brachliegendem oder Alt-Standort und der damit verbundenen Mittelplanung ökonomische Aspekte von herausragender Bedeutung sind, werden in der Praxis von Gutachtern auch Kostenprognosen auf der Grundlage von noch unscharfen städtebaulichen Vorprojekten verlangt oder gar eine Ermittlung der gesamten auf der Standortfläche möglichen Investitionsrisiken beauftragt. Die Autoren haben aus der Praxis die Erfahrung gemacht, dass beispielsweise

- bei der *‚Environmental Due Diligence'* im Rahmen von Firmenverkäufen oder
- bei der Bildung von Rückstellungen im Rahmen von Unternehmensbilanzen

ein maximales Investitionsrisiko im Sinne eines aus kaufmännischer bzw. firmenstrategischer Sicht monetären *worst-case*-Szenarios zum Ansatz gebracht wird.

3.3. Kostenprognose

3.3.1. Grundsätze

Bezüglich der entstehenden Kosten sind immer nur diejenigen Leistungen anzusetzen, die *zusätzlich* zu den ohnehin entstehenden Projektkosten entstehen; am Beispiel des *‚kontaminationsbedingten Mehraufwandes'* bedeutet dies die Differenz aus den Entsorgungskosten für den kontaminierten Boden und den Kosten für die Entsorgung unbelasteten Bodens. Die sog. *‚Sowieso-Kosten'* (die Kosten, die bei der Investition ohnehin entstehen) wie die Bauleistung des Bodenaushubes (*‚Lösen und Laden'*) usw. sind grundsätzlich nicht Bestandteil des Investitionsrisikos.
Die Kostenprognose kann wie beim Inanspruchnahmerisiko anhand der Kostengruppen in Anlehnung an die DIN 276 durchgeführt werden.

3.3.2. Beispiele

3.3.2.1. Ermittlung des Investitionsrisikos für den Modellstandort C (Tanklager Jena-Nord) für die Nachnutzung als Wertstoffhof

Nachfolgend sollen das Investitionsrisiko für den Modellstandort C für die Nachnutzung als Wertstoffhof identifiziert und monetarisiert werden. Folgende Rahmenbedingungen sind dabei zu beachten:

1. Nachnutzung im Wesentlichen als standsichere befestigte Lagerfläche, Errichtung einer Leichtbauhalle (keine Unterkellerung) mit Streifenfundamenten, Zu- und Abfahrten (Straßenbau)
2. Die identifizierten und monetarisierten Gefahrenabwehrmaßnahmen (Inanspruchnahmerisiko) aus 2.5.2 werden unabhängig von der konkreten Investition durchgeführt, das wiederum in den Fällen
   a) zeitlich unabhängig nacheinander und
   b) in einem Zuge.

Tab. 32: check-Tabelle zur Identifizierung von Investitionsrisiken am Modellstandort C für die Nachnutzung als Wertstoffhof

		ja	nein
1	Bau- und Anlagenbestand (Technische Abrissaufwendungen Hoch- und Tiefbau über dem normalen Rahmen)		
1.1	Bestehen Investitionsrisiken bezüglich abfallrechtlicher Aufwendungen für die Hoch- und Tiefbausubstanz (belastete Bausubstanz ≥ Z 1.2, Asbest, Dachpappe, Teer usw.)?	X	
1.2	Bestehen Investitionsrisiken bezüglich des Rückbaues und der Entsorgung von über- und unterirdischen Anlagen?	X	
1.3	Existieren Anhaltspunkte für weitere Investitionsrisiken, die durch den Rückbau des Bau- und Anlagenbestandes entstehen können?		X
2	Boden, Ablagerungen und Abfälle (Investitionsrisiken durch anthropogene Beeinträchtigungen)		
2.1	Bestehen Investitionsrisiken aufgrund von Kontaminationen von Böden, Ablagerungen / Auffüllungen ≥ Z 1.2, die nicht Gegenstand von behördlich anzuordnenden Gefahrenabwehrmaßnahmen sind?	X	
2.2	Bestehen Investitionsrisiken bzgl. schädlicher Veränderungen der natürlichen Bodenstruktur (Baugrundverschlechterung)?	X	
2.3	Bestehen Investitionsrisiken bzgl. durchzuführender Abfallberäumungen?	X	
2.4	Existieren Anhaltspunkte für weitere Investitionsrisiken durch anthropogene Beeinträchtigungen?		X
3	Grund- und Oberflächenwässer (Investitionsrisiken durch anthropogene Beeinträchtigungen)		
3.1	Bestehen Investitionsrisiken aufgrund von Kontaminationen des Grundwassers?		X
3.2	Bestehen Investitionsrisiken aufgrund von Kontaminationen von Oberflächenwässern?		X
4	Kampfmittel		
4.1	Bestehen Investitionsrisiken aufgrund eines Kampfmittelverdachtes?		X

Tab. 33: Kostenprognose des Investitionsrisikos für die Nachnutzung als Wertstoffhof nach abgeschlossener Sanierung der behebungspflichtigen Lasten

Kostengruppen nach DIN 276		Menge	Einheit	EP	Einheit	Kosten
	Gesamtkosten KG 100 bis 700 netto ohne MwSt.					**28.040,00 €**
100	**Grundstück**					**0,00 €**
120	Grundstücksnebenkosten					0,00 €
126	Wertermittlungen, Untersuchungen zu Altlasten und deren Beseitigung, Baugrunduntersuchungen und Untersuchungen über die Bebaubarkeit, soweit sie zur Beurteilung des Grundstückswertes dienen					0,00 €
126.100	**optirisk**					0,00 € (bereits erfolgt)
200	**Herrichten und Erschließen**					**18.000,00 €**
210	Herrichten (Kosten der vorbereitenden Maßnahmen auf dem Baugrundstück - hier behebungspflichtige Altlasten)					18.000,00 €
212	Abbruchmaßnahmen (investitionsvorbereitende Rückbaumaßnahmen vorhandener Bauwerke, Ver- und Entsorgungsleitungen und Verkehrsanlagen soweit wie erforderlich)					18.000,00 €
212.100	Rückbau Versiegelung und sonstige unterirdische Bauwerke (Rückbau Erdtanks separate Maßnahme im Rahmen der Gefahrenabwehr)					18.000,00 €
300	**Bauwerk - Baukonstruktion**					**7.000,00 €**
310	Baugrube					7.000,00 €
311	Baugrubenherstellung (Fundamentstreifen, Verdrängungsmassen Medienleitungen)					7.000,00 €

Kostengruppen nach DIN 276		Menge	Einheit	EP	Einheit	Kosten
311.221	Mehraufwand Entsorgung Aushub, Schadstoffe mit Zuordnung bis einschließlich Z1.2, Sulfat und physiko-chemische >Z2 gemäß aktuell gültiger LAGA M20	500	m³	14,00	€/m³	7.000,00 €
700	**Baunebenkosten**					**3.040,00 €**
730	Architekten- und Ingenieurleistungen					1.000,00 €
739	sonstiges					1.000,00 €
739.100	Bauüberwachung HOAI LP 8, 9				HOAI	1.000,00 €
740	Gutachten und Beratung					2.040,00 €
749	Gutachten und Beratung, sonstiges					2.040,00 €
749.100	fachtechnische Entsorgungsbegleitung, Dokumentation, Probenahme				pschl.	1.500,00 €
749.200	analytische Deklarationskosten	3	Stk.	180,00	Stk.	540,00 €

Fazit:	Die Beseitigung des Investitionsrisikos für die Nachnutzung als Wertstoffhof am Modellstandort C erfordert nach erfolgter Sanierung der behebungspflichtiger Lasten einen Kostenaufwand von ca. 28 T€.

Im Zusammenhang mit den in Tab. 33 aufgeführten Positionen entstehen weitere Leistungen und Kosten, die jedoch auch ohnehin bei der beabsichtigten Investition Wertstoffhof anfallen *(‚Sowieso'* – Kosten).

Tab. 34: Kostenprognose des zuzüglich zu kalkulierenden *‚Sowieso'*-Anteils für die in Tab. 32 abgeleiteten Mehraufwandkosten

Kostengruppen nach DIN 276		Menge	Einheit	EP	Einheit	Kosten
	Gesamtkosten KG 100 bis 700 netto ohne MwSt.					**25.750,00 €**
200	**Herrichten und Erschließen**					**19.000,00 €**
210	Herrichten (Kosten der vorbereitenden Maßnahmen auf dem Baugrundstück - hier behebungspflichtige Altlasten)					19.000,00 €
212	Abbruchmaßnahmen (investitionsvorbereitende Rückbaumaßnahmen vorhandener Bauwerke, Ver- und Entsorgungsleitungen und Verkehrsanlagen soweit wie erforderlich)					17.000,00 €
212.100	Rückbau Versiegelung und sonstige unterirdische Bauwerke (Rückbau Erdtanks separate Maßnahme im Rahmen d. Gefahrenabwehr)					8.500,00 €
212.110	Rückbau Versiegelung (anteilig)	1000	m²	2,50	€/m²	2.500,00 €
212.120	Entsorgung Bauschutt (überwiegend Beton)	600	t	10,00	€/t	6.000,00 €
214	Herrichten der Geländeoberfläche (Roden von Bewuchs, Planieren, Bodenbewegungen einschließlich Oberbodensicherung)					2.000,00 €
214.100	Rodung Buschwerk				pschl.	400,00 €
214.200	Planierarbeiten				pschl.	1.600,00 €
300	**Bauwerk - Baukonstruktion**					**6.750,00 €**
310	Baugrube					6.750,00 €
311	Baugrubenherstellung (Fundamentstreifen, Verdrängungsmassen Medienleitungen)					6.750,00 €
311.100	Lösen und Laden	500	m³	1,50	€/m³	750,00 €

Kostengruppen nach DIN 276		Menge	Einheit	EP	Einheit	Kosten
311.200	Entsorgung Aushub, unbelastet (Z0)	500	m³	12,00	€/m³	6.000,00 €

Anschließend erfolgt die Kostenermittlung des Einsparpotenzials für den Fall der Beseitigung von Inanspruchnahme- und Investitionsrisiken *‚in einem Zuge'* (Fall 2.b), Seite 87).

Tab. 35: Kostenprognose des Einsparpotenzials für Inanspruchnahmeaufwendungen bei zeit-gleicher Ausführung der Maßnahmen zur Beseitigung des Investitionsrisikos für die Errichtung des Wertstoffhofes am Modellstandort C Tanklager Jena-Nord

Kostengruppen nach DIN 276		Menge	Einheit	EP	Einheit	Kosten
	Gesamtkosten KG 100 bis 700 netto ohne MwSt.					**8.500,00 €**
200	**Herrichten und Erschließen**					**8.500,00 €**
210	Herrichten (Kosten der vorbereitenden Maßnahmen auf dem Baugrundstück - hier behebungspflichtige Altlasten)					8.500,00 €
213	Altlastenbeseitigung: Beseitigen von Kampfmitteln und anderen gefährlichen Stoffen, Sanieren belasteter und kontaminierter Böden					8.500,00 €
213.420	verdichtungsfähiges Material nach Jena liefern	-500	m³	8,00	€/m³	4.000,00 €
213.430	großflächiger mehrteiliger verdichter Einbau	-500	m³	9,00	€/m³	4.500,00 €

Fazit:	Bei zeitgleicher Ausführung der Maßnahmen zur Beseitigung Inanspruchnahmerisikos und des Investitionsrisikos für die Errichtung des Wertstoffhofes entsteht ein Einspareffekt von ca. 8,5 T€.

Gemessen an den Gesamtaufwendungen von 293 T€ für das Inanspruchnahme- und 28 T€ für das Investitionsrisiko besteht somit ein Einsparpotenzial von 3%.

3.3.2.2. Ermittlung des theoretischen maximalen Investitionsrisikos für den Modellstandort C Tanklager Jena-Nord

Wie in Abschnitt 3.2 beschrieben, steht in bestimmten Fällen die Aufgabe, ein theoretisches maximales Investitionsrisiko zu bestimmen. Dies umfasst eine Ermittlung der gesamten auf der Standortfläche möglichen Investitionsrisiken, jedoch

1. gem. des Baurechtes mit der Einschränkung, dass der Standort nur entsprechend der Grundflächenzahl bebaut werden darf[63], und
2. die identifizierten und monetarisierten Gefahrenabwehrmaßnahmen (Inanspruchnahmerisiko) aus 2.5.2 unabhängig davon (sinnvollerweise jedoch gleichzeitig und kombiniert) durchgeführt werden.

Anzusetzen ist ein multifunktionales gewerbliches Nachnutzungsszenario mit Unterkellerung auf einer Fläche entsprechend der Grundflächenzahl.

Tab. 36: check-Tabelle zur Identifizierung des theoretischen maximalen Investitionsrisikos für den Modellstandort C

		ja	nein
1	Bau- und Anlagenbestand (Technische Abrissaufwendungen Hoch- und Tiefbau über dem normalen Rahmen)		
1.1	Bestehen Investitionsrisiken bezüglich abfallrechtlicher Aufwendungen für die Hoch- und Tiefbausubstanz (belastete Bausubstanz ≥ Z 1.2, Asbest, Dachpappe, Teer usw.)?	X	
1.2	Bestehen Investitionsrisiken bezüglich des Rückbaues und der Entsorgung von über- und unterirdischen Anlagen?	X	

63 Baunutzungsverordnung (BauNVO) § 19

		ja	nein
1.3	Existieren Anhaltspunkte für weitere Investitionsrisiken, die durch den Rückbau des Bau- und Anlagenbestandes entstehen können?		X
2	Boden, Ablagerungen und Abfälle (Investitionsrisiken durch anthropogene Beeinträchtigungen)		
2.1	Bestehen Investitionsrisiken aufgrund von Kontaminationen von Böden, Ablagerungen / Auffüllungen ≥ Z 1.2, die nicht Gegenstand von behördlich anzuordnenden Gefahrenabwehrmaßnahmen sind?	X	
2.2	Bestehen Investitionsrisiken bzgl. schädlicher Veränderungen der natürlichen Bodenstruktur (Baugrundverschlechterung)?	X	
2.3	Bestehen Investitionsrisiken bzgl. durchzuführender Abfallberäumungen?	X	
2.4	Existieren Anhaltspunkte für weitere Investitionsrisiken durch anthropogene Beeinträchtigungen?		X
3	Grund- und Oberflächenwässer (Investitionsrisiken durch anthropogene Beeinträchtigungen)		
3.1	Bestehen Investitionsrisiken aufgrund von Kontaminationen des Grundwassers?	X	
3.2	Bestehen Investitionsrisiken aufgrund von Kontaminationen von Oberflächenwässern?		X
4	Kampfmittel		
4.1	Bestehen Investitionsrisiken aufgrund eines Kampfmittelverdachtes?		X

Tab. 37: Kostenprognose des theoretischen maximalen Investitionsrisikos für den Modell-standort C nach Sanierung der behebungspflichtigen Lasten

Kostengruppen nach DIN 276		Menge	Einheit	EP	Einheit	Kosten
	Gesamtkosten KG 100 bis 700 netto ohne MwSt.					**975.067,66 €**
100	**Grundstück**					**0,00 €**
120	Grundstücksnebenkosten					0,00 €
126	Wertermittlungen, Untersuchungen zu Altlasten und deren Beseitigung, Baugrunduntersuchungen, Untersuchungen über die Bebaubarkeit, soweit sie zur Beurteilung des Grundstückswertes dienen					0,00 €
126.100	**optirisk**					0,00 € (bereits erfolgt)
200	**Herrichten und Erschließen**					**896.427,66 €**
210	Herrichten (Kosten der vorbereitenden Maßnahmen auf dem Baugrundstück - hier theoretisches maximales Investrisiko)					896.427,66 €
213	Altlastenbeseitigung: Beseitigen von Kampfmitteln und anderen gefährlichen Stoffen, Sanieren aller belasteten und kontaminierten Böden					634.945,69 €
213.100	Baugrubenherstellung					20.333,54 €
213.110	Lösen und Laden (ohne Tankvolumen 1825,6 m³)	13.556	m³	1,50	€/m³	20.333,54 €
213.200	Transport und Entsorgung Bodenaushub getrennt nach Hauptkontaminanten					353.130,18 €
213.220	Auffülle um Tanks - Schadstoffe mit Zuordnung bis einschließlich Z1.2, Sulfat und physiko-chemische >Z2 gemäß aktuell gültiger LAGA M20	10.062	m³	22,00	€/m³	221.353,15 €
213.225	Schadstoffe mit Zuordnung bis einschließlich Z2, Sulfat und physiko-chemische >Z2 gemäß aktuell gültiger LAGA M20	1.468	m³	26,00	€/m³	38.166,91 €
213.230	MKW 1000 bis 5000 mg/kg	1.231	m³	36,00	€/m³	44.322,90 €
213.240	MKW > 5000 mg/kg	760	m³	63,00	€/m³	47.895,85 €
213.250	BETX 5 - 30 mg/kg , LHKW 5 - 25 mg/kg	35	m³	40,00	€/m³	1.391,36 €

Kostengruppen nach DIN 276		Menge	Einheit	EP	Einheit	Kosten
213.260	BETX > 30 mg/kg , LHKW > 25 mg/kg	0	m³	100,00	€/m³	0,00 €
213.400	Wiederverfüllung, Baugrundverbesserung, Verdichtung					261.481,97 €
213.420	verdichtungsfähiges Material nach Jena liefern	15.381	m³	8,00	€/m³	123.050,34 €
213.430	großflächiger mehrteiliger verdichter Einbau	15.381	m³	9,00	€/m³	138.431,63 €
700	**Baunebenkosten**					**78.640,00 €**
730	Architekten- und Ingenieurleistungen					20.000,00 €
739	sonstiges					20.000,00 €
739.100	Bauüberwachung HOAI LP 8, 9				HOAI	20.000,00 €
740	Gutachten und Beratung					58.640,00 €
743	Bodenmechanik, Erd- und Grundbau					12.000,00 €
743.100	Geotechnische Baubegleitung, Lastplattendruckversuche und geotechnische Fremdüberwachung Wiedereinbau				pschl.	12.000,00 €
744	Vermessung					11.600,00 €
744.110	Beweissicherung Ausgangssituation	2	Stk.	1.600,00	Stk.	3.200,00 €
744.120	Haufwerks- und Baugrubenaufmaß	28	Stk.	300,00	Stk.	8.400,00 €
749	Gutachten und Beratung, sonstiges					35.040,00 €
749.100	Vor-Ort-Bodenseparation, Massenmanagement, fachtechnische Entsorgungsbegleitung, Dokumentation, Probenahme				pschl.	30.000,00 €
749.200	analytische Deklarationskosten	28	Stk.	180,00	Stk.	5.040,00 €

Fazit:	Die Beseitigung des theoretischen maximalen Investitionsrisikos nach erfolgter Sanierung der behebungspflichtiger Lasten erfordert einen Kostenaufwand von ca. 975 T€.

Anschließend erfolgt die Kostenermittlung des Einsparpotenzials für den Fall der Beseitigung von Inanspruchnahme- und Investitionsrisiken *‚in einem Zuge'.*

Tab. 38: Kostenprognose des Einsparpotenzials für Inanspruchnahmeaufwendungen bei zeit-gleicher Ausführung der Maßnahmen zur Beseitigung des theoretisch maximalen In-vestitionsrisikos für den Modellstandort C Tanklager Jena-Nord

Kostengruppen nach DIN 276		Menge	Einheit	EP	Einheit	Kosten
	Gesamtkosten KG 100 bis 700 netto ohne MwSt.					**39.096,95 €**
200	**Herrichten und Erschließen**					**39.096,95 €**
210	Herrichten (Kosten der vorbereitenden Maßnahmen auf dem Baugrundstück - hier behebungspflichtige Altlasten)					39.096,95 €
213	Altlastenbeseitigung: Beseitigen von Kampfmitteln und anderen gefährlichen Stoffen, Sanieren belasteter und kontaminierter Böden					39.096,95 €
213.300	Aushubbereitstellung am Standort für nachfolgenden Wiedereinbau					5.374,50 €
213.310	Auffülle um Tanks - Schadstoffe mit Zuordnung bis einschließlich Z1.2, Sulfat und physiko-chemische >Z2 gemäß aktuell gültiger LAGA M20	-3.583	m³	1,50	€/m³	5.374,50 €
213.400	Wiederverfüllung, Baugrundverbesserung, Verdichtung					33.722,45 €

Kostengruppen nach DIN 276		Menge	Einheit	EP	Einheit	Kosten
213.410	Wiedereinbau bereitgestellter Aushubmassen	-3.583	m³	0,75	€/m³	2.687,25 €
213.420	verdichtungsfähiges Material nach Jena liefern	-1.826	m³	8,00	€/m³	14.604,80 €
213.430	großflächiger mehrteiliger verdichter Einbau	-1.826	m³	9,00	€/m³	16.430,40 €
700	**Baunebenkosten**					**28.000,00 €**
744	Vermessung					6.200,00 €
744.110	Beweissicherung Ausgangssituation	-2	Stk.	1.600,00	Stk.	3.200,00 €
744.120	Haufwerks- und Baugrubenaufmaß	-10	Stk.	300,00	Stk.	3.000,00 €
749	Gutachten und Beratung, sonstiges					21.800,00 €
749.100	Vor-Ort-Bodenseparation, Massenmanagement, fachtechnische Entsorgungsbegleitung, Dokumentation, Probenahme				pschl.	20.000,00 €
749.200	analytische Deklarationskosten	-10	Stk.	180,00	Stk.	1.800,00 €

Fazit:	Bei zeitgleicher Ausführung der Maßnahmen zur Beseitigung des Inanspruchnahmerisikos und des theoretisch maximalen Investitionsrisikos entsteht ein Einspareffekt von ca. 40 T€.

Gemessen an den Gesamtaufwendungen von 293 T€ für das Inanspruchnahme- und 975 T€ für das theoretische maximale Investitionsrisiko besteht somit ein Einsparpotenzial von lediglich 3%.

4. Die Risikoprognosekarte als Werkzeug zur Identifizierung und Visualisierung von Haftungs- und Investitionsrisiken

4.1. Das schematische Risikoprognoseprofil als ergänzende Darstellung umweltrelevanter Sachverhalte

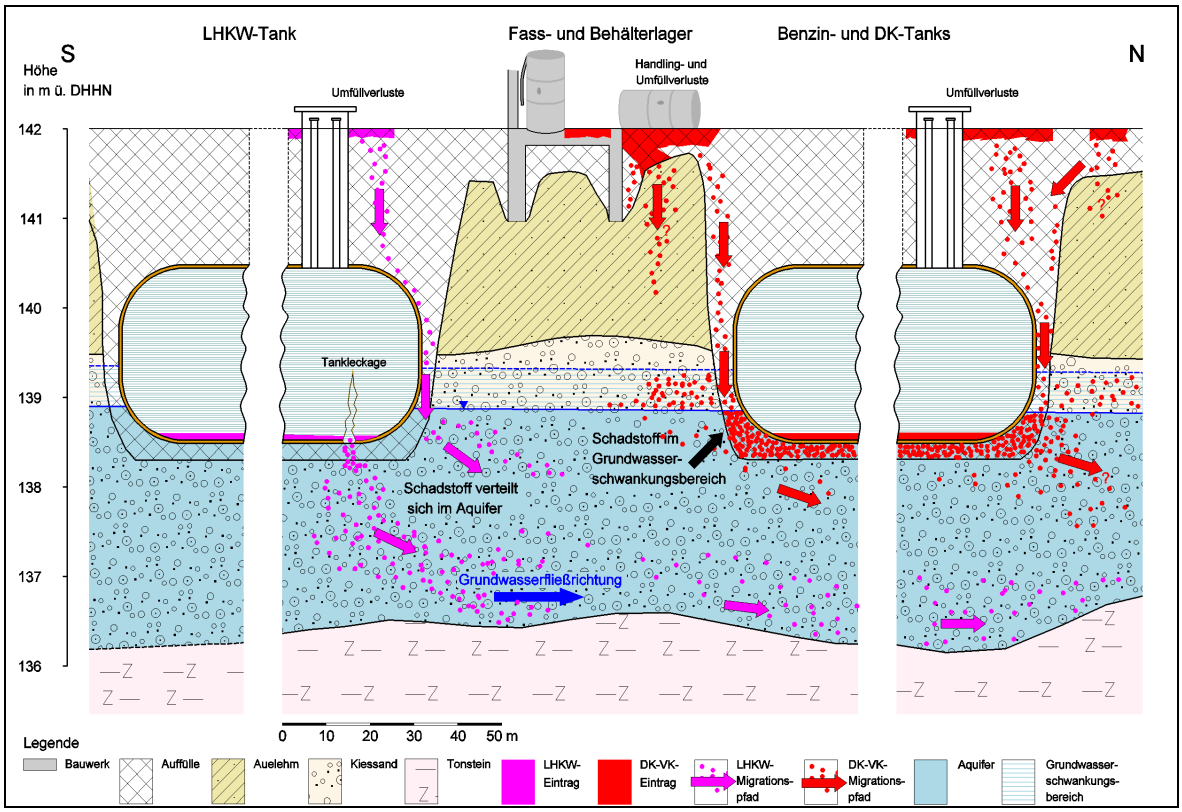


Abb. 24: Risikoprognoseprofil zum WGT-Standort Tanklager Jena (A. SCHAUBS, JENA-GEOS®)

Zur Verdeutlichung der umweltrelevanten Sachverhalte hat es sich in der Praxis oft bewährt, Profildarstellungen zu erarbeiten. Solche Risikoprognoseprofile stellen (meist maßstäblich überhöhte) schematisierte geologische Schnitte dar, die um die umweltrelevanten Sachverhalte ergänzt werden.

Abb. 24 zeigt beispielhaft einen Überblick über die Altlastensituation für den Modellstandort C WGT Tanklager Jena.

Wesentliche, aus der Darstellung erkennbare umweltrelevante Sachverhalte sind:

- Lage der Tankanlagen im Grundwasserschwankungsbereich
- Durchörterung geogener Schichten (insbesondere Auelehm) durch die Platzierung der Tanks, dadurch Fehlen einer bindigen Schicht mit Grundwasserschutzfunktion
- massive Kontaminationen / Inanspruchnahmerisiken in verschiedenen Höhenniveaus:
  a) im Bereich von 0 – 1m u. GOK als Folge von Abtropf- und Umfüllverlusten
  b) im Bereich zwischen 2 und 3,5m als Folge von Tankleckagen
- Schadstoffakkumulation im Boden des Grundwasserschwankungsbereiches (MKW)
- Kontaminationen des Grundwassers mit LHKW und MKW und deren Transport mit der Grundwasserfließrichtung (Nord).

Unter Wahrung der Konsistenz der Bezeichnungen zu denen der nachfolgend behandelten Risikoprognosekarten sind in den Profilen allgemein folgende Details von Bedeutung:

- Lage der Gebäude und baulichen Anlagen und deren Einbettung in den Untergrund mit Darstellung der Fundamente, Unterkellerungen, ggf. Medienzuführungen
- Lage und Verbreitung anthropogener Schichten
- geogenes Schichtprofil, insbesondere unter Berücksichtigung baulicher Durchörterungen Grundwasser - schützender Horizonte
- Eintragstellen (Quellen) von Schadstoffen und Wirkpfade gem. BBodSchG
- repräsentative (Bohr-)aufschlüsse mit detektierten Schadstoffkonzentrationen
- kontaminierte Böden, abzugrenzen nach Kontaminationsgrad
- Grundwasserspiegel, -schwankungsbereich, -fließrichtung, -messstellen
- Schadstoffausbreitung im Grundwasser (*‚Fahne'*)
- u. a.

4.2. Aufgabe und Inhalt einer Risikoprognosekarte

Die Risikoprognosekarte stellt alle bis zu diesem Zeitpunkt bekannten Standortsituationen dar, aus denen Haftungs- / Inanspruchnahme- und Investitionsrisiken abzuleiten sind. Sie wird *stichtagsbezogen* erarbeitet. Aus der Risikoprognosekarte sind die monetären Aufwendungen aus ökologischen Gründen zur planungsrechtlich zulässigen Entwicklung und Nachnutzung eines Grundstückes ableitbar.

Es finden alle bewertungsrelevanten, organoleptisch feststellbaren und technisch-analytisch belegten Ergebnisse Eingang. In der Karte erfolgt die Zuordnung dieser Ergebnisse zu Verpflichtungstypen und Belastungskategorien.

Dazu gehören:

A: Inanspruchnahme- / Haftungsrisiken gem. den Verpflichtungstypen in Kapitel 2.2 (ab Seite 13), die sich begründen auf

<u>I. das Privatrecht</u>
I.1 aus nachbarschaftsrechtlichen Gründen
I.2 aus vertraglichen Gründen

<u>II. das öffentliche Recht</u>
II.1 bzgl. behebungspflichtiger ökologischer Lasten
  a) zur Gefahrenerforschung
  b) zur Gefahrenabwehr für
    - Mensch
    - Boden
    - Oberflächengewässer
    - Grundwasser
    - Sonstige
II.2 Altablagerungen / Deponien
II.3 Anlagenverwahrung WHG
II.4 Entsorgung gem. Krw.- / AbfG
II.5 Bergrecht
II.6 Atomrecht
II.7 ÖRV

B: Investitionsrisiken gem. den Prüfkriterien in Kapitel 3.1 (ab Seite 85), die sich begründen auf

1. Technische Abrissaufwendungen bei Hoch- und Tiefbau über den normalen Rahmen hinaus (Bau- und Anlagenbestand)
2. Anthropogene Beeinträchtigungen des Bodens, durch Ablagerungen und / oder durch Abfälle
3. Anthropogene Beeinträchtigungen des Grundwassers oder von Oberflächengewässern
4. Kampfmittelverdacht

Alle Fakten ökologischer Risiken, die in der Risikoprognosekarte dargestellt sind, müssen eindeutig definiert und der Weg zu ihrer Findung zum Status quo klar nachvollziehbar sein.

Die Darstellung kann als Karte / Plan zu einem oder mehreren Themen bzw. als GIS in mehreren Ebenen erfolgen. Dabei ist wichtig, dass in die Darstellung auch alle auswertungsrelevanten Fakten, auch aus dem relevanten Umfeld, die in Wechselwirkung mit dem Standort stehen, eingearbeitet sind. Dazu gehören:

1. *die Kartengrundlage mit*:

a) Standort- und Flurstücksgrenzen (nicht immer identisch),
b) angrenzender Umfeldnutzung,
c) der Standortnutzung, gegliedert nach
   1. Nutzung der Untersuchungsgebietsfläche *historisch*
   2. Nutzung der Untersuchungsgebietsfläche *aktuell,*
d) zudem der Standortnutzung, gegliedert entsprechend der Nomenklatur in den Erfassungsbögen nach
   1. Gebäuden (**G**)
   2. sonstigen baulichen (und technischen) Anlagen (**A**)
   3. versiegelte Flächen (**V**)
   4. unversiegelte Fläche (**U**)

   jeweils alle mit Nummerierung

Anmerkung: Die Standortnutzung sollte entsprechend o. g. Gliederung nach einem Farb- oder Schraffurschlüssel erfolgen, um eine gute Übersicht sicherzustellen.

2. *die Messpunkte / Untersuchungsergebnisse:*

Markierung der Aufschlüsse, Bohrungen, GW-Messstellen, Fotografierstandorte etc., die zur Sachverhaltsaufklärung am Standort beitragen, eindeutig und durchgängig gegliedert nach Zielstellung, Untersuchungsetappen und Gutachtern

Anmerkung: Alle verfügbaren Analysen und andere erkannten umweltrelevanten Sachverhalte sind vor der Erarbeitung der Karte in geeigneter Form (Bewertungstabellen) datenthematisch zu erfassen und nach einschlägigen Regelwerken auszuwerten.

3. *die Auswertung:*

a) Zuordnung zu den <u>Hauptkategorien</u>
   1. Haftungs- / Inanspruchnahmerisiko (**H**) und
   2. Investitionsrisiko (**I**)

b) <u>räumlich-lokale Zuordnung</u> zu den Nutzungsbereichen nach 1.d) (G, A, V, U)

c) <u>Art der ökologischen Lasten</u>
   1. Boden / Auffülle / Grundwasserbereich (**B**)
   2. Gebäude (**G**)
   3. sonstige bauliche (und technische) Anlagen (**A**)
   4. Abfälle (**M**)

Alle Teilflächen werden exakt nach Art der Nutzung, der Stoffbelastung und des Risikos klassifiziert und nummeriert. Dies ist unabdingbar, um auf der Karte die Lage und räumliche Position der vorhandenen / prognostizierten Stoffbelastung in Boden / Grundwasser, Gebäude und Anlagen sowie Abfälle / Abfallablagerungen exakt zuordnen zu können.

Beispiel: Darstellungen von Stoffbelastungen mit Haftungs- / Inanspruchnahme- und Investitionsrisiko

H =	Haftungsrisiko
B =	Boden / Auffülle
1 =	Teilfläche
	= H/B – 1

I =	Investitionsrisiko
G =	Gebäude / Bauwerk
2 =	Gebäude / Teilobjekt
	= I/G - 2

H =	Haftungsrisiko
A =	bauliche Anlage
3 =	Anlage
	= H/A – 3

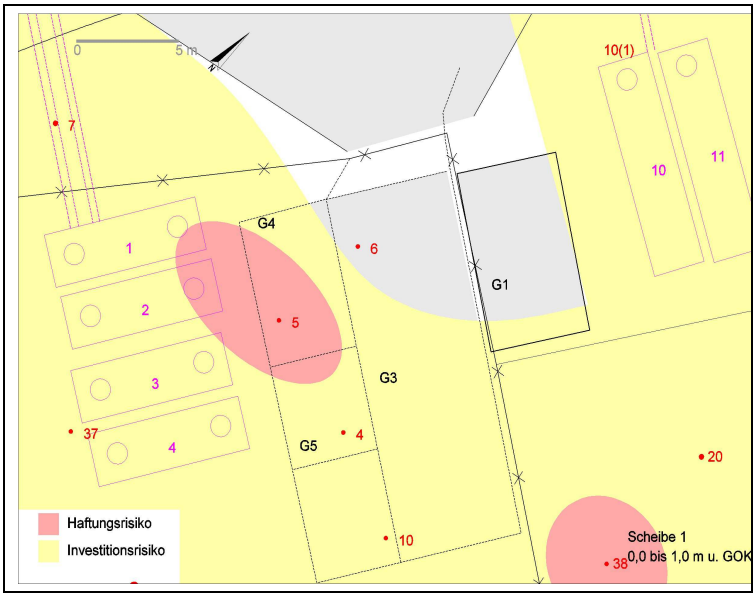
I =	Investitionsrisiko
M =	Abfälle / Ablagerung
4 =	Teilfläche
	= I/M – 4

In Abb. 25 sind beispielhaft die horizontbezogenen Risikoprognosekarten für den Modellstandort C WGT-Tanklager Jena dargestellt.

Abb. 25: *Fig. a) – d)*:
Auszugsweise beispielhafte Darstellung der horizontbezogenen Risi-koprognosekarten für den Modellstandort C WGT-Tanklager Jena

Fig. a)

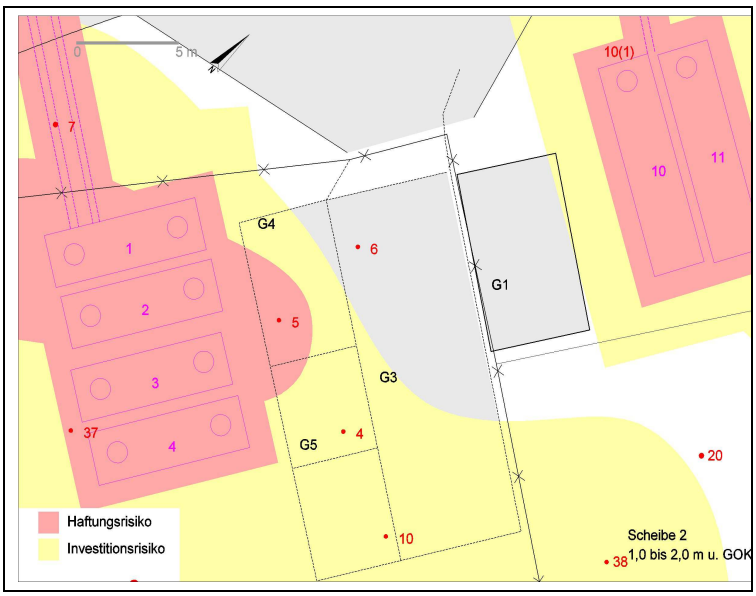
Darstellung der oberflächen-nahen Kontaminationen im Bereich von 0 – 1,0m u. GOK



In relativ geringer flächiger Verbreitung sind die Inanspruchnahmerisiken, resultierend aus massiven Bodenkontaminationen durch Abtropf- und Umfüllverluste, zu erkennen. Für fast die gesamte restliche Fläche besteht ein Investitionsrisiko durch abfallrechtlich bedingte Mehraufwendungen im Falle von Tiefbaumaßnahmen.

Fig. b)

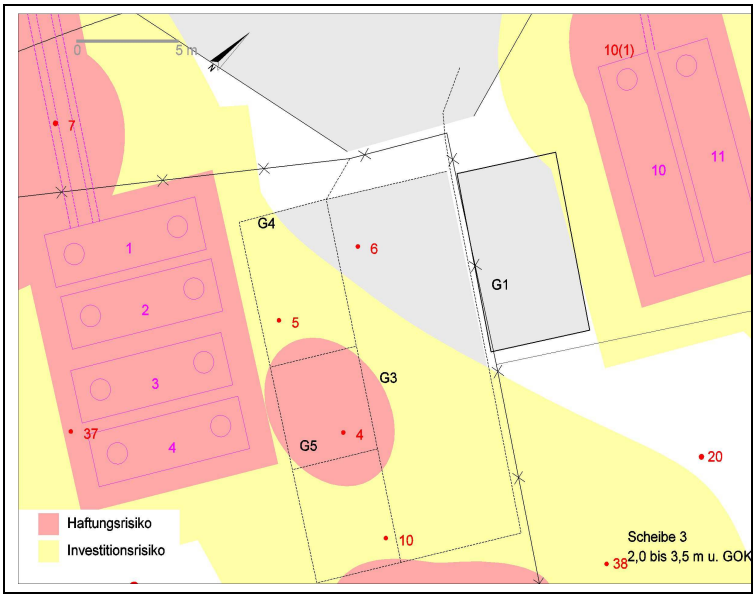
Darstellung der Kontaminationen im Bereich von 1,0 – 2,0m u. GOK



Inanspruchnahmerisiken, resultierend aus massiven Bodenkontaminationen durch Tankleckagen, nehmen große Flächen ein. Die Flächenausdehnung des Investitionsrisikos geht gegenüber der darüberliegenden Scheibe zurück.

Fig. c)

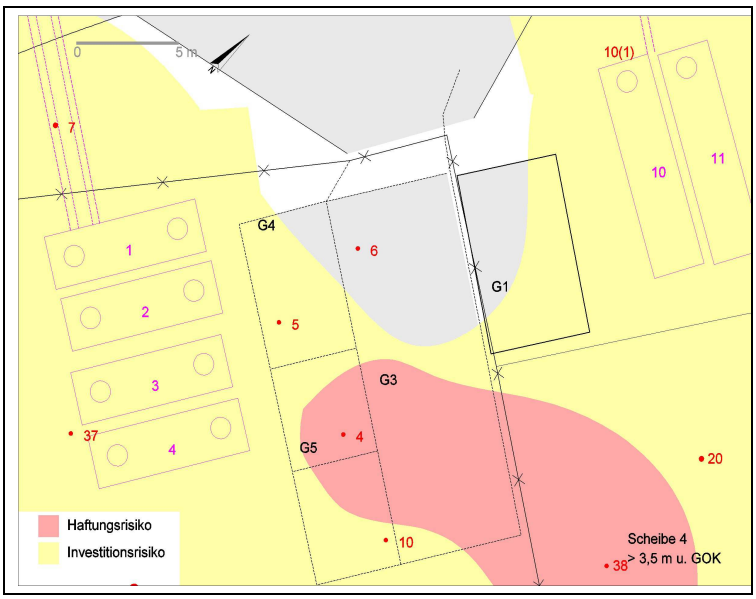
Darstellung der Kontaminationen im Bereich von 2,0 – 3,5m u. GOK (Grundwasser-Schwankungsbereich)



In diesem Teufenniveau bleibt die Ausdehnung schädlichen Bodenveränderungen, die die Inanspruchnahmerisiken bedingen, gegenüber der darüberliegenden Scheibe annähernd konstant, bedingt durch die die Tanks umgebende Aureole von Kontaminationen.

Fig. d)

Darstellung der Kontaminationen
im Bereich
unter 3,5m u. GOK
(gesättigte Bodenzone)



Unter den Tanks sind keine Bodenkontaminationen mehr erkennbar, die Schadstoffe wurden hier mit dem Grundwasser in Fließrichtung abtransportiert. Dies äußert sich in schädlichen Bodenveränderungen abseits der Tanks sowie in einer flächig weit verbreiteten Kontaminierung des Untergrundes in Form eines Investitionsrisikos, das bei baulichen Eingriffen bis in diese Tiefe als *‚kontaminationsbedingter Mehraufwand'* wirksam wird.

Im Rahmen einer Sanierungserfordernis bzw. einer Nachnutzung oder Umwidmung des Standortes kann für jede Fläche mit ökologischem Risiko eine Monetarisierung vorgenommen oder prognostiziert werden. Dafür ist es erforderlich, Fläche, Kubator und Stoffbelastung so exakt wie möglich zu erfassen und mit Hilfe einschlägiger Regelwerke (LAGA, LAWA u. a) zu klassifizieren und zu bewerten. Die Monetarisierung erfolgt dann wie in den Abschnitten 2.5.2 für das Inanspruchnahmerisiko und in 3.3.1 für das Investitionsrisiko beschrieben.

5. Spezielle Literatur (Auswahl)

Für weiterführende Recherchen sei auf die Literaturdatenbank im Rahmen des Projektes **optirisk** verwiesen.

AIGNER, B.; OTPARLIK, R. [2003]: Green Brownfields II – UBA – U.S.EPA – CiF e.V. – Konferenzbericht. altlasten spektrum 5 / 2003, S. 266-267

ASCH, K. (HRSG.) [2000]: GIS in Geowissenschaften und Umwelt. GUG Ges. f. Umweltgeowissenschaften. Springer Verl., 200 S.

BACHMANN, G. u.a. [1998]: Fachliche Eckpunkte zur Ableitung von Bodenwerten im Rahmen des Bundes-Bodenschutzgesetzes. Bodenschutz und Altlasten, Bd. 4, E-Schmidt-Verl., Berlin

BACHMANN, G. u.a. [1999-2003]: Berechnung von Prüfwerten zur Bewertung von Altlasten, E-Schmidt-Verl., Hrsg. UBA, Berlin, Loseblattsammlung

BACHMANN, G. [2004]: Mehr Wert für die Fläche: Das Ziel-30-ha für die Nachhaltigkeit bei der Entwicklung von Stadt und Land. – altlasten spektrum 5 / 2004, S. 241

BAUGB [1986]: Baugesetzbuch der BRD vom 8. Dezember 1986 (BGBl.I, S. 2253)

BBODSCHG [1998]: Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten (Bundes-Bodenschutzgesetz) vom 17. März 1998. BGBl. I Nr. 16 vom 24.03.1998,
S. 502, Berlin 1998

BBODSCHV [1999]: Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung. BGBl. I Nr. 36, vom 16.7.1999, S. 1533 - 1582, Berlin 1999

BLUME, H.-P. [1990]: Handbuch des Bodenschutzes, Landsberg 1990, 794 S.

BLUME, H.-P. [1994]: Böden in Ballungsräumen. aus: DECHEMA-Fachgespräche Umweltschutz, Frankfurt, S. 33 - 58

BMVBW / BMV [2002]: Arbeitshilfen Boden- und Grundwasserschutz: Planung und Ausführung der Sanierung von schädlichen Bodenveränderungen und Grundwasserverunreinigungen - Stand Juni 2002 – Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, Bundesministerium der Verteidigung http://www1.sbn.niedersachsen.de/html/bgws/arbeitshilfen/index0.html, Berlin

BÖHME, C.; BUNZEL, A.; DEIWICK, B.; HERBERG, A.; KÖPPEL, J. [2003]: Statusbericht Flächen- und Maßnahmepools. –Dt. Inst. f Urbanistik

BRACKE, R. & C. KLÜMPEN: Leistungsbuch Altlasten und Flächenentwicklung 2004/2005 – LUA NRW, 831 S., Essen 2005

BUNDESREGIERUNG DEUTSCHLAND [2002]: Perspektiven für Deutschland. Unsere Strategie für eine nachhaltige Entwicklung. 360 S., Berlin

BURMEIER, H.; FUCHS, O. & RÜPKE, A. [2000]: Die Boden-Wert-Bilanz: ein neues ökonomisches Modell für die Potenzialanalyse von Altstandorten und Naturflächen. Inf.z.Raumentw., H.5 / 6.2000, S. 311 - 318.

BURMESTER, M., MÖRTL, W., WEGNER, TH. [1996]: Ausgewählte GIS-Funktionen für den Aufbau von Altlastenverdachtsflächenkatastern am Beispiel des Softwarepakets TRiAS (Math.Geol, 1 (1996), S. 15 - 20

DOETSCH, P.; RÜPKE, A.; BURMEIER, H. [1998]: Revitalisierung von Altstandorten versus Inanspruchnahme von Naturflächen – Gegenüberstellung der Flächenalternativen zur gewerblichen Nutzung durch qualitative, quantitative und monetäre Bewertung der gesellschaftlichen Potentiale und Effekte. UBA Forschungsbericht 97-111, Texte 15 / 98, Berlin, S. 135 - 154

DODT, J.; KERTH, M., MARK, H. & VAN DE GRIENDT, J.S. [1997]: Quantifizierung des Objektrisikos durch Boden- und Bausubstanzverunreinigungen bei der Wertermittlung. - In: GuG, 6 / 97, Neuwied, 357-361.

DOSCH, F. [2001]: Flächenverbrauch in Deutschland und Mitteleuropa. TerraTech 6 / 2001 S. 19 - 23

FREIER, K.; DOETSCH, P.; GRÜNHOFF, D.; HEMPFLING, R.; STUBENRAUCH, S. [1997]: Konzept zur Expositions- und Risikoabschätzung von Altlasten. altlasten spektrum 8 / 97, S. 166 - 175

GOLWER, A. [1995]: Langzeitwirkung örtlicher, anthropogener Stoffanreicherungen auf das Grundwasser. Z. dt. geol. Ges. 146, S. 191 - 200, Hannover

GROßMANN, J., GRUNEWALD, V., WEYERS, G.: Das Inanspruchnahmerisiko bei Grundstücken mit Altlastenverdacht. Kreditpraxis, 1 / 1997, 3445 - 3449, Gabler Verlag Wiesbaden

GROßMANN, J., GRUNEWALD, V., SCHAUBS, A.: Die Wertermittlung von Grundstücken mit ökologischen Lasten in der Bundesrepublik Deutschland. 3. Internationale Konferenz der Tschechischen Kammer der Sachverständigen für Bewertungen, 20.-22.05.1998, Prag,

GROßMANN, J., HILSE, H.: Ermittlung von Wertminderungen durch ökologische Lasten, 30. Immobilienfachseminar, 24.-26.03.1999, Freiburg i. Br

GRUNEWALD, V.; MILDE; DUKEN [1994]: Gefahrenabschätzung, Gefahrenabwehr, Grundlagen der Bewertung. ITVA Symposium Altlasten 03. / 04. 10. 1994 Nürnberg, Tagungsband S. 61-81

HARTEMA, G.; NOLL, H. P.; PULIDO, J.C.; WOLFF, I. [1996]: Rechnergestützte Erstbewertung von Altlast - Verdachtsflächen mit Hilfe eines Geographischen Informationssystems. Mathematische Geologie, 1, Dresden, S. 5 - 13

HEMPFLING, R.; DOETSCH, P.; STUBENRAUCH, S.; MAHR, A.; BAUER, D.; KOSCHMIEDER, H.J.; GRÜNHOFF, D. [1997]: UMS - System zur Altlastenbeurteilung - Instrumente für die pfadübergreifende Abschätzung und Beurteilung von altlastenverdächtigen Flächen. F+E-Vorhaben Umweltbundesamt - FB 98-016

ITVA (HRSG) [2007]: Monetäre Bewertung ökologischer Lasten auf Grundstücken und deren Einbeziehung in die Verkehrswertermittlung. Berlin

KRWABFG [1994]: Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Beseitigung von Abfällen. - BGBl I 1994, 2705

LAUERWALD, U. [2002]: Die monetäre Bewertung ökologischer Lasten

MARK, H. [2003]: Risikominimierung im Grundstücksverkehr durch Altlasten-Unbedenklichkeitsprüfung. - In: GuG, 6 / 97, Neuwied, 86-90.

MEURER, M. [1997]: Stadtökologie – eine historische, aktuelle und zukünftige Perspektive. – Geograf. Rdsch 49 (1997) H. 10, S. 548 – 555

RICKELS M.; VAHLDIEK, C. [2000]: Gebietsbezogene Handlungskonzepte nach § 21 Abs. 3 BBODSCHG. Bodenschutz 3 (2000), Berlin, S. 47 – 52

ROSELT, K. u. a. [1999]: Geografisches Informationssystem Bad Liebenstein. Vorbereitung einer behördlichen Planung für die Behandlung flächenhafter Bodenkontaminationen. unveröff. Gutachten, JENA-GEOS-Ingenieurbüro GmbH, Jena, 20.12.1999, 87 S.

ROSELT, K.; SCHEIBERT, C.; EINAX, J. W.; KRAFT, J. [2004]: Die Lösung von Nutzungskonflikten aufgrund flächenhafter Bodenkontaminationen mit Hilfe Geografischer Informationssysteme und Mitteln der Geostatistik. UWSF – Z. Umweltchem. Ökotox. 16 (2), S. 99-104

SCHEFFER, F.; SCHACHTSCHABEL, P. [2002]: Lehrbuch der Bodenkunde. Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart

SCHEIBERT, C. [2002]: Methodik zur standortbezogenen Bewertung von Bodenfunktionen. - unveröff., JENA-GEOS-Ingenieurbüro GmbH, 08.07.2002, im Auftrag der Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie, 64 S.

SCHMELZLE, P.M.; BUNZ, G. [1999]: Altlastenmanagement bei der Umnutzung einer Altlastenfläche - vom Chemiewerk zum Wohnpark. In: FRANZIUS / BACHMANN (Hrsg): Sanierung kontaminierter Standorte und Bodenschutz 1998. Bodenschutz und Altlasten, Bd. 6, E. Schmidt-Verl., S. 109 - 117

SCHRÖTER, F. [1997]: Mögliche Nutzungseinschränkungen aufgrund von Bodenbelastungen im Rahmen der Bebauungsplanung. TerraTech 1 / 1997, S. 53 - 57

SIMSCH, K.; BRÜGGEMANN, J.; LIETMANN, C.; FISCHER, J. U.; SCHULZ-BÖDECKER, K.-U.; HENRICI, S. [2000]: Handlungsempfehlungen für ein effektives Flächenrecycling. UBA-Forschungsbericht 000007, UBA-Texte 10 / 2000, 192 S.

SMUL / LFUG (Hrsg.): Beispiele für die Anwendung der Methodik der umweltfachlichen Wertermittlung (UWE) und die daraus resultierende Ableitung finanztechnischer Konsequenzen (http://www.umwelt.sachsen.de/lfug/salfaweb/salfaweb-nt/berichte/mza3_01/mza3_01-4.html)

STEPHAN, P. [2001]: Die Welt auf dem Prüfstand. Nachhaltigkeitsindikatoren im Rio-Follow-up. – Forum Umw. & Entwickl., Bonn, 22 S.

TGL 22764 [1981]: Nutzung und Schutz der Gewässer. Klassifizierung der Wasser-Beschaffenheit von Fließgewässern. - Technische Güte- und Liefervorschriften, Berlin, Ausgabe 1981-03-00, 48 S.

TLUG [2001]: Flächenversiegelung in Thüringen. Schriftenreihe der Thüringer Landesanstalt für Umwelt, Nr. 46 / 2001, 57 S.

TRINKWV [1990]: Verordnung über Trinkwasser und über Wasser für Lebensmittelbetriebe vom 05.12.1990, BGBl I, S. 1612

UBA [2004]: Reduzierung der Flächeninanspruchnahme durch Siedlungen und Verkehr – Strategiepapier des Umweltbundesamtes - E. Schmidt Verl., Berlin 2004, 148 S.

VETTER, A. [2004]: Integrale Altlastenbearbeitung nach dem BBODSCHG. altlasten spektrum 2 / 2004, S. 91 - 98

VOERKELIUS, U.; SPANDAU, L. [1989]: Operationalisierung der Bodenfunktionen als Bilanzgrößen des Bodenschutzes am Beispiel eines ausgewählten Raumes. Umweltbundesamt, Texte 8 / 89, Berlin.

WEPNER-BANKO, M.; SCHAMANN, M. [2004]: Industrielle / gewerbliche Brachflächen in Österreich. Wiedernutzungspotenzial und Barrieren. altlasten spektrum 6/2004, S. 331 - 335

ZEPP, H.; FLACKE, J. [2002]: Stadtökologie oder nachhaltige Siedlungsentwicklung ? - Geograph. Rdsch 54 Heft 5, S. 18 – 24

Glossar

BbergG	Bundesberggesetz
BBodSchG	Bundes-Bodenschutzgesetz
BBodSchV	Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung
BETX	Monoaromatischen Kohlenwasserstoffe
GG	Grundgesetz
GIS	Geographisches Informationssystem
GOK	Geländeoberkante
GW	Grundwasser
GWRL	Grundwasserrichtlinie
Krw.- / AbfG	Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz
LAGA	Länderarbeitsgemeinschaft Abfall
LAWA	Länderarbeitsgemeinschaft Wasser
LHKW	Leichtflüchtige Halogenierte Kohlenwasserstoffe
MKW	Mineralölkohlenwasserstoffe
ROTASYM	Rotationssymetrische Teile
ThürWG	Thüringer Wassergesetz
ÖRV	Öffentlich rechtliche Vereinbarung
WGT	die Westgruppe der Truppen bezeichnet die in der DDR stationierten Teile der Sowjetarmee, vor 1989 hieß sie GSSD (Gruppe der sowjetischen Streitkräfte in Deutschland)
WHG	Wasserhaushaltsgesetz
WRRL	Wasserrahmenrichtlinie

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: industrielle Brachfläche mit Altlastenverdacht 8
Abb. 2: Projektziel von **optirisk** ist die Rückführung von Problemflächen in den Grundstücksverkehr (in Anlehnung an das A-B-C-Modell des Europäischen Brachenflächenforschungsverbundes CABERNET) 9
Abb. 3: Methodik: Prognose und Monetarisierung des Inanspruchnahmerisikos....12
Abb. 4: Entscheidungsmatrix zur Umsetzung des Verhältnismäßigkeitsgrundsatzes bei Maßnahmen der Altlastensanierung in ihrer allgemeinen Form....26
Abb. 5: Sanierungsoptionen zur Umsetzung des Verhältnismäßigkeitsgrundsatzes bei Maßnahmen der Altlastensanierung zur Verringerung des Betroffenheitsgrades (hier: für Gewerbeflächen) 27
Abb. 6: Strukturelle Gliederung der Bodenfunktionen und ihrer Teilfunktionen mit zugeordneten Kriterien und Parametern zur Ableitung von Relevanz und Beeinträchtigung (A. Homuth, JENA-GEOS® 2009 32
Abb. 7: Entscheidungsmatrix zur Umsetzung des Verhältnismäßigkeitsgrundsatzes bodenschutzbezogener Sanierungsmaßnahmen insgesamt (durchzuführen für alle 8 Bodenfunktionen) mit Sanierungsoptionen (rote Pfeile) für eine gewerbliche Nachnutzung....54
Abb. 8: a) bis h) Entscheidungsmatrices zur Umsetzung des Verhältnismäßigkeitsgrundsatzes bodenschutzbezogener Sanierungsmaßnahmen für die 8 Bodenfunkti-onen am Beispiel des Modellstandortes C Tanklager Jena 55
Abb. 9: Synopsis der Einstufung der 8 Bodenfunktionen und Ableitung eines verhältnismäßigen Sanierungszieles (= Verringerung des Betroffenheitsgrades)....59
Abb. 10: Geographische Zuordnung der ausgewerteten Standorte 61
Abb. 11: Branchen - Zuordnung der ausgewerteten Standorte 61
Abb. 12: Fig. a) bis h): Häufigkeitsverteilung der Risikoklassifizierung für die 114 Standorte nach Bodenfunktionen 62
Abb. 13: Häufigkeiten gleicher Relevanz- und Beeinträchtigungskombinationen in Summe für alle 8 Bodenfunktionen der 114 Standorte (rote Zahlen) 65
Abb. 14: Entscheidungsmatrix zur Umsetzung des Verhältnismäßigkeitsgrundsatzes oberflächengewässerschutzbezogener Sanierungsmaßnahmen, mit Sanierungsoptionen (rote Pfeile) 69
Abb. 15: Oberflächengewässer Standort ROTASYM Pößneck....70
Abb. 16: Häufigkeitsverteilung der Risikoklassifizierung für die 114 Standorte nach Oberflächengewässern mit Linien gleicher Häufigkeit 1 – 5 – 10 – 20 – 40 71
Abb. 17: Schematische Darstellung des parameterspezifischen Konzentrationsgradienten 76
Abb. 18: Entscheidungsmatrix zur Umsetzung des Verhältnismäßigkeitsgrundsatzes grundwasserschutzbezogener Sanierungsmaßnahmen, mit Sanierungsoptionen (rote Pfeile) 77
Abb. 19: Oberes Grundwasserstockwerk, Standort Tanklager Jena....77
Abb. 20: Unteres Grundwasserstockwerk Standort Tanklager Jena....78
Abb. 21: Häufigkeitsverteilung der Risiko-klassifizierung für die 114 Standorte, bezogen auf den oberen Grundwasserleiter mit Linien gleicher Häufigkeit 1 – 5 – 10 – 20....79
Abb. 22: Häufigkeitsverteilung der Risikoklassifizierung für die 114 Standorte, bezogen auf den unteren Grundwasserleiter mit Linien gleicher Häufigkeit 1 – 5 – 10 – 20 – 40....79
Abb. 23: Ablaufschema Kostenprognose....81
Abb. 24: Risikoprognoseprofil zum WGT-Standort Tanklager Jena (A. SCHAUBS, JENA-GEOS®) 94
Abb. 25: *Fig. a) – d)*: Auszugsweise beispielhafte Darstellung der horizontbezogenen Risikoprognosekarten für den Modellstandort C WGT-Tanklager Jena....97

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Prüftabelle zur Ermittlung des Vorliegens von Haftungs- / Inanspruchnahmerisiken 20
Tab. 2: Prüftabelle zur Einschätzung der Beeinträchtigung der standortrelevanten Bodenfunktionen 29
Tab. 3: Allgemeine Graduierung der Relevanz bzw. Sensibilität der Bodenfunktionen 30
Tab. 4: Allgemeine Graduierung der Beeinträchtigung von Bodenfunktionen 30
Tab. 5: Relevanzprüfung der Bodenfunktion 1a: Zuordnung zum Lebensraum des Menschen ... 34
Tab. 6: Graduierung der Beeinträchtigung der Bodenfunktion 1a 35
Tab. 7: Relevanzprüfung der Bodenfunktion 1b: Zuordnung zum Naturhaushalt 37
Tab. 8: Graduierung der Beeinträchtigung der Bodenfunktion 1b 38
Tab. 9: Bodenteilfunktionen und Bewertungskriterien der Bodenfunktion 1c (Auszug aus Planungsgruppe Ökologie + Umwelt GmbH, Juli 2003, Anhang) 39
Tab. 10: Relevanzkriterien und -prüfung für die der Bodenfunktion 1c 40
Tab. 11: Substantieller Aufbau der dem Standort unterlagernden Schichtenfolgen einschließlich anthropogener Schichten, deren Mächtigkeit, ihres Rückhalte- und Puffervermögens gegenüber Schadstoffen bzw. Schadstoff führender Wässer und ihrer hydrogeologischen Klassifizierung (grau: Beispiel Modellstandort C) 41
Tab. 12: Einschätzung der Beeinträchtigung der Bodenfunktion 1c 41
Tab. 13: Prüfung der Relevanz der Bodenfunktion 2 für den zu bewertenden Standort 42
Tab. 14: Graduierung der Beeinträchtigung der Bodenfunktion 2 43
Tab. 15: Zuordnung laut planungsrechtlicher Ausweisung bzw. fachlichen Anhaltspunkten 44
Tab. 16: Prüfung der Relevanz der Bodenfunktion 3a für den zu bewertenden Standort 45
Tab. 17: Graduierung der Beeinträchtigung der Bodenfunktion 3a 45
Tab. 18: Prüfung der Relevanz der Bodenfunktion 3b für den zu bewertenden Standort 46
Tab. 19: Graduierung der Beeinträchtigung der Bodenfunktion 3b 47
Tab. 20: Prüfung der Bodenfunktion 3c hinsichtlich Relevanz und Sensibilitätsgraden für den zu bewertenden Standort 49
Tab. 21: Graduierung der Beeinträchtigung der Bodenfunktion 3c 50
Tab. 22: Prüfung der Bodenfunktion 3d hinsichtlich Relevanz und Sensibilitätsgraden für den zu bewertenden Standort 52
Tab. 23: Graduierung der Beeinträchtigung der Bodenfunktion 3d 53
Tab. 24: Umsetzung des verhältnismäßigen Sanierungszieles anhand der Verringerung der Be-troffenheitsgrade der Bodenfunktionen1c und 3d für den Modellstandort 60
Tab. 25: Gliederung von Oberflächengewässern auf der Basis des Kriteriums *‚Ressourcenwert'* und Definition der adäquaten Prüfkriterien 67
Tab. 26: Beurteilung der Nachhaltigkeit der Verunreinigung von Oberflächengewässern auf der Basis des Kriteriums *‚Schadstoffausbreitungstendenz'* und der Definition der adäquaten Prüfkriterien 68
Tab. 27: Gliederung von Grundwässern auf der Basis des Kriteriums *‚Ressourcenwert'* und Definition der adäquaten Prüfkriterien 72
Tab. 28: Beurteilung der Nachhaltigkeit der Verunreinigung von Grundwasservorkommen auf der Basis des Kriteriums *‚Schadstoffausbreitungstendenz'* und der Definition der adäquaten Prüfkriterien 73
Tab. 29: Inanspruchnahmerisiken am Modellstandort C Tanklager Jena-Nord 82
Tab. 30: Kostenprognose behebungspflichtiger Lasten am Modellstandort C Tanklager Jena-Nord zum Bewertungsstichtag 83
Tab. 31. check-Tabelle zur Identifizierung von Investitionsrisiken 86
Tab. 32: check-Tabelle zur Identifizierung von Investitionsrisiken am Modellstandort C für die Nachnutzung als Wertstoffhof 88
Tab. 33: Kostenprognose des Investitionsrisikos für die Nachnutzung als Wertstoffhof nach abgeschlossener Sanierung der behebungspflichtigen Lasten 88
Tab. 34: Kostenprognose des zuzüglich zu kalkulierenden *‚Sowieso'*-Anteils für die in Tab. 32 abgeleiteten Mehraufwandkosten 89

Tab. 35: Kostenprognose des Einsparpotenzials für Inanspruchnahmeaufwendungen bei zeitgleicher Ausführung der Maßnahmen zur Beseitigung des Investitionsrisikos für die Errichtung des Wertstoffhofes am Modellstandort C Tanklager Jena-Nord 90
Tab. 36: check-Tabelle zur Identifizierung des theoretischen maximalen Investitionsrisikos für den Modellstandort C.....90
Tab. 37: Kostenprognose des theoretischen maximalen Investitionsrisikos für den Modellstandort C nach Sanierung der behebungspflichtigen Lasten 91
Tab. 38: Kostenprognose des Einsparpotenzials für Inanspruchnahmeaufwendungen bei zeitgleicher Ausführung der Maßnahmen zur Beseitigung des theoretisch maximalen Investitionsrisikos für den Modellstandort C Tanklager Jena-Nord 92