

Lothar Hitzler

Analyse und Beurteilung von betrieblichen Umweltrisiken

eine praxisbezogene Methode zur Ermittlung
und Bewertung von Umweltauswirkungen
und Umweltrisiken von Betrieben

Die Deutsche Bibliothek - CIP-Einheitsaufnahme

Hitzler, Lothar

Analyse und Beurteilung von betrieblichen Umweltrisiken: eine praxisbezogene Methode zur Ermittlung und Bewertung von Umweltauswirkungen und Umweltrisiken von Betrieben.

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsschutzgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlags unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

ISBN 3-933146-09-7

© 1998, Kassel University Press GmbH, Kassel

Meinen Eltern und meinem Bruder in Dankbarkeit gewidmet

Vorwort

Umweltrisiken sind häufig nicht offensichtlich. Gerade das komplexe Wirkungsgefüge der natürlichen Systeme erschwert das Abschätzen von Folgen. Unternehmen stehen daher oft vor der Problematik, daß diese neben ihrer eigentlichen Tätigkeit unbeabsichtigt Begleiterscheinungen in Form von Umweltbelastungen verursachen. Erst die Kenntnis um Umweltgefährdungspotentiale und deren Bedeutung ermöglicht es einem Unternehmen, diesen Umweltrisiken systematisch entgegenzuwirken. Zudem befähigt ein solches *Umwelt-Risiko-Bewußtsein* ein Unternehmen dazu, Umweltbelange bereits im Vorfeld in die vielfältigen Entscheidungsprozesse miteinzubeziehen und somit ein fundiertes Umweltmanagementsystem einzurichten und zu betreiben.

Die Grundüberlegung zu dieser Arbeit war daher die Entwicklung eines Instrumentariums zur systematischen Erfassung und Beurteilung von Umweltrisiken in Betrieben. Realisiert wurde dies schließlich im Jahre 1996 im Fachbereich VI Geographie/Geowissenschaften an der Universität Trier.

An dieser Stelle möchte ich mich bei allen bedanken, die mich bei dieser Arbeit unterstützt haben. Ein ganz besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. Roland Baumhauer, Herrn Dr. Christoph Eipper, Herrn Dr. Ludger Pautmeier und Herrn Dipl. Ing. Karl U. Sonnhalter.

Berg, Mai 1998

Lothar Hitzler

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
2. Gegenstand der Betrachtung	3
2.1. Begriffsbestimmungen	3
2.2. Räumliche Dimensionen von Umweltauswirkungen	4
2.2.1. Lokale, regionale und großräumige Umweltauswirkungen	4
2.2.2. Konsequenzen der Dimensionierung	6
2.3. Quellen und Ursachen der betrieblichen Umweltbelastung	7
2.3.1. Der Normalbetrieb	8
2.3.1.1. Abwasser	8
2.3.1.2. Abluft	10
2.3.1.3. Abfall.....	11
2.3.1.4. Abwärme	12
2.3.1.5. Lärm, Erschütterungen, Gerüche	12
2.3.1.6. Räumlich-strukturelle Umweltgefährdungspotentiale	12
2.3.2. Der Störfallbetrieb	13
2.3.2.1. Umweltchemikalien	14
2.3.2.2. Technisch-organisatorischer Betriebszustand	17
2.3.3. Altlasten	19
2.4. Akzeptoren der Umweltbelastung.....	22
2.4.1. Akzeptor Atmosphäre	23
2.4.2. Akzeptor Pedosphäre	27
2.4.3. Akzeptor Hydrosphäre	31
2.4.3.1. Akzeptor Grundwasser.....	31
2.4.3.2. Akzeptor Gewässer	34
2.4.4. Akzeptor Biosphäre	38
2.4.5. Akzeptor Anthroposphäre.....	38
2.5. Wechselwirkungen der betrachteten Umweltsphären	39

3. Prämissen zur Beurteilung von Umweltrisiken	40
3.1. Grundlegende subjektive Elemente von Umweltbewertungen	40
3.2. Voraussetzungen, Anforderungen und Konsequenzen der praxismöglichen Bewertung.....	41
4. Ermittlung und Beurteilung von betrieblichen Umweltrisiken	45
4.1. Ermittlung der betrieblichen Umweltgefährdungspotentiale	45
4.1.1. Regionale und großräumige Umweltrisiken	48
4.1.2. Exkurs: Quantitative Ermittlung von Luftemissionen.....	56
4.1.3. Lokale Umweltrisiken	58
4.1.3.1. Chemikalienrisiko	59
4.1.3.2. Technisch-organisatorische Risiken	67
4.2. Die Standortempfindlichkeit	70
4.2.1. Abgrenzung des Standortes.....	72
4.2.2. Klima	73
4.2.3. Boden.....	75
4.2.4. Grundwasser	78
4.2.5. Gewässer	84
4.2.6. Biosphäre.....	86
4.2.7. Anthroposphäre	88
4.3. Schnittstelle Betrieb - Standort	88
5. Fallbeispiel	94
5.1. Darstellung des Beispielbetriebes	94
5.2. Analyse und Bewertung der betrieblichen Umweltgefährdungspotentiale	95
5.2.1. Betrachtung der regionalen und großräumigen Umweltrisiken	99
5.2.2. Betrachtung der lokalen Umweltgefährdungspotentiale	101
5.3. Naturräumliche Gegebenheiten im Untersuchungsraum und deren Bedeutung im Rahmen der Umweltrisikobetrachtung.....	110
5.3.1. Der Standort	110
5.3.2. Klimatische Verhältnisse im Untersuchungsraum.....	111
5.3.3. Geologische Verhältnisse im Untersuchungsraum.....	113
5.3.4. Bodenverhältnisse im Untersuchungsraum	115

5.3.5. Grundwasserverhältnisse im Untersuchungsraum	115
5.3.6. Gewässerverhältnisse im Untersuchungsraum	117
5.3.7. Die Biosphäre im Untersuchungsraum.....	118
5.3.8. Die Anthroposphäre im Untersuchungsraum	118
5.4. Die Beurteilung der lokalen Umweltrisiken	118
6. Zusammenfassung.....	122

Anhang

A	Abkürzungsverzeichnis.....	124
B	Gefahrstoffe – Hinweise auf besondere Gefahren.....	126
C	Ermittlung der nutzbaren Feldkapazität.....	131
	Literatur.....	134

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Umwelteinfluß auf die Unternehmen	2
Abbildung 2: Verursacher und Akzeptoren der betrieblichen Umweltbelastung	3
Abbildung 3: Information zur Bestimmung der Exposition von Stoffen in der Umwelt	15
Abbildung 4: Emission-Transmission-Immission	23
Abbildung 5: Ausbreitungstypen, Temperaturschichtung und Form der Schornsteinabluftfahnen.....	24
Abbildung 6: Nasse Deposition durch Rain-out (a) und Wash-out (b).....	25
Abbildung 7: Funktionen der Böden.....	28
Abbildung 8: Verhalten von Schadstoffen im Boden.....	29
Abbildung 9: Schematische Darstellung der 'Eco-indicator'-Methode	49
Abbildung 10: Abfallarten in Prozent.....	99
Abbildung 11: Effektbezogene Ökoindikatorpunkte und deren Verursacher..	100
Abbildung 12: Idealisierte Darstellung der Abgrenzung des Standortes für das Fallbeispiel	112

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Inhaltliche Unterscheidungskriterien von lokalen und großräumigen Umweltrisiken	5
Tabelle 2: Eigenschaften und Inhaltsstoffe einiger industrieller Abwässer.....	9
Tabelle 3: Häufigkeit von Störfallursachen in verfahrenstechnischen Anlagen	18
Tabelle 4: Altlastenverdächtige Standorte und mögliche relevante Stoffe.....	20
Tabelle 5: Atmosphärische Verweilzeiten luftfremder Stoffe.....	26
Tabelle 6: Gütegliederung von Fließgewässern	36
Tabelle 7: Matrix der stofflichen Austausch-/Einwirkungsbeziehungen zwischen den Umweltsphären.....	39
Tabelle 8: Informationsquellen zur Erfassung der betrieblichen Umweltgefährdungspotentiale	46
Tabelle 9: Versauerung	50
Tabelle 10: Wintersmog.....	50
Tabelle 11: Photooxidantienbildung/Sommersmog	51
Tabelle 12: Schwermetallbelastung	52
Tabelle 13: Eutrophierung	53
Tabelle 14: Belastung mit kanzerogenen Substanzen	53
Tabelle 15: Ozonabbau in der Stratosphäre.....	54
Tabelle 16: Biozidbelastung	54
Tabelle 17: Treibhauseffekt	55
Tabelle 18: Gewichtung der Effekte.....	56
Tabelle 19: Heizwert von Brennstoffen.....	57
Tabelle 20: Emissionsfaktoren in kg/TJ für nicht genehmigungsbedürftige Feuerungsanlagen.....	57
Tabelle 21: Emissionsfaktoren und Kraftstoffverbräuche für Fahrzeuge des Werksverkehrs.....	58
Tabelle 22: Bedeutung der Risikoindizes.....	59
Tabelle 23: Wassergefährdungsklassen.....	60
Tabelle 24: Humangefährdungsklassen.....	61
Tabelle 25: Luftexpositionsindizes.....	62
Tabelle 26: Boden-/Wasserexpositionsindizes.....	63

Tabelle 27: Beispiel für eine Chemikalienliste mit umweltrelevanten Eigenschaften	64
Tabelle 28: Risikoindex (MGI) für Gefahrstoffmengen unter Berücksichtigung der Gebindegrößen im Rahmen der Störfallanalyse	65
Tabelle 29: Chemikalienrisikoindex für die Störfallanalyse	65
Tabelle 30: Übersicht zu heftig miteinander reagierenden Chemikalien	66
Tabelle 31: Zuweisungsrichtlinien von Risikoindizes	69
Tabelle 32: Beispiel für eine Anlagen-/Stoffbewertungsliste	70
Tabelle 33: Bedeutung der Empfindlichkeitsindizes	70
Tabelle 34: Informationsquellen zur Erfassung der Standortempfindlichkeit ...	71
Tabelle 35: Abstandsklassen des Abstandserlasses	72
Tabelle 36: Klassifizierung der Klimafaktoren der Kaltluftentstehung	74
Tabelle 37: Beurteilung der Klimameliorations- und bioklimatischen Funktion	75
Tabelle 38: Bewertung der klimatischen Empfindlichkeit	75
Tabelle 39: Gliederung der Bodentypen nach deren Retentionsvermögen	77
Tabelle 40: Bewertung der Bodenempfindlichkeit	78
Tabelle 41: Bewertung der Böden nach der nFK (und in Punktzahl <i>B</i> dargestellt)	79
Tabelle 42: Bewertung der Gesteinsart bei Lockergesteinen (nach Punktzahlen G_L)	80
Tabelle 43: Bewertung von Festgesteinen: Punktzahl $G_F =$ Produkt aus Punktzahl <i>P</i> für Gesteinsart und Faktor <i>F</i> für strukturelle Eigenschaft	81
Tabelle 44: Bewertung der Sickerwassermenge anhand der Grundwasser-Neubildungsrate (G_{WNb}) bzw. der klimatischen Wasserbilanz ($NS - ETP_{pot.}$) und als Faktor <i>W</i> dargestellt	81
Tabelle 45: Klasseneinteilung der Gesamtschutzfunktion	82
Tabelle 46: Hydraulik des Grundwasserleiters	83
Tabelle 47: Bewertung der Empfindlichkeit des Grundwassers	84
Tabelle 48: Kriterien für die Zuordnung der Natürlichkeitsgrade von Gewässern	84
Tabelle 49: Bewertung der Fließgewässerempfindlichkeit	85
Tabelle 50: Bewertung der Biosphäre	87

Tabelle 51: Bewertung der anthropogenen Nutzungsempfindlichkeit.....	87
Tabelle 52: Zuweisung: Risikoindizes - Empfindlichkeitsindizes	88
Tabelle 53: Begründung der inhaltlichen Füllung der Zuweisungsvorschrift ...	89
Tabelle 54: Zuweisungsvorschrift für die Konfliktmatrix.....	90
Tabelle 55: Bewertungsmatrix der Austausch-/Einwirkungsbeziehungen	91
Tabelle 56: Beispiel für die Konfliktmatrix.....	93
Tabelle 57: Zusammenstellung der Input- und Outputdaten für 1994 für das Fallbeispiel	95
Tabelle 58: Sonderabfall für das Fallbeispiel	97
Tabelle 59: Wertstoffe für das Fallbeispiel	98
Tabelle 60: Gewerbeabfall für das Fallbeispiel	98
Tabelle 61: Berechnung der Ökoindikatorpunkte für das Fallbeispiel	100
Tabelle 62: Stoffdaten für das Fallbeispiel.....	102
Tabelle 63: Anlagen-/stoffbezogene Umweltgefährdungspotentiale für das Fallbeispiel	104
Tabelle 64: Anlagenbezogene Umweltgefährdungspotentiale ohne konkreten Stoffbezug für das Fallbeispiel	108
Tabelle 65: Anlagenübergreifende Aspekte der Umweltrisikobetrachtung für das Fallbeispiel.....	110
Tabelle 66: Anlagen nach dem nordrhein-westfälischen Abstandserlaß für das Fallbeispiel	111
Tabelle 67: Bewertung der klimatischen Empfindlichkeit im Untersuchungsraum.....	113
Tabelle 68: Bewertung der Grundwasserempfindlichkeit im Untersuchungsraum	117
Tabelle 69: Bewertung der Gewässerempfindlichkeit im Untersuchungsraum	118
Tabelle 70: Ergebnisse der Standortempfindlichkeitsbewertung für das Fallbeispiel	119
Tabelle 71: Einstufung der Einwirkungsbeziehungen für das Fallbeispiel.....	119
Tabelle 72: Konfliktmatrix für das Fallbeispiel	120

1. Einleitung

Der Mensch hat die Natur durch sein Handeln in vielfältiger Weise beeinflusst. Die technische und industrielle Entwicklung hat als unerwünschte Nebeneffekte eine Vielzahl an Umweltbelastungen mit sich gebracht. Das Ausmaß der anthropogenen Einwirkungen überfordert teilweise die Belastbarkeit der Umwelt, so daß die natürlichen Lebensgrundlagen durch schwere, z. T. irreversible Schädigungen bedroht sind. Auch hat sich die Umweltproblematik während der letzten Jahrzehnte immer mehr auf großräumige oder gar globale Aspekte ausgeweitet. Schlagwörter wie Ozonloch, Waldsterben oder die anthropogene Klimaveränderung haben sich in der öffentlichen Diskussion etabliert.

Betriebe gehören mit zu den Verursachern von Umweltbelastungen und unterliegen daher den verschiedensten öffentlichen, politischen und rechtlichen Anforderungen (siehe Abbildung 1). Die steigende Umweltproblematik im Bereich des betrieblichen Umweltschutzes macht eine Abkehr von restriktiv betriebenen Umweltschutzpraktiken, welche sich meist als Grenzwertabgleich nach rechtlichen Vorgaben darstellen, notwendig. An deren Stelle soll die Umsetzung von Vorsorgekonzepten treten, wie sie z. B. im Rahmen der EG-Verordnung Nr. 1836/93¹ oder der DIN EN ISO 14001² gefordert werden. Mit der EG-Verordnung 1836/93, welche auch mit dem Begriff „EG-Öko-Audit-Verordnung“ umschrieben wird, soll der Gedanke der dauerhaft-umweltgerechten Entwicklung³ (sustainable development) in Form eines vorsorglich betriebenen Umweltschutzes freiwillig in das marktwirtschaftliche System integriert werden.

Die Grundlage für die Umsetzung eines solchen Vorsorgeprinzips ist die Kenntnis um die vorhandenen Umweltrisiken. Die Entwicklung eines solchen Basisinstrumentes zur praxisbezogenen Ermittlung und Beurteilung von betrieblichen Umweltrisiken ist der interdisziplinäre Ansatz der vorliegenden Arbeit.

Der Umfang und die Komplexität dieses Themenbereiches erschweren die Erstellung eines umfassenden praxisnahen Bewertungskonzeptes. Es ist jedoch auch nicht Ziel der vorliegenden Arbeit ein allgemeingültiges „Kochrezept“

¹ die vollständige Bezeichnung lautet: Verordnung (EWG) Nr. 1836/93 des Rates vom 29. Juni 1993 über die freiwillige Beteiligung gewerblicher Unternehmen an einem Gemeinschaftssystem für das Umweltmanagement und die Umweltbetriebsprüfung

² die vollständige Bezeichnung lautet: Umweltmanagementsysteme – Spezifikation mit Anleitung zur Anwendung (DIN EN ISO 14001) – (DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG (DIN) 1996)

³ vgl. RAT VON SACHVERSTÄNDIGEN FÜR UMWELTFRAGEN 1995, S. 68 ff; INTERNATIONAL CHAMBER OF COMMERCE 1991; LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG 1995, S. 2

vorzulegen. Vielmehr sollen die möglichen betrieblichen Umweltrisiken herausgestellt werden, um sie einer begründeten Beurteilung zugänglich zu machen. Für die bedeutendsten Umweltrisiken werden konkrete Beurteilungskriterien vorgeschlagen, welche aber im Einzelfall modifiziert werden können.

Das Bewertungsverfahren wurde praxisnah entwickelt und praktisch angewendet. Zur Illustration wird die Verfahrensanwendung in Kapitel 5 an einem konkreten Fallbeispiel vorgestellt.

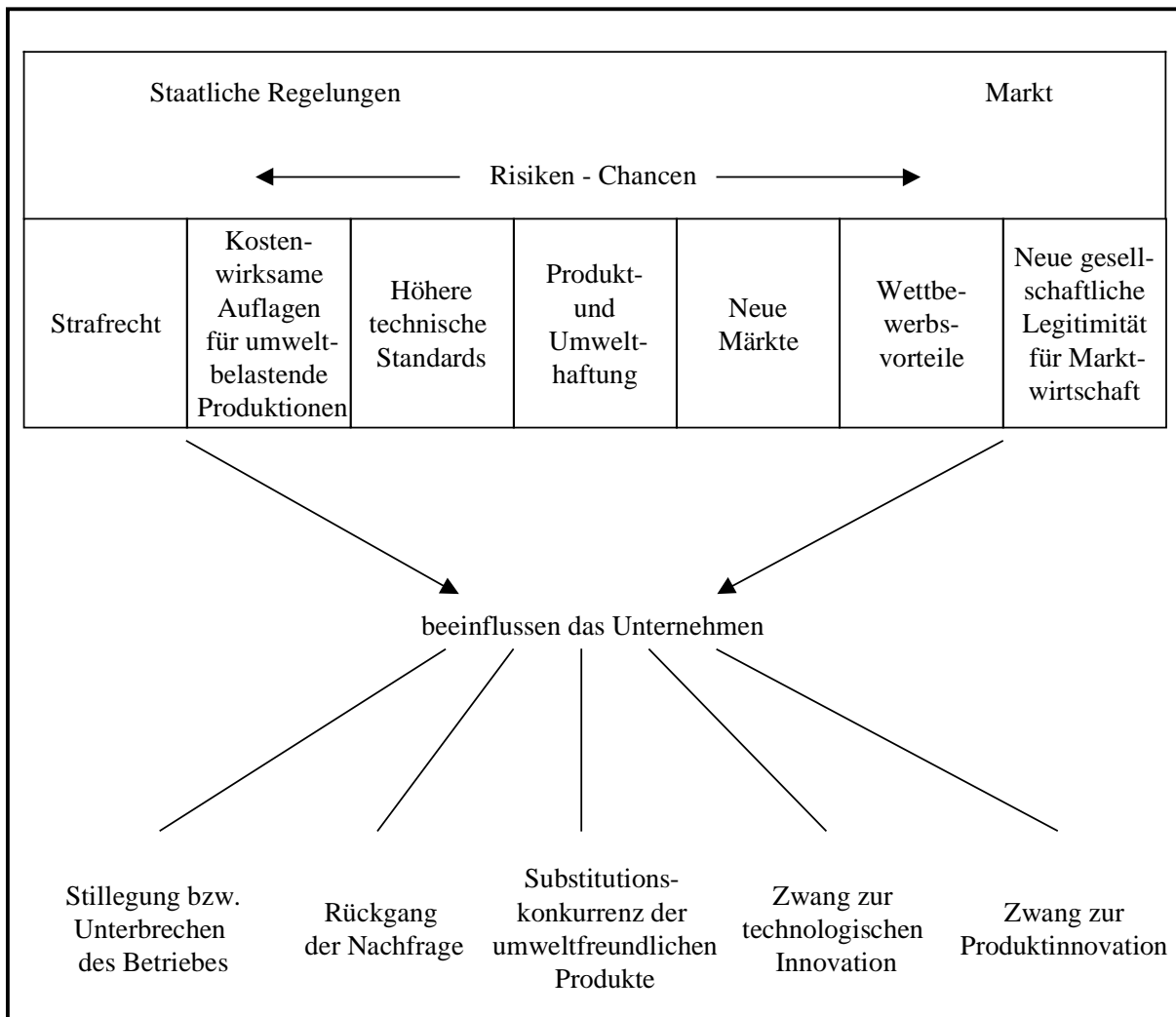


Abbildung 1: Umwelteinfluß auf die Unternehmen
(Quelle: FÖRSTNER 1995, S. 64)

2. Gegenstand der Betrachtung

Der Einfluß eines Unternehmens⁴ auf die Umwelt beginnt bereits mit der Art und Weise der Bereitstellung der notwendigen Roh-, Betriebs- und Hilfsstoffe, wie z. B. Abbau und Transport. Das Einbeziehen dieses Aspekts würde den Rahmen der vorliegenden Arbeit übersteigen. Im folgenden werden deshalb alle diejenigen möglichen Umweltauswirkungen betrachtet, die durch den Produktionsablauf von einem Unternehmen ausgehen und damit unter die direkte Kontrolle des betreffenden Betriebes fallen. Im Rahmen der Umweltrisikoerfassung sollen daher die möglichen Veränderungen der Akzeptoren der Umweltbelastung durch den Output eines Betriebes mit Ausnahme der Produkte erfaßt und bewertet werden (siehe Abbildung 2).

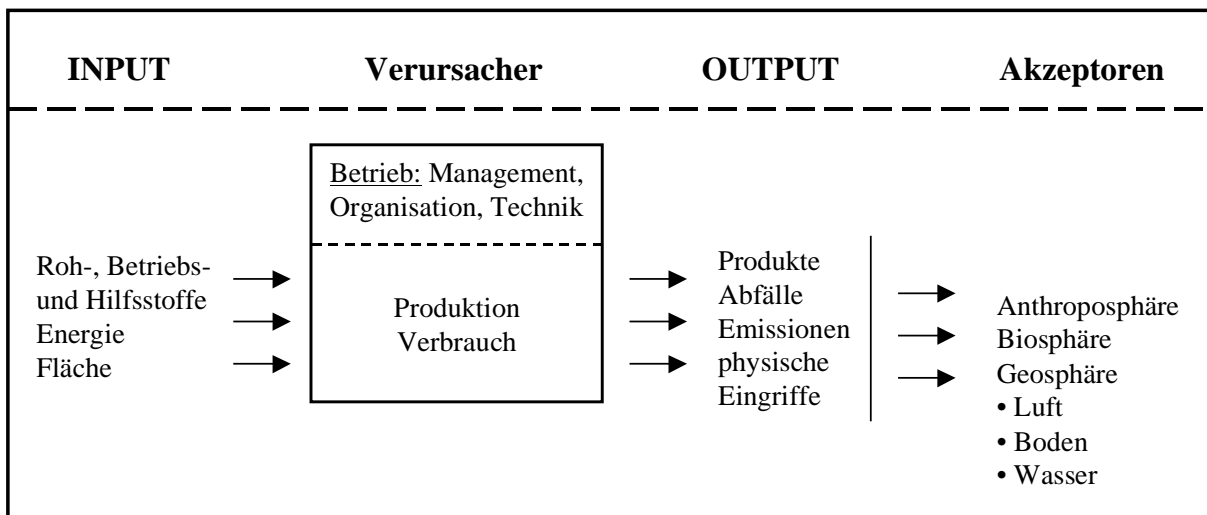


Abbildung 2: Verursacher und Akzeptoren der betrieblichen Umweltbelastung⁵

2.1. Begriffsbestimmungen

Der Begriff *Umwelt* soll im Rahmen der Ermittlung von Umweltrisiken im folgenden nach der DIN EN ISO 14001⁶ bestimmt werden als „Umgebung, in der eine Organisation tätig ist; dazu gehören Luft, Wasser, Land, Bodenschätze, Flora, Fauna und der Mensch sowie deren Wechselwirkungen.“⁷ Als Anmer-

⁴ Die Begriffe *Unternehmen* und *Betrieb* werden im folgenden synonym verwendet.

⁵ Zusammenstellung unter Beachtung von ZIESCHANK, VAN NOUHUYS 1995, S. 74; EIPPER 1995, S. 35

⁶ DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG (NAGUS) 1996, S. 6

⁷ Diese Definition weicht von den in den Geo- bzw. Biowissenschaften üblichen Definitionen ab.

kung wird noch hinzugefügt, daß sich die „Umgebung“ in diesem Zusammenhang von der Organisation bis zum globalen System erstreckt.

Eine Einwirkung eines Betriebes auf die Umwelt wird zu einer *Umweltauswirkung*, wenn die Umwelt auf diese Einwirkung in Form einer Veränderung reagiert. Somit liegt eine Umweltauswirkung erst dann vor, wenn eine Störung die Kompensationsfähigkeit der Umwelt bezüglich dieser Störgröße überschreitet.⁸

Unter *Umweltrisiko* soll „die Möglichkeit negativer Einwirkungen auf die Geo-, Bio- und Anthroposphäre (Umwelt) durch das Vorhandensein und die Aktivitäten eines (...) Betriebes, mit der Folge von kompensierenden Reaktionen und/oder einer Be- oder Überlastung der Umwelt, verstanden werden.“ (EIPPER 1995, S. 24)

2.2. Räumliche Dimensionen von Umweltauswirkungen

Die Umweltauswirkungen eines Betriebes nehmen unterschiedliche räumliche Dimensionen an. Der Einflußbereich der betrieblichen Umweltbelastung kann von lokalen bis hin zu großräumigen oder globalen Auswirkungen reichen, wie z. B. der Eutrophierung oder dem Ozonloch. Einige der möglichen Abgrenzungen zwischen lokalen, regionalen und großräumigen Umweltbelastungen und deren Auswirkungen auf die Bewertung sollen nachstehend erläutert werden.

2.2.1. Lokale, regionale und großräumige Umweltauswirkungen

Eine Abgrenzung zwischen lokalen, regionalen und großräumigen Umweltauswirkungen ist durch rein räumliche Kriterien nicht oder nur dann möglich, wenn die Aussagefähigkeit für eine Bewertung mit großen Unsicherheiten akzeptiert wird. Die Abgrenzung erfolgt daher anhand inhaltlicher Kriterien, welche einen Bezug zu diesen räumlichen Einheiten aufweisen.

Als systemtheoretische Überlegung wird vorausgesetzt, daß jede größere räumliche Einheit die kleineren beinhaltet. Die spezifischen Gefährdungen der kleineren Einheiten müssen daher keine Gefährdungen für die größeren Einheiten darstellen, jedoch kann die Gefährdung der größeren Einheiten auch für die kleineren Einheiten wirksam werden.

Je kleiner der zu betrachtende Bereich ist, desto detaillierter kann eine Inventarisierung erfolgen und desto sicherer können Zusammenhänge erkannt werden. Für kleine Raumeinheiten können daher direkte Aussagen über mögliche Umweltauswirkungen getroffen werden.⁹ Bei großen Raumeinheiten

⁸ vgl. auch JAPP 1990, S. 43 f.

⁹ Auch hier sind allerdings z. T. große inhaltliche Unsicherheiten vorhanden.

erfolgt die Aussage über Umweltauswirkungen unter Abstraktion eines konkreten Standortes, das heißt es werden übergeordnete Umwelteffekte als Indikatoren einer möglichen Veränderung der Umwelt herangezogen. Diese Effekte lassen zunächst keine Aussage in bezug auf Umweltauswirkungen an einem konkreten Standort zu. Daher sind auch die Auswirkungen von großräumigen Umweltproblemen, wie z. B. die Auswirkungen des Treibhauseffektes, heftig diskutierte Themen sowohl in der öffentlichen als auch in der wissenschaftlichen Diskussion. Die Betrachtung des lokalen Bereichs steht in direktem Bezug zu den Schutzgütern (Umweltsphären), während der großräumige Bereich sich an den zur Diskussion stehenden Effekten orientiert. Der regionale Bereich stellt das Bindeglied dar.

Die Distanz vom Verursacher bis zum Ort der Auswirkung bedingt, daß im lokalen Bereich dem Umweltschaden unter Umständen ein konkreter Verursacher zugeordnet werden kann. Betrachtet man den regionalen und den großräumigen Bereich, so kann bestenfalls eine Verursachergruppe ermittelt werden.

Eine weitere Abgrenzung ist durch die Nachweisbarkeit stofflicher Einflüsse möglich. Der Nachweis einer stofflichen Veränderung in der lokalen Umgebung des Verursachers ist vergleichsweise einfach. „Die Messung regionaler und globaler Veränderung ist generell abhängig von der Nachweisempfindlichkeit analytischer Methoden. Die Abschätzung des anthropogenen Anteils an regionalem und globalem Vorkommen von Naturstoffen wird jedoch erschwert durch das geographisch sehr unterschiedliche Vorkommen der Stoffe sowie natürlicher, nicht exakt voraussagbarer Faktoren, die das Vorkommen kurzfristig verändern können (z. B. Klimaschwankungen).“ (KORTE 1992, S. 23)

Tabelle 1: Inhaltliche Unterscheidungskriterien von lokalen und großräumigen Umweltrisiken

Umweltrisiken	
lokal	großräumig
Standortempfindlichkeit kann prinzipiell festgestellt werden	Betrachtung erfolgt zunächst unter Abstraktion des Standortes
Schutzgutbezug (Geo-, Bio- und Anthroposphäre)	Effektbezug (Indikatoreffekte für mögliche Umweltauswirkungen)
Verursacher einer Belastung ist prinzipiell ermittelbar; rechtlich: Verursacherprinzip	Verursachergruppen möglicherweise ermittelbar; ¹⁰ rechtlich: Gemeinlastprinzip
Belastung direkt und medial	Belastung medial
Belastung durch Einzelereignisse und Dauerbelastung	Dauerbelastung oder Einzelereignisse mit katastrophalen Wirkungen

¹⁰ vgl. EWERS 1988, S. 76

Die lokale Umweltbelastung kann sowohl die Folge von Einzelereignissen als auch eine Summationsbelastung darstellen. Während großräumige Belastungen durch Einzelereignisse zwar möglich sind¹¹, treten diese im Bereich der betrieblichen Umweltbelastung anteilmäßig in den Hintergrund. Einige Unterscheidungskriterien zwischen lokalen und großräumigen Umweltrisiken sind in Tabelle 1 dargestellt.

2.2.2. Konsequenzen der Dimensionierung

Aufbauend auf Kapitel 2.2.1. läßt sich der lokale Einflußbereich betrieblicher Umweltbelastungen als diejenige räumliche Einheit abgrenzen, für die direkte schutzgutspezifische Auswirkungen von einer Belastungsquelle ausgehen. Diese Grenze bedarf jedoch einer genaueren Bestimmung, da auch im regionalen Bereich z. T. noch schutzgutspezifische Auswirkungen auftreten. Außerdem wäre der Nachweis dieser Abgrenzung nur bezüglich der stofflichen Belastung und unter erheblichem analytischen Aufwand möglich und dürfte daher nur in seltenen Fällen praxisrelevant sein.

Ein gangbarer Weg ist durch die Möglichkeit der Rückverfolgbarkeit des Verursachers und den unter Umständen daraus resultierenden rechtlichen Konsequenzen im lokalen Einflußbereich gegeben. Da Emissionen in die Luft in der Regel diejenigen Belastungen sind, die die größte rückverfolgbare Distanz zur Belastungsquelle aufweisen, wird dieser Belastungspfad als Maß für die Dimensionierung des lokalen Einflußbereiches¹² herangezogen. Die Ermittlung erfolgt auf der Basis rechtlicher Grundlagen.¹³

Der lokale Einflußbereich stellt damit die räumliche Einheit dar, für die ein standortbezogenes Umweltrisiko mit rechtlicher Relevanz ermittelt werden kann. Der regionale Bereich wird aufgrund der undeutlichen Grenzen und dem zunehmenden Effektbezug dem großräumigen Bereich zugeordnet. Somit beschränkt sich die Betrachtung von Umweltrisiken auf die Betrachtung von standortbezogenen und übergeordneten großräumigen Umweltrisiken.

Ein weiterer Aspekt, der sich aus der Dimension der Umweltrisiken ergibt, betrifft die Bewertung an sich. Da die Bewertungsgrundlagen für lokale und großräumige Umweltrisiken verschieden sind, kann bei der Beurteilung der Umweltrisiken eines Betriebes keine zusammenfassende Bewertung erfolgen.

¹¹ Als Beispiel hierfür sei der Super-GAU des Kernkraftwerkes Tschernobyl in der Ukraine vom 26. April 1986 angeführt.

¹² KORTE (1993, S. 52) geht davon aus, daß im Gegensatz zum regionalen und großräumigen Einflußbereich der Transport von Stoffen über lokale Entfernungen quantifizierbar und voraussagbar ist, wenn Informationen über die vertikale Struktur der Atmosphäre und die herrschenden Windverhältnisse vorhanden sind.

¹³ siehe Kapitel 4.2.1

2.3. Quellen und Ursachen der betrieblichen Umweltbelastung

Ursachen für betriebliche Umweltbelastungen sind immer dann vorhanden, wenn der Produktionsablauf ein offenes System darstellt und der Betrieb in Wechselwirkung zur Umwelt steht. Diese Wechselwirkungen können unterschiedlicher Art sein und durch folgende Umweltgefährdungen in Erscheinung treten:

- stoffliche bzw. stoffgebundene¹⁴ Umweltbelastungen
- energetische Umweltbelastungen
- räumlich-strukturelle Umweltbelastungen.

Im Rahmen der Umweltrisikobetrachtung von Betrieben liegt das Hauptaugenmerk auf den stofflichen Austauschbeziehungen mit der Umwelt¹⁵, da diese im Verhältnis zu den räumlich-strukturellen Umweltbelastungen durch eine wesentlich größere Dynamik geprägt sind und meist auch ein größeres oder schwieriger zu bekämpfendes Schadenspotential aufweisen. Die energetischen Umweltrisiken hängen häufig eng mit den stofflichen Risiken zusammen, so daß die gesonderte Betrachtung der energetischen Risiken nur in wenigen Bereichen notwendig ist.

Für die Betrachtung der betrieblichen Umweltgefährdungspotentiale ist die Unterscheidung zwischen Normal- und Störfallbetrieb nötig. Unter Normalbetrieb ist der bestimmungsgemäße Betrieb zu verstehen, das heißt der Produktionsablauf gewährt die Einhaltung der technischen, organisatorischen und rechtlichen Vorgaben. Eine Störung des bestimmungsgemäßen Betriebes wird als Störfall bezeichnet. Der Störfallbegriff wird daher im folgenden anders eingesetzt als in der Definition nach § 2 Abs. 1 der Störfallverordnung (12. BImSchV), in welcher ein Störfall zwar auch eine Abweichung vom bestimmungsgemäßen Betrieb darstellt, jedoch an das Auslösen einer Gefahr durch bestimmte (in den Anhängen II, III, IV aufgeführte) Stoffe gebunden ist.¹⁶

Durch diese Unterscheidung des Normal- und Störfallbetriebes soll die Erkennung der Risiken durch bestehende und durch potentielle Gefahren für die Umwelt erreicht werden.¹⁷

¹⁴ Hierunter sollen nicht nur chemische, sondern auch physikalische Umweltbelastungen, die von Stoffen ausgehen, wie z. B. ionisierende Strahlung, verstanden werden.

¹⁵ vgl. HALLAY, PFRIEM 1993, S. 61, 64

¹⁶ vgl. EIPPER 1995, S. 35

¹⁷ vgl. SCHULZ, SCHULZ 1993, S. 69; SCHULZ, SCHULZ 1994, S. 180 f.

2.3.1. Der Normalbetrieb

Der Normalbetrieb ist in der Regel durch kontinuierliche oder periodische, in seltenen Fälle auch durch sporadische Emissionen¹⁸ gekennzeichnet. Je nach Art und Leistung der emittierenden Anlagen oder dem Gefährdungspotential der Emissionen unterliegen diese Anlagen gesetzlichen Auflagen¹⁹ und behördlichen Kontrollen.

Trotz Einhaltung der gesetzlichen Auflagen können diese Emissionen zu einer Belastung der Umwelt führen. Grund hierfür ist die Summe der belastenden Faktoren zum einen in zeitlicher Hinsicht und zum anderen durch die Häufung gleicher oder ähnlicher Emissionen durch weitere Verursacher in lokalen, regionalen und großräumigen Dimensionen. Aufgrund der Regelmäßigkeit und der Menge der Emissionstätigkeiten können selbst gering gefährdende Emissionen Umweltrelevanz erlangen.

Da es sich bei Emissionen des Normalbetriebes um „bewußte“ Emissionen handelt, sind die Quellen meist leicht zu lokalisieren. Ebenfalls sind die Emissionsmengen in vielen Fällen quantifizierbar, wenn dies z. T. auch in Form von gemittelten oder idealisierten Berechnungsverfahren geschieht. Problematisch in bezug auf die Erfassung sowie auch bezüglich der Quantifizierung sind diffuse Quellen. Die Ermittlung lehnt sich hier an die der Störfallbetrachtung an.

Angesichts der Regelmäßigkeit ergeben sich für die Verringerung der Umweltbelastung aus dem Normalbetrieb zwei Möglichkeiten, nämlich die Minimierung und die Substitution durch weniger umweltgefährdende Stoffe. Verbesserungen können daher durch die Anwendung entsprechender effizienter Technologien und durch organisatorische Maßnahmen erzielt werden.

2.3.1.1. Abwasser

Abwässer entstehen beim häuslichen, landwirtschaftlichen, gewerblichen und industriellen Gebrauch von Nutzwasser und durch in die Kanalisation abfließendes Niederschlagswasser. Das Abwasser wird meist nach Durchlaufen einer Kläranlage in ein Gewässer eingeleitet. Die Belastungen, die sich für die Gewässer ergeben, resultieren aus den nicht abgebauten oder nicht entzogenen gefährdenden Inhaltsstoffen des Abwassers sowie aus energetischen Belastungen. Betriebliche Abwässer setzen sich aus folgenden Anteilen zusammen:

- „häusliche Abwässer“
- Abwässer aus dem Produktionsablauf
- Anteil an Niederschlagswasser.

¹⁸ z. B. Emissionen von sporadisch betriebenen Versuchsanlagen

¹⁹ u. a. 4. BImSchV, 12. BImSchV

Tabelle 2: Eigenschaften und Inhaltsstoffe einiger industrieller Abwässer

Hohe Temperatur	Kraftwerke, alle Industrien, Wäschereien, Flaschenwaschanlagen der Brauereien und Getränkeindustrie
Hoher Gehalt an Schwebstoffen	Papierfabriken, Pappefabriken, Holzschleifereien, Zellstofffabriken, Wollwäschereien, Konservenfabriken, Kohlenwäschen
Hoher Gehalt an absetzbaren Stoffen	Gerbereien, Brauereien, Schlachthöfe, Zuckerfabriken, Kohlebergbau, Walz- und Hochofenwerke, Glasbläsereien und Kieswäschen
Hoher Gehalt an organischer Substanz (BSB ₅)	Schlachthäuser, Fleischwarenfabriken, Abdeckereien, Leimfabriken, Gerbereien, Lederfabriken, Sauerkrautfabriken, Konservenfabriken, Seifenfabriken, Zellstofffabriken
Hoher Gehalt an gelösten Stoffen	Erdölindustrie, Kohlebergbau, Schwefelkiesgruben, Salinen, Kaliindustrie, Sodafabriken, Chemische Industrie, Gerbereien, Enthärtungsanlagen, Sauerkrautfabriken
Säuren	Margarinen- und Sauerkrautfabriken, Herstellung künstlicher Fettsäuren, Seifenfabriken, Bleichereien, Schwefelkiesgruben, Beizereien, Galvanisieranstalten, Pulver- und Sprengstofffabriken, Chemische Industrie, Kerzenfabriken, Kohlengruben, Viskosefabriken, Wollwäsche (mit Säure behandelte Abwässer)
Alkalien	Textilfabriken, Metallwarenfabriken, Chemische Industrie, Gerbereien, Wäschereien, Gaswerke, Wollwäschereien
Öle und Fette	Molkereien, Margarinefabriken, Schlachthäuser, Fleischwarenfabriken, Seifenfabriken, Erdöl-Industrie, Gerbereien, Wollwäschereien, Kerzenfabriken, Metallbearbeitung
Gifte	Gerbereien, Lederfabriken, Färbereien, Schwelereien, Gaswerke, Kokereien, Galvanisieranstalten, Sprengstofffabriken, Spinnstofffabriken, Chemische Industrie, Pflanzenschutzmittel
Radioaktive Substanzen	Uranbergbau, Laboratorien, Krankenhäuser, Atomkraftanlagen
Detergentien	Seifenfabriken, Textilfabriken, Färbereien, Wäschereien
Färbung	Papier- und Pappefabriken, Gerbereien, Färbereien, Farbenfabriken, Kunstseidefabriken, Galvanisierbetriebe
Infektiöse Eigenschaften	Abdeckereien, Tierkörperbeseitigung, Gerbereien, Leimfabriken
Geruch	Gerbereien, Hefefabriken, Brennereien, Fischmehlfabriken, Schlachthäuser, Abdeckereien, Braunkohleschwelereien, Kokereien und Gaswerke

(Quelle: FÖRSTNER 1995, S. 209)

Während die Mengen an gebrauchtem Nutzwasser exakt zu fassen sind, entzieht sich der Niederschlagswasseranteil einer praxisrelevanten, genaueren Bestimmung.²⁰

²⁰ Teilweise wird versucht den Niederschlagswasseranteil über die jährlichen Niederschlagssummen pro Flächeneinheit zu berücksichtigen (vgl. LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG 1994, S. 37 f.). Hierbei wird aber meist die Verdunstung und die Infiltration auf unversiegelten Flächen nicht beachtet.

Für eine allgemeine Beurteilung von Abwasser sind folgende Parameter zu beachten:²¹

- pH-Wert
- Temperatur
- Gesamt-Phosphor (als Orthophosphat)
- Nitrat-Stickstoff
- Ammonium-Stickstoff
- Gesamt-Stickstoff
- Schwermetalle
- CSB²²
- BSB₅²³
- AOX²⁴
- Kohlenwasserstoffe oder TOC²⁵.

Für die Beurteilung von bestimmten Abwässern gibt die Abwasserverordnung Informationen über die gefährlichen Wasserinhaltsstoffe und deren Grenzwerte für die einzelnen Branchen und deren Produktionsverfahren. Eine Übersicht über umweltbelastende Eigenschaften und Inhaltsstoffe industrieller und gewerblicher Abwässer gibt Tabelle 2.

2.3.1.2. Abluft

Die betrieblichen Abluftquellen lassen sich folgendermaßen einteilen:²⁶

- Energieerzeugung
- Verkehr
- Produktionsprozesse.

Von diesen Emitenten gehen unterschiedliche Luftschadstoffe aus. Aufgrund der emittierten Mengen werden sechs Gruppen an sogenannten Hauptschadstoffen, die vor allem bei Verbrennungsprozessen entstehen, unterschieden:²⁷

²¹ vgl. PAUTMEIER 1995, S. 23

²² CSB: Chemischer Sauerstoffbedarf: Summenparameter für den gesamten Sauerstoffbedarf der organischen Verbindungen.

²³ BSB₅: Biochemischer Sauerstoff-Bedarf: Maßzahl für diejenige Menge an Sauerstoff, die bei der biologischen Selbstreinigung von Mikroorganismen innerhalb von fünf Tagen bei einer Temperatur von 20°C verbraucht wird.

²⁴ AOX: adsorbierbare Halogenkohlenwasserstoffe

²⁵ TOC: der gesamte organisch gebundene Kohlenstoff

²⁶ vgl. BUNDESUMWELTMINISTERIUM; UMWELTBUNDESAMT 1995, S. 257 f.

²⁷ vgl. BUNDESUMWELTMINISTERIUM, UMWELTBUNDESAMT 1995, S. 257

- Schwefeldioxid (SO₂)
- Stickoxide (NO_x)
- Kohlenmonoxid (CO)
- Kohlenwasserstoffe (u. a. VOC)
- Staub, Ruß
- Kohlendioxid (CO₂).

Diese Schadstoffe können lokal in solchen Konzentrationen auftreten, daß Umweltgefahren von diesen ausgehen.²⁸ Zudem leisten diese Schadstoffe Beitrag zu den regionalen und großräumigen Umwelteffekten.

Neben diesen Hauptluftschadstoffen treten bei gewerblichen und industriellen Produktionen eine Vielzahl weiterer Schadstoffe auf. Hierbei ist aufgrund der Umwelt- und Humangefährdung vor allem auf Schwermetalle (z. B. bei der Abfall- oder Klärschlammverbrennung) und auf organische Schadstoffe, insbesondere Xenobiotika, hinzuweisen. Die Vielzahl an Schadstoffen und emittierenden Anlagen macht eine genauere Darstellung im Rahmen dieser Arbeit unmöglich. Hinweise, von welchen Anlagen Gefahren bezüglich umweltrelevanter Stoffe ausgehen können, gibt die Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen (4. BImSchV) sowie der nordrhein-westfälische Abstandserlaß.

2.3.1.3. Abfall

Die Umweltrelevanz von Abfällen ist abhängig von der Art und Menge der jeweiligen Abfälle sowie deren spezifischen Entsorgungs- bzw. Verwertungsmöglichkeiten. Daher kann ein Betrieb durch die Vermeidung oder Verminderung der Abfallentstehung, z. B. durch die Optimierung von Produktionsprozessen, zur Reduzierung abfallbedingter Umweltgefährdungen beitragen. Da die Art des Abfalls entscheidenden Einfluß hinsichtlich möglicher Umweltauswirkungen hat, ist neben einer quantitativen Verminderung des Abfallaufkommens, insbesondere auch der Reduzierung der schädlichen Inhaltsstoffe Beachtung zu schenken.

Ebenso wie die Vermeidung der Abfallentstehung trägt auch die Verwertung von Abfällen im Sinne einer Kreislaufwirtschaft zur Schonung der natürlichen Ressourcen bei. Grundlage für eine effektive Verwertung ist die Trennung der einzelnen Abfallfraktionen.

Eine getrennte Abfallsammlung ist auch hinsichtlich der Analyse von Störfallpotentialen von Bedeutung. Bei nicht sortenreiner Trennung ergibt sich die Problematik, daß Stoffgemische mit komplexen Zusammensetzungen entstehen, bei welchen eine spezifische Risikoordnung nicht möglich ist. Das Umwelt-

²⁸ vgl. KORTE 1992, S. 88

gefährdungspotential, das sich hierbei aus der Zwischenlagerung von Abfall ergibt, wird im Zusammenhang mit der Störfallanalyse ermittelt.

2.3.1.4. Abwärme

Von Wärmeemissionen gehen energetische Belastungen der Umwelt aus. Wärme wird absichtlich und unabsichtlich emittiert. Unabsichtliche Abwärme entsteht z. B. bei nicht ausreichender Wärmedämmung von Räumen und Gebäuden, bei Abluft- und Abwasseranlagen. Eine absichtliche Abgabe an überschüssiger Wärme erfolgt bei Anlagen mit Luftkühlung über die Abluft und mit der Ableitung von Kühlwässern bei fehlender Wärmerückgewinnung. Indirekte Umweltbelastungen in Folge der Abwärme bringt die verstärkte Freisetzung von Luftschadstoffen durch die zu hohe Energieerzeugung.

2.3.1.5. Lärm, Erschütterungen, Gerüche

Umweltbelastungen durch Lärm, Erschütterungen und Gerüche wirken auf die belebte Umwelt ein.²⁹ Da der Mensch meist direkt betroffen ist, werden die Umweltbelastungen durch den Nutzungs- und Empfindlichkeitsanspruch des Menschen berücksichtigt³⁰ und bedürfen in diesem Kontext nur in Ausnahmefällen weiterer Beachtung. Solche Ausnahmen bilden isolierte Betriebsstandorte, welchen die menschliche Anspruchsgruppe fehlt.

Im Gegensatz zur stofflichen Umweltbelastung haben Lärm, Erschütterungen und Gerüche den Vorteil, daß bei Eliminierung oder Sicherung der Emissionsquellen keine langfristigen Wirkungen zu erwarten sind.

2.3.1.6. Räumlich-strukturelle Umweltgefährdungspotentiale

Räumlich-strukturelle Veränderungen besitzen ein hohes Konfliktpotential bezüglich anthropogenen und ökologischen Ansprüchen, da solche Maßnahmen prinzipiell immer zum Nutzen des Menschen durchgeführt werden. Im betrieblichen Bereich sind räumlich-strukturelle Risiken durch folgende Maßnahmen vorhanden:

- Flächenversiegelung durch Bau von Gebäuden, Verkehrswegen, Lagerflächen, etc.
- Veränderung, Zerstörung, Zerschneidung von Lebensräumen, z. B. Ausbau von Vorflutern.

²⁹ Bei entsprechenden Größenordnungen sind Auswirkungen auf die Umweltkompartimente, wie z. B. durch Rutschungen infolge von Erschütterungen nicht auszuschließen.

³⁰ Dies gilt hauptsächlich für den betrieblichen Bereich, da beispielsweise Freizeitlärm nicht oder nur teilweise als Belastung des Menschen empfunden wird.

Da räumlich-strukturelle Maßnahmen einer längerfristigen Planung und häufig einer behördlichen Genehmigung bedürfen, ist dieses Konfliktpotential im Vorfeld abzuwägen.

2.3.2. Der Störfallbetrieb

Jede Abweichung vom bestimmungsgemäßen Betrieb soll als Störfall verstanden werden. Daher ist der Begriff „Störfall“ äußerst umfassend und beschreibt so unterschiedliche Sachverhalte, wie Kleckerverluste von Umweltchemikalien oder als Extremfall einen Super-GAU in einem Kernkraftwerk. Da aus dem Störfall potentielle Umweltbelastungen abgeleitet werden, unterscheidet sich die Vorgehensweise bei der Erfassung von der des Normalbetriebes.

Störfälle treten immer wieder auf. Daher muß der frühzeitigen Erkennung von Störfallpotentialen und der Vermeidung bzw. Minimierung von Auswirkungen durch Sicherungsmaßnahmen besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden.³¹

Störfälle können aus dem Produktionsablauf heraus entstehen oder natürlich bedingte Ursachen haben, wie beispielsweise Hochwasser, Erdbeben, Sturm, Blitzschlag. Während natürlichen Störfällen nur durch Sicherungsmaßnahmen zu begegnen ist, können bei technisch-organisatorischen Störfällen z. T. auch die Ursachen beseitigt werden. Da jedoch menschliches Fehlverhalten zu einem hohen Prozentsatz³² an Störfällen beteiligt ist, sind immer Restrisiken vorhanden.

Natürliche und betriebliche Ursachen können zu folgenden Ausfalleffekten mit stoffgebundenen Störfallereignissen führen:

- „Anlagenversagen bzw. menschliches Versagen mit Freisetzen umweltrelevanter Stoffe,
- Anlagenversagen bzw. menschliches Versagen mit Entstehen und Freisetzen umweltrelevanter Stoffe und
- Anlagenversagen bzw. menschliches Versagen mit Auswirkungen auf andere Betriebsbereiche und dem dortigen Freisetzen oder Entstehen und Freisetzen umweltrelevanter Stoffe.“ (EIPPER 1995, S. 38)

Ein Störfall ist in der Regel ein singuläres Ereignis.³³ Das Umweltgefährdungspotential ist von der Wahrscheinlichkeit des Auftretens und der Umwelt-

³¹ vgl. BÖNING 1995, S. 19

³² Laut STEINMETZ (1993, S. 460 ff.) sind ca. 85% der Störfälle in der chemischen und energierzeugenden Industrie auf den „Betriebsfaktor Mensch“ zurückzuführen.

³³ Ausnahmen sind z. B. Kleckerverluste mit „regelmäßigem Charakter“ (Tropfverluste bei Ab- oder Umfüllen).

relevanz der Emissionen abhängig. Die Schadenshöhe ist zudem zeitabhängig, so daß das Umweltrisiko im weiteren davon beeinflusst wird, ob ein Störfall - zumindest zeitweise - unbemerkt eintreten kann.

2.3.2.1. Umweltchemikalien

Störfälle sind meist an den Umgang mit umweltgefährdenden Stoffen gebunden. Umweltchemikalien oder umweltgefährdende Stoffe „sind chemische Stoffe, die durch anthropogene Aktivitäten in die Umwelt eingebracht werden und in solchen Mengen oder Konzentrationen auftreten können, die geeignet sind, Lebewesen, ökologische Systeme und insbesondere den Menschen zu gefährden und zu schädigen. Hierzu gehören chemische Elemente und Verbindungen organischer und anorganischer Natur, synthetischen oder natürlichen Ursprungs. Das menschliche Zutun kann mittelbar oder unmittelbar erfolgen, es kann beabsichtigt oder unbeabsichtigt sein. Umweltchemikalien wirken immer über nicht biologische Strukturen von Hydro-, Pedo- und Atmosphäre.“ (KOCH 1989, S. 38)

Das Umweltgefährdungspotential, das von Chemikalien ausgeht, setzt sich aus folgenden Komponenten zusammen:

- stoffspezifische Toxizität
- Dosis
- Expositionsverhalten.

Um das stoffspezifische Chemikalienrisiko³⁴ charakterisieren zu können, müssen entsprechend aussagekräftige Parameter ermittelt werden. Das mögliche Schadensausmaß wird durch die Dosis-Wirkungs-Beziehung beschrieben. Die Eintrittswahrscheinlichkeit ist näherungsweise aus dem stoffspezifischen Expositionsverhalten und der technisch-organisatorischen Handhabung des Stoffes abzuleiten.

Die gesundheitsgefährdenden Eigenschaften von Chemikalien werden anhand der akuten, subakuten und subchronischen Toxizität sowie Mutagenität, Kanzerogenität, Teratogenität, Embryo- und Fetotoxizität eingestuft. Die Ermittlung dieser Eigenschaften erfolgt aufgrund empirischer Erfahrungswerte und durch Versuche an Modellorganismen. Zur Ermittlung der ökotoxischen Chemikalieneigenschaften wird neben weiteren Versuchen an Modellorganismen das - z. T. kompartimentbezogene - Abbauverhalten bestimmt.³⁵ Es muß allerdings erwähnt werden, daß die ermittelten Chemikalieneigenschaften modellhaften Charakter haben, da die Untersuchungsvoraussetzungen (Labor-

³⁴ Der Risikobegriff ist nach der naturwissenschaftlichen Definition das Produkt aus Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadensausmaß (vgl. KORTE 1992, S. 194)

³⁵ vgl. KOCH 1989, S. 18 f.; RUDOLPH, BOJE 1986, S. 34, 39

bedingungen, Modellorganismen) nur ein eingeschränktes Abbild der realen Umweltbedingungen simulieren können. „Das gesamte umweltgefährdende Potential jedes einzelnen dieser Stoffe und Gemische kann mangels alle Bereiche abdeckender Testverfahren und Bewertungskriterien, aber nicht zuletzt auch aus Zeit- und Kostengründen niemals vollständig erfaßt und dargestellt werden.“ (LÜHR 1988a, S. 206) Auf der Grundlage des Besorgnisgrundsatzes ist jeder statistisch gesicherte experimentelle Beweis für toxikologische Wirkungen einer Chemikalie als ein ernstzunehmender Hinweis auf potentielle Gesundheits- und ökotoxikologische Risiken zu bewerten. Dies gilt insbesondere bei zeitlich verzögerten Wirkungen, wie sie beispielsweise bei genotoxischen Erscheinungen häufig auftreten.³⁶

Anhand der physikochemischen Eigenschaften von Umweltchemikalien lassen sich Aussagen bezüglich der Ausbreitungstendenzen bzw. der Kompartimentalisierung treffen. Abbildung 3 zeigt, welche Informationen zur Beschreibung der Exposition von Umweltchemikalien heranzuziehen sind.

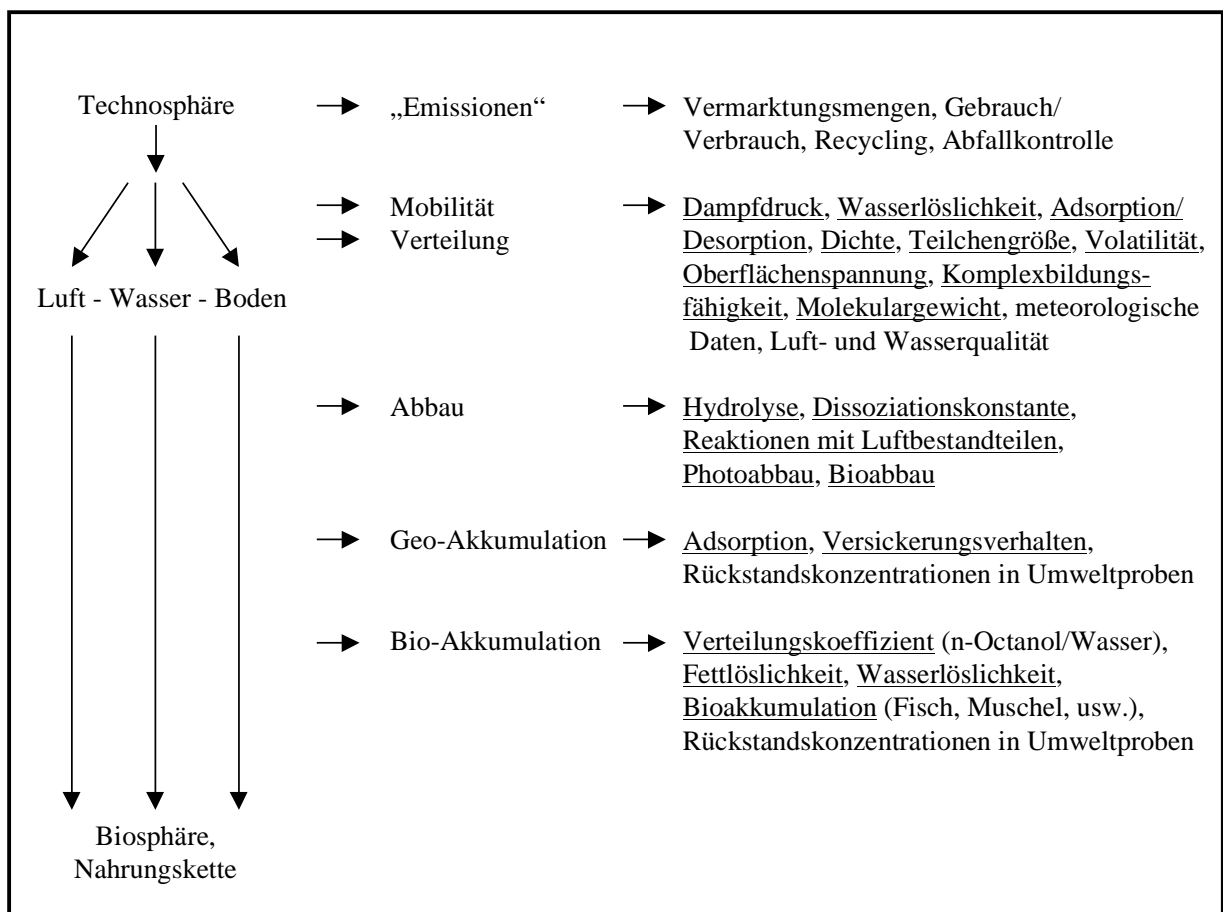


Abbildung 3: Information zur Bestimmung der Exposition von Stoffen in der Umwelt

(Quelle: GÜNTHER 1981, S. 55)

³⁶ vgl. HAHN 1988, S. 451 ff.; KOCH 1989, S. 18 f.

Diese Informationen sind in vielen Fällen nicht vollständig zugänglich. Für die praxisrelevante Beurteilung des Expositionsverhaltens sind die folgenden Parameter von besonderer Bedeutung:³⁷

- Aggregatzustand bzw. Zustandsform
- Wasserlöslichkeit
- Lipophilie (n-Octanol-/Wasser-Verteilungskoeffizient)
- Dampfdruck
- Flammpunkt
- Dichte
- relative Gasdichte
- kinematische Viskosität
- Reaktivität.

„Erfahrungsgemäß können beispielsweise folgende allgemeine Beziehungen formuliert werden:

- Niedrige Werte der Wasserlöslichkeit korrelieren mit hohen n-Octanol/Wasser-Verteilungskoeffizienten sowie einer relativ hohen Bio- und Geoakkumulationstendenz.
- Hohe Bio- und Geoakkumulationstendenz ist nahezu immer mit geringer oder verminderter Stoffmobilität in Wasser und Atmosphäre verbunden.
- Die Bioverfügbarkeit der an Sedimente sowie suspendierte Festpartikel adsorbierten Stoffe steht in direktem Verhältnis zu ihrer Löslichkeit und ist umgekehrt proportional zum organischen Kohlenstoffgehalt der Feststoffe.
- Eine ausgeprägte Bio- und Akkumulationstendenz deutet häufig auf die mögliche Ausbildung remobilisierbarer Stoffdepots in Pedo- und Biosphäre hin.
- Mit zunehmender Lipophilie kommt es oftmals zu einer Verminderung der Reaktivität und damit der Transformationstendenz von Stoffen.
- Maßgebliche Transport- und Verteilungsprinzipien für hydrophile und leicht flüchtige Stoffe sind die Hydro- und Atmosphäre.
- Stoffe mit hohem Dampfdruck sind durch relativ hohe Flüchtigkeit aus wäßrigen Systemen sowie eine hohe Mobilität und Dispersionstendenz in der Atmosphäre charakterisiert.“ (KOCH 1989, S. 21)³⁸

Die Beurteilung von Stoffumwandlungen stellt sich als sehr komplex dar, da die Reaktionsprodukte im Vergleich zum Edukt mehr oder weniger toxisch sein können. Synergismen bzw. Antagonismen sind nicht oder nur unzureichend

³⁷ vgl. KORTE 1992, S. 191; KOCH 1989, S. 16 f., 21 f.; DARIMONT 1988a, S. 85 ff.; KUHNT 1987, S. 117

³⁸ siehe auch SUTER II 1993

voraussagbar.³⁹ Aufgrund der letztlich immer vorhandenen Unschärfe bei der Ermittlung sowohl der Toxizitäts- als auch der Expositionsmerkmale von Chemikalien ist eine Gesamtbeurteilung möglichst unter Einbeziehung aller vorliegenden Daten vorzunehmen.

Eine Reduzierung des Chemikalienrisikos ist durch Substitution mit geringer toxischen Substanzen und einer Verringerung der kritischen Menge zu erreichen.

2.3.2.2. Technisch-organisatorischer Betriebszustand

Technik und Organisation bestimmen den Produktionsablauf. Daher sind diese beiden Komponenten maßgeblich an der Existenz und der Größenordnung von Risikopotentialen beteiligt. Das technisch-organisatorische Betriebsrisiko setzt sich aus der Anlagensicherheit, den Organisationsstrukturen des Betriebsablaufes und dem Betriebsfaktor Mensch zusammen.

Technisches Versagen und menschliches Fehlverhalten sind nie auszuschließen. Daher sollten Organisation und Technik so aufgebaut sein, daß nur unumgängliche Risikopotentiale vorhanden sind und mögliche Fehler keine oder zumindest nur geringe Umweltauswirkungen verursachen.⁴⁰ Möglichkeiten diese Risikopotentiale zu vermindern sind:

- zusätzliche Sicherungsmaßnahmen (Redundanz)
- organisatorische Veränderungen, z. B. Verringerung der Anzahl von Ab- und Umfüllvorgängen, etc.
- Minimierung des menschlichen Fehlverhaltens durch Motivation, Aus- und Fortbildung, etc.⁴¹.

Um die jeweiligen Risikopotentiale bekämpfen zu können, müssen die Ursachen detailliert erfaßt werden. Einen Überblick über verschiedene Primärursachen für meldepflichtige Störfälle (nach Störfall-Verordnung) in verfahrenstechnischen Anlagen gibt die Auswertung in Tabelle 3.

Nach STEINMETZ (1993, S. 460) sind sogar ca. 85 % der Störfälle in der chemischen und energieerzeugenden Industrie auf Probleme in der Sicherheitsorganisation, also auf den Betriebsfaktor Mensch zurückzuführen. Um potentielle Auswirkungen im Störfall zu vermeiden oder zu minimieren muß das

³⁹ vgl. PÖPPELBAUM et al. 1989, S. 47

⁴⁰ STEINMETZ (1993, S. 462) spricht in diesem Zusammenhang von „fehlertoleranter Technik“; siehe auch STEGER 1993, S. 25

⁴¹ vgl. ZIMMERMANN 1995, S. 260 f.

Sicherheitskonzept einer Anlage dem Gefährdungspotential angepaßt sein. Das Sicherheitskonzept besteht aus drei Teilbereichen:⁴²

- Primärschutz: Die Anlage oder Anlagenteile haben den betriebsgemäßen mechanischen, chemischen, thermischen Beanspruchungen standzuhalten. Hierunter fallen auch außergewöhnliche Beanspruchungen, mit welchen aufgrund der speziellen Bedingungen vor Ort gerechnet werden muß (z. B. Hochwasser).
- sekundäre Sicherheit bzw. Redundanz: Sicherheitsvorrichtungen gewährleisten, daß bei Versagen der primären Sicherheit keine Umweltgefährdungen von der Anlage ausgehen.
- Überwachungsmaßnahmen: Kontrolle des bestimmungsgemäßen Betriebes sowie der primären und der sekundären Sicherheit.

Tabelle 3: Häufigkeit von Störfallursachen in verfahrenstechnischen Anlagen

Störfallursache	Häufigkeit des Auftretens in %	
	1993	1994
technische Fehler:	36	29
• <i>Apparate/Armaturen</i>	22	23
• <i>Behälter/Flansche</i>	12	6
• <i>Rohre</i>	2	0
menschliche Fehler:	38	38
• <i>organisatorische Fehler</i>	8	12
• <i>Bedienfehler</i>	8	20
• <i>mangelnde Sorgfalt bei Reparaturarbeiten</i>	22	6
chemische Reaktion	8	15
Korrosion	10	3
umgebungsbedingte Ursachen	0	6
unbekannt	8	9

(Quelle: Zusammenstellung nach ZENTRALE MELDE- UND AUSWERTE-STELLE FÜR STÖRFÄLLE UND STÖRUNGEN IN VERFAHRENSTECHNISCHEN ANLAGEN (ZEMA); UMWELTBUNDESAMT 1995, S. 13 und SÄGER 1995, S. 326)

⁴² vgl. LÜHR 1988b, S. 78 f.; MACIEJEWSKI 1988, S. 299 ff.; siehe auch SCHEDLER 1994, S. 179

Neben den Überwachungsmaßnahmen sind weitere organisatorische Aspekte risikorelevant:

- ständige schnelle Reaktionsmöglichkeiten gegen Gefährdungen im Falle eines Versagens von primärer und sekundärer Sicherheit, z. B. durch umgehende Präsenz von Feuerwehr oder auch durch Bereitstellen von Ölbinder in den entsprechenden Bereichen
- das Vorhandensein aktueller Gefahrenabwehrpläne, wie z. B. Feuerwehrpläne, etc.
- das Vorhandensein eines Umweltmanagements, durch welches u. a. die Aufgaben und Verantwortlichkeiten für die risikorelevanten Bereiche festgelegt sind, so daß die Durchführung und Kontrolle von Maßnahmen gewährleistet ist
- die Sicherung gegen mutwilliges Auslösen von Störfällen in Form von Sabotage, z. B. durch Zugangssicherung gegen unbefugten Zutritt.

2.3.3. Altlasten

Umweltgefährdungen durch ein Unternehmen können sowohl von der rezenten als auch von der vergangenen Produktion ausgehen. Dabei ist es nicht entscheidend, ob diese potentielle Gefahr durch den derzeit ansässigen Betrieb oder durch einen Vorgänger verursacht wurde. Altlasten sind solche Altablagerungen und Altstandorte, die aufgrund einer Gefährdungsabschätzung als verdächtig gelten, eine Gefahr oder Beeinträchtigung für die menschliche Gesundheit oder die Umwelt darzustellen.⁴³

Die Ermittlung von Altlasten erfolgt über eine Nutzungsrecherche des Betriebsstandortes. Altlastenverdächtige Standorte bzw. Branchen mit den zugehörigen umweltrelevanten Stoffen sind in Tabelle 4 aufgeführt.

⁴³ vgl. KINNER et al. 1986, S. 7 f.

Tabelle 4: Altlastenverdächtige Standorte und mögliche relevante Stoffe

Batterien, Akkumulatoren	Antimon, Arsen, Blei, Cadmium, Chrom, Fluoride, Kupfer, Nickel, Quecksilber, Säuren/Basen, Selen, Zink
anorganische Grundstoffe und Chemikalien	Ammonium, Antimon, Arsen, Beryllium, Blei, Cadmium, Chrom, Cyanide, Dinitrophenol, Fluoride, Fluorosilicate, Kupfer, Nickel, Nitrobenzol, Pentachlorphenol, Quecksilber, Säuren/Basen, Selen, Tetrachlormethan, Thallium, Thiocyanate, Vanadium, Zink
Handelsdünger	Ammonium, Arsen, Cadmium, Fluorosilicate, Kupfer, Säuren/Basen, Thallium
organische Grundstoffe, Chemikalien und Pharmazeutika	Es sind viele Stoffe möglich; die Art des Betriebes bestimmt, welche Stoffe im Einzelfall relevant sind
Kunststoffe	Acrylnitril, Benzol, Blei, Cadmium, Chrom, Cyanide, Dibromethan, Dichlorethen, Dichlorethan, Dichlorpropan, Dinitrotoluol, Epichlorhydrin, Fluoride, Kresole, PAH, Phenol, Phtalate, Säuren/Basen, Selen, Tetrachlormethan, Trichlormethan, Toluol, Vinylchlorid, Zink
Farben und Lacke	Anthracen, Antimon, Arsen, Benzin, Benzol, Blei, Cadmium, Chlorbenzol, Chlorphenol, Chrom, Cyanide, Dichlormethan, Dinitrophenol, Dinitrotoluol, Ethylbenzol, Fluoranthren, Fluoride, Kresole, Kupfer, Mesitylen, Mineralöl, Naphthalin, Nitrobenzol, PAH, PCB, Pentachlorphenol, Phenol, Phtalate, Quecksilber, Säuren/Basen, Selen, Teeröle, Tetrachlorethan, Tetrachlorethen, Tetrachlormethan, Thallium, Thiocyanate, Toluol, Trichlorethan, Trichlormethan, Xylol, Zink
Pflanzenschutzmittel, Schädlingsbekämpfungsmittel usw.	Aldrin, Arsen, Benzol, Blei, Chlorbenzol, Chlorphenol, Chrom, Cyanide, DDT, Dibromethan, Dichlorphenol, Dichlorpropan, Dinitrophenol, Epichlorhydrin, Fluoride, Fluorosilicate, Hexachlorbenzol, Hexachlorcyclohexane, Kresole, Kupfer, Naphthalin, Nitrobenzol, Pentachlorphenol, Phenol, Quecksilber, Selen, TCDD, Teeröle, Tetrachlorethan, Tetrachlormethan, Thallium, Trichlormethan, Trichlorbenzol, Trichlorphenol, Xylol, Zink
Munition und Explosivstoffe	aromatische Amine, Antimon, Arsen, Blei, Chrom, Dinitrobenzol, Dinitrophenol, Dinitrotoluol, Kupfer, Methylaminnitrat, Nitrobenzol, Nitrophenole, Phenol, Quecksilber, Säuren/Basen, Toluol, Trimethyltrinitroamin (Hexogen), Trinitrotoluol
Aufbereitungsanlagen für verbrauchte Lösemittel, Chemikalien usw.	Es sind viele Stoffe möglich; die Art des Betriebes bestimmt, welche Stoffe im Einzelfall relevant sind

Fortsetzung nächste Seite

Steinkohlenbergbau, Gaswerke, Kokereien	Ammonium, Anthracen, Arsen, (Asbest), Benzo(a)pyren, Benzol, Blei, Chrom, Cyanide, Ethylbenzol, Fluoren, Kresole, Mesitylen, Mineralöl, Naphthalin, PAH, Phenol, Säuren/Basen, Teeröle, Thiocyanate, Toluol, Xylol, (Zink)
NE-Metallerz-Bergbau	Blei, Cadmium, Chrom, Cyanide, Kresole, Kupfer, Phenol, Quecksilber, Säuren/Basen, Zink
Mineralölverarbeitung/ Mineralöllagerung (incl. Altöl)	Anthracen, Arsen, Benzin, Benzol, Blei, Chrom, Dibromethan, Dichlorethan, Dichlorpropan, Ethylbenzol, Kupfer, Mineralöl, Naphthalin, Nickel, PAH, PCB, PCN, Pentachlorphenol, Phenol, Säuren/Basen, Selen, TCDD, Teeröle, Trichlorethan, Trichlorethen, Tetraethylblei, Toluol, Trichlorethan, Trichlorethen, Vanadium, Xylol, Zink
Eisen- und Stahlerzeugung	Antimon, Arsen, Beryllium, Blei, Cadmium, Chrom, Cyanide, Fluoride, Kupfer, Nickel, Quecksilber, Säuren/Basen, Selen, Thallium, Vanadium, Zink
NE- Metallumschmelzwerke	Antimon, Arsen, Beryllium, Blei, Cadmium, Chrom, Cyanide, Fluoride, Kupfer, Mineralöl, Nickel, Phenol, Quecksilber, Säuren/Basen, Zink
NE-Metallhütten	Antimon, Arsen, Beryllium, Blei, Cadmium, Chrom, Cyanide, Fluoride, Kupfer, Nickel, Quecksilber, Säuren/Basen, Selen, Thallium, Vanadium, Zink
Oberflächenveredelung/ Härtung von Metallen	Antimon, Arsen, Benzin, Benzol, Blei, Cadmium, Chrom, Cyanide, Dichlormethan, Fluoride, Kupfer, Mineralöl, Nickel, Quecksilber, Säuren/Basen, Selen, Tetrachlorethen, Tetrachlormethan, Trichlorethan, Trichlorethen, Trichlormethan, Zink
Metallverarbeitung	Cyanide, Mineralöl, Tetrachlorethen, Trichlorethan, Trichlorethen, Trichlormethan, (Schwermetalle)
Metallgießereien	Antimon, Arsen, Benzin, Benzol, Blei, Cadmium, Chrom, Cyanide, Fluoride, Kupfer, Nickel, Quecksilber, Selen, Zink
Bearbeitung, Imprägnierung, Verarbeitung von Holz	Arsen, Benzin, Chrom, DDT, Dichlormethan, Dinitrophenol, Fluoranthen, Fluoride, Fluorosilicate, Kresole, Kupfer, Mineralöl, Naphthalin, Nickel, PCB, PCN, Pentachlorphenol, Phenol, Quecksilber, Säuren/Basen, TCDD, Teeröle, Tetrachlormethan, Toluol, Trichlorethen, Xylol, Zink
Papier, Pappen und Textilien	Antimon, Arsen, Benzol, Blei, Chrom, Cyanide, Epichlorhydrin, Kupfer, Mineralöl, PCB, Pentachlorphenol, Quecksilber, Säuren/Basen, Teeröle, Tetrachlorethen, Thallium, Trichlorbenzol, Trichlorethan, Trichlorethen, Zink
Verarbeitung von Gummi, Kunststoffen und Asbest	Antimon, Arsen, Acrylnitril, Benzin, Benzo(a)pyren, Benzol, Blei, Cadmium, Chlorbenzol, Chrom, Cyanide, Dichlorethan, Dichlorethen, Dichlormethan, Dichlorpropan, Dinitrotoluol, Epichlorhydrin, Fluoride, Kupfer, Nitrobenzol, PAH, PCB, Phenol, Phtalate, Quecksilber, Selen, Teeröle, Tetrachlormethan, Toluol, Trichlorethen, Zink

Fortsetzung nächste Seite

Erzeugung und Verarbeitung von Leder	Arsen, Chrom, Fluoride, Kresole, Naphthalin, Pentachlorphenol, Phenol, Quecksilber, Tetrachlormethan
Speiseöle und Nahrungsfette	Benzin, Benzol, Chrom, Dichlorethan, Dichlormethan, Nickel, Säuren/Basen, Tetrachlorethen, Tetrachlormethan, Trichlorethen, Trichlormethan
Chemische Reinigungen	Benzin, Benzol, Dichlorethan, Tetrachlorethen, Trichlorethan, Trichlorethen, Trichlormethan
Schrottplätze, Aowrackplätze	Benzin, Blei, Cadmium, Chrom, Mineralöl, PCB, Tetrachlorethen, Trichlorethen, Zink
Güterbahnhöfe, Bahnbetriebswerke	Es sind viele Stoffe möglich; die Art des Betriebes und die transportierten Güter bestimmen, welche Stoffe im Einzelfall relevant sind
Flugplätze	Benzin, Benzol, Bleiakyle, Bromverbindungen, Mineralöl, Phosphatester, Tetrachlorethen, Trichlorethen
Tankstellen	Benzin, Benzol, Bleiakyle, Chlorkohlenwasserstoffe, Dieselkraftstoff, PAH, Petroleum, Schmieröle, Testbenzin, Toluol, Xylol

(Quelle: FÖRSTNER 1995, S. 300 - 301)

2.4. Akzeptoren der Umweltbelastung

„Akzeptoren sind diejenigen Umweltbereiche, die sensitive Endpunkte in der Verursacherkette darstellen - in denen sich also Umweltbelastungen der Verursacher einzeln oder in der Summe manifestieren.“ (ZIESCHANK, VAN NOU-HUYS 1995, S. 74) Als Endpunkte sollen innerhalb dieses wirkungsbezogenen Konzeptes auch temporäre Endpunkte verstanden werden, das heißt solche Belastungen, die während der Transmission belastend wirken.

Diese Akzeptoren oder Schutzgüter sind Teile von Umweltsphären. Die abiotischen Umweltsphären, wie Atmosphäre, Hydrosphäre, Lithosphäre und Pedosphäre werden im folgenden unter dem Oberbegriff „Geosphäre“ zusammengefaßt. Die Biosphäre umfaßt prinzipiell die Gesamtheit der Lebewesen und Lebensräume, jedoch soll in der vorliegenden Arbeit die Anthroposphäre aufgrund ihrer besonderen Merkmale extra herausgestellt werden.⁴⁴

Die Akzeptoren reagieren sowohl in bezug auf verschiedenen Sphären und Teilsphären, als auch in räumlicher Hinsicht unterschiedlich auf Belastungen. Diese unterschiedlichen Empfindlichkeiten gegenüber Belastungsfaktoren sind ausschlaggebend für das Auftreten und die Größenordnungen von Umweltauswirkungen. Somit ist die Empfindlichkeit der Akzeptoren ein entscheidender Aspekt für die Höhe des Umweltrisikos eines Betriebes.

⁴⁴ vgl. HABER 1993, S. 7 ff.

2.4.1. Akzeptor Atmosphäre

Emittierte Schadstoffe können über weite Strecken transportiert werden. Das Medium Luft stellt für viele Umweltchemikalien keine bleibende Schadstoffseneke dar. Trotzdem können Schadstofftransmissionen und -immissionen zu zeitweise gefährdenden Konzentrationen führen. Die Verbreitung bzw. die Konzentrationen an Luftschadstoffen ist von folgenden Faktoren abhängig (siehe Abbildung 4):

- Menge an Emissionen
- Art der Emissionen (Gase, Partikel)
- emittierende Anlage (Quellhöhe der Emissionen)
- atmosphärische Schichtung (stabil, labil, neutral)
- Windverhältnisse
- Niederschlagsverhältnisse
- Relief.

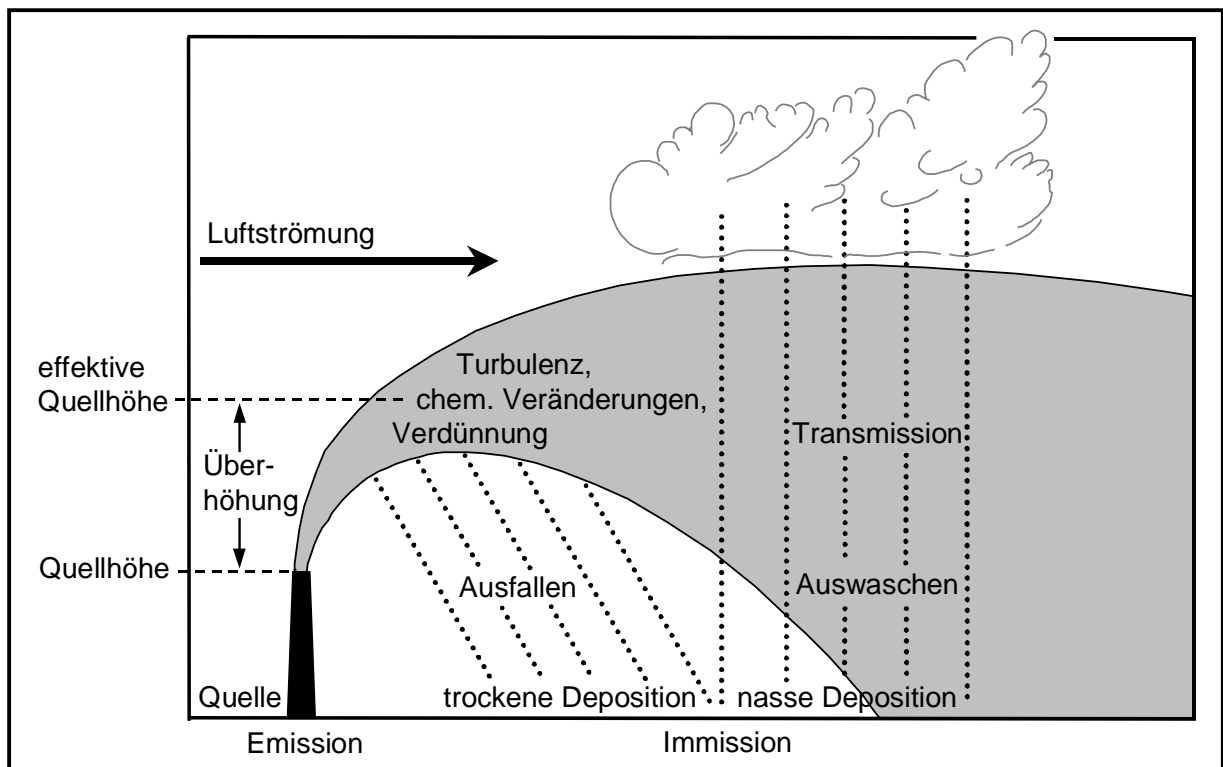


Abbildung 4: Emission-Transmission-Immission
(Quelle: SCHIRMER et al. 1989, S. 221)

„Anthropogene Emissionen von Schadstoffen in die Luft erfolgen in der Regel lokal, so daß wegen schneller Durchmischung in der Atmosphäre und kurzer Aufenthaltsdauer schädliche Immissionskonzentrationen hauptsächlich in der Nähe der Emittenten auftreten können.“ (KORTE 1992, S. 89) Zu einer lokalen Konzentration an Luftschadstoffen kommt es, wenn aufgrund der

Wetterlage weder ein vertikaler noch ein horizontaler Austausch an Luftmassen möglich ist. Daher treten bedenkliche Schadstoffanreicherungen bevorzugt bei niedrigen Windgeschwindigkeiten und stabilen oder neutralen Atmosphärenschichtungen auf.⁴⁵ Eine stabile Atmosphärenschichtung oder Inversion wirkt gegenüber aufsteigenden Luftmassen als Sperrschicht, an deren Grenze sich Schadstoffe ansammeln (siehe Abbildung 5).

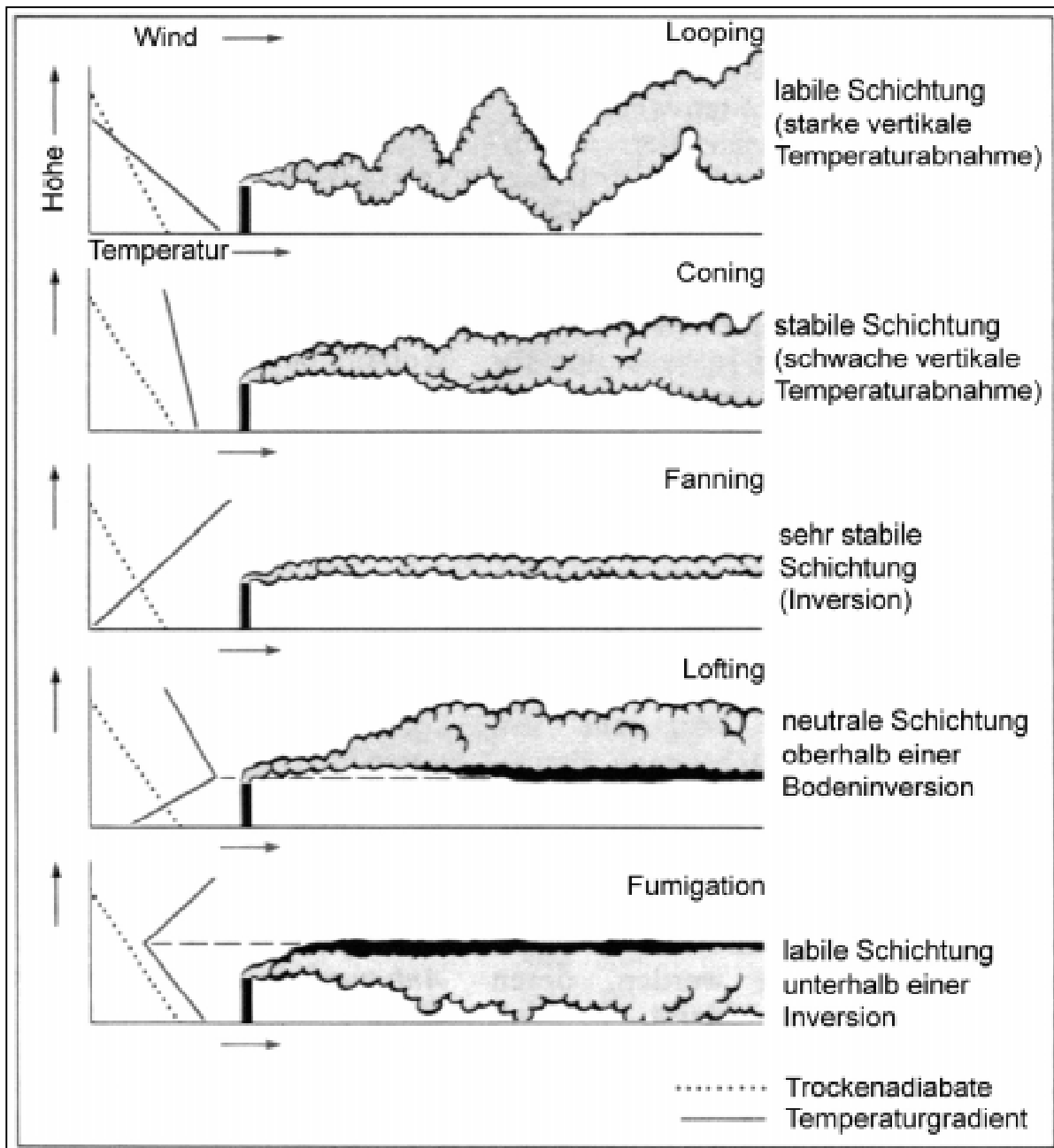


Abbildung 5: Ausbreitungstypen, Temperaturschichtung und Form der Schornsteinabluftfahnen

(Quelle: SCHIRMER et al. 1989, S. 221)

⁴⁵ vgl. VDI-KOMMISSION REINHALTUNG DER LUFT 1988, S. 64

Für die Beurteilung einer Gefährdung ist daher die lokale Häufigkeit und die Höhenlage von Inversionen von Bedeutung. Das Entstehen von Inversionen kann mehrere Ursachen haben. Im Rahmen des lokalen Umweltrisikos sind Bodeninversionen, die vor allem in Tallagen häufig auftreten, von besonderer Bedeutung. Diese können insbesondere in den Wintermonaten stark ausgeprägt und sehr persistent sein.

Eine weitere lokalklimatische Situation, die zu besonderen Gefährdungen führen kann, stellt das konzentrierte Abfließen von Kaltluft dar. „Für den Fall, daß ein Unternehmen sich in einer Kaltluftabflußbahn befindet und unterhalb des Betriebes empfindliche Nutzungen angetroffen werden, kann es dort zu erheblichen Immissionsbeeinträchtigungen kommen.“ (EIPPER 1995, S. 54)

Neben den eben geschilderten Möglichkeiten einer Schadstoffentlastung durch Delokalisierung und damit durch Verdünnung können Luftschadstoffe durch Abbau oder mediale Verlagerung aus der Luft eliminiert werden. Ein atmosphärischer Stoffabbau findet sowohl bei anorganischen als auch bei organischen Stoffen häufig über photolytische Umsetzungen statt. Als „Abfallprodukt“ solcher Umsetzungen kommt es zur Bildung von Ozon⁴⁶ und damit zur Entstehung oder Stabilisierung von photochemischem Smog (Sommersmog).

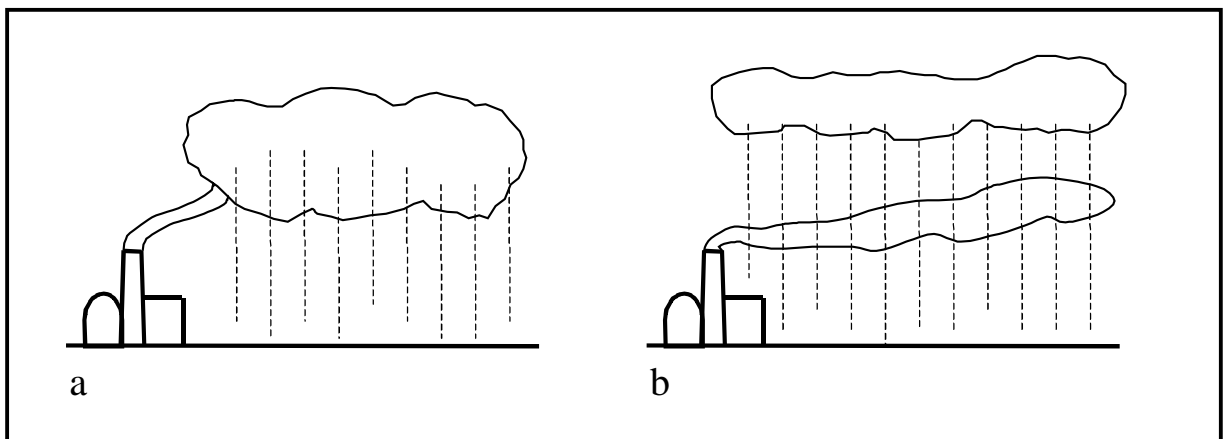


Abbildung 6: Nasse Deposition durch Rain-out (a) und Wash-out (b)
(Quelle: KOLAR 1990, S. 219)

Die Verlagerung von Luftschadstoffen in andere Umweltkompartimente geschieht über verschiedene Depositionsmechanismen. Die trockene Deposition umfaßt „die Ablagerung luftverunreinigender Stoffe an Böden, Oberflächengewässern und Pflanzen. Sie gelangen durch turbulente und molekulare Diffusion an die Oberfläche und werden dort durch Adsorption, Absorption und aktive Aufnahmen seitens der Akzeptoren abgelagert.“ (KOLAR 1990, S. 213) Unter der nassen Deposition versteht man das niederschlagsbedingte Ausscheiden

⁴⁶ vgl. BUNDESUMWELTMINISTERIUM; UMWELTBUNDESAMT 1995, S. 260

luftverunreinigender Stoffe. Dieser Vorgang kann durch Ausregnen (rain out) in den Wolkentropfen vorhandener Stoffe oder durch Auswaschen (wash out) von unterhalb der Wolke befindlichen Stoffen beim Niederschlagsereignis stattfinden⁴⁷ (siehe Abbildung 6).

Da die trockene Deposition auch während Niederschlagsereignissen vonstatten geht⁴⁸ und die nasse Deposition die größere Effektivität besitzt^{49 50}, ist insbesondere in niederschlagsreichen Gebieten mit einer höheren indirekten Belastung vor allem des Bodens und der Oberflächengewässer zu rechnen. Daher ist die Niederschlagshäufigkeit und -verteilung bei der Ausbreitungs- und Belastungsanalyse zu beachten.

Je nach Persistenz eines Stoffes gegenüber atmosphärischen Abbauprozessen und dessen klimatischer bzw. stoffspezifischer Depositionsneigung kann es zu

Tabelle 5: Atmosphärische Verweilzeiten luftfremder Stoffe

Stoff	Verweilzeit
C _n H _m	einige Tage
SO ₂	1 - 10 Tage
H ₂ S	0,5 - 2 Tage
NO	3 - 6 Tage
NO ₂	5 - 7 Tage
NH ₃	2 - 14 Tage
CO ₂	2 - 4 Jahre
CO	0,1 - 0,8 Jahre
CH ₄	1,5 - 7 Jahre
N ₂ O	4 - 10 Jahre

(Quelle: LAHMANN 1990, S. 43)

regionalen und großräumigen Anreicherungen solcher Stoffe kommen. Tabelle 5 zeigt die unterschiedlichen Verweilzeiten einiger Stoffe in der Atmosphäre. Solche Anreicherungen können zu verschiedenen regionalen und großräumigen Umwelteffekten führen. Sowohl Sommer- als auch Wintersmog sind regional auftretende Phänomene. Der Wintersmog, auch als London-Smog bekannt, ist an ungünstige meteorologische Austauschbedingungen gebunden. Als problematische Emissionen gelten neben einigen anderen SO₂ und Staub.⁵¹ Bei dem als Sommersmog oder auch Los Angeles-Smog bekannten Phänomen finden Umsetzungen unter Einfluß der Sonnenstrahlung u. a. mit Kohlenwasserstoffen (z. B. VOC) und NO_x statt. Dabei bilden sich photochemische Oxidantien, wie Ozon oder das stark toxisch wirkende PAN (Peroxiacetylnitrat).⁵²

⁴⁷ vgl. SPRANGER 1992, S. 1; KOLAR 1990, S. 213

⁴⁸ vgl. GREFEN et al. 1984, S. 176

⁴⁹ Die Effektivität ist stoffspezifisch.

⁵⁰ vgl. FRÄNZLE et al. 1989, S. 85

⁵¹ vgl. FELLEBERG 1992, S. 220; SCHIRMER et al. 1989, S. 220

⁵² vgl. FELLEBERG 1992, S. 74 f.; KORTE 1992, S. 93 f.

Atmosphärische Schadstoffanreicherungen mit globalen Auswirkungen werden im Zusammenhang mit dem anthropogenen Treibhauseffekt und der Zerstörung der stratosphärischen Ozonschicht diskutiert. Als Treibhausgase werden CO₂, CH₄, CO, NO_x, N₂O und Kohlenwasserstoffe genannt. Verantwortliche Substanzen für den Ozonabbau sind FCKW⁵³, aber auch viele der Ersatzstoffe wie FKW⁵⁴ und CKW^{55, 56}.

2.4.2. Akzeptor Pedosphäre

Der Boden nimmt eine zentrale Stellung im Ökosystem ein. FRÄNZLE et al. (1993, S. 2) bezeichnen den Boden als regulatorisches Hauptelement terrestrischer und benthischer Ökosysteme. Daher ist das Ziel der Beurteilung der Bodenempfindlichkeit die langfristige Erhaltung der Bodenfunktionen.⁵⁷ Bedingt durch die Vielzahl an Funktionen des Bodens (siehe Abbildung 7) sind in bezug auf die Bewertung mehrere Perspektiven möglich. So kann der Boden hinsichtlich seiner Schutzfunktion für weitere Umweltkompartimente (z. B. Grundwasser) bewertet werden oder aber die Beurteilung aufgrund der Definition des Bodens als eigenständiges Schutzgut⁵⁸ erfolgen. Diese Sichtweisen können zu gegensätzlichen Bewertungen führen. Wegen der zentralen ökosystemaren Bedeutung des Bodens soll dieser im folgenden als selbstständiges Schutzgut betrachtet werden.

Eine Schnellansprache im Rahmen einer Umweltrisikoprüfung kann der Beurteilung der Bodenempfindlichkeit, aufgrund der Komplexität dieses Umweltmediums, nur näherungsweise gerecht werden. Die Multifunktionalität des Bodens bedingt zusätzlich, daß nur einzelne Aspekte der „Bodenproblematik“ berücksichtigt werden können.

Im Rahmen der Umweltrisikoprüfung ist den ökologischen Bodenfunktionen (siehe Abbildung 7) die größte Bedeutung beizumessen. Unter diesen ökologischen Bodenfunktionen steht aus ökosystemarer Sicht wiederum die Regelungsfunktion im Vordergrund, da diese, aufgrund der Filter-, Puffer- und Transformatorfunktionen, die Steuerung der Stoff- und Energiekreisläufe im Boden bestimmt. Zudem steht die Regelungsfunktion in enger Beziehung zur Lebensraumfunktion.⁵⁹

⁵³ FCKW = Fluor-Chlor-Kohlenwasserstoffe

⁵⁴ FKW = Fluor-Kohlenwasserstoffe

⁵⁵ CKW = Chlor-Kohlenwasserstoffe

⁵⁶ vgl. BUNDESUMWELTMINISTERIUM, UMWELTBUNDESAMT 1995, S. 114

⁵⁷ vgl. HABERLAND 1992, S. 298

⁵⁸ LASSONCZYK, GRUPE (1993, S. 133) weisen daraufhin, daß der Boden gerade bei Umweltaudits als selbstständiges Schutzgut zu behandeln ist.

⁵⁹ vgl. FRÄNZLE et al. 1993, S. 5

Durch das Porensystem des Bodens werden partikuläre und kolloidale Stoffe herausgefiltert. Die Filterfunktion basiert daher auf mechanischer Rückhaltung. Die Pufferfunktion umfaßt verschiedene Möglichkeiten gelöste Stoffe zu binden:⁶⁰

- Sorption an mineralischen und organischen Bodenpartikeln
- chemische Fällung
- Einschluß von Stoffen in das Kristallgitter
- Inkorporation von Stoffen in Bodenorganismen
- Säureneutralisation durch verschiedene Puffersysteme.

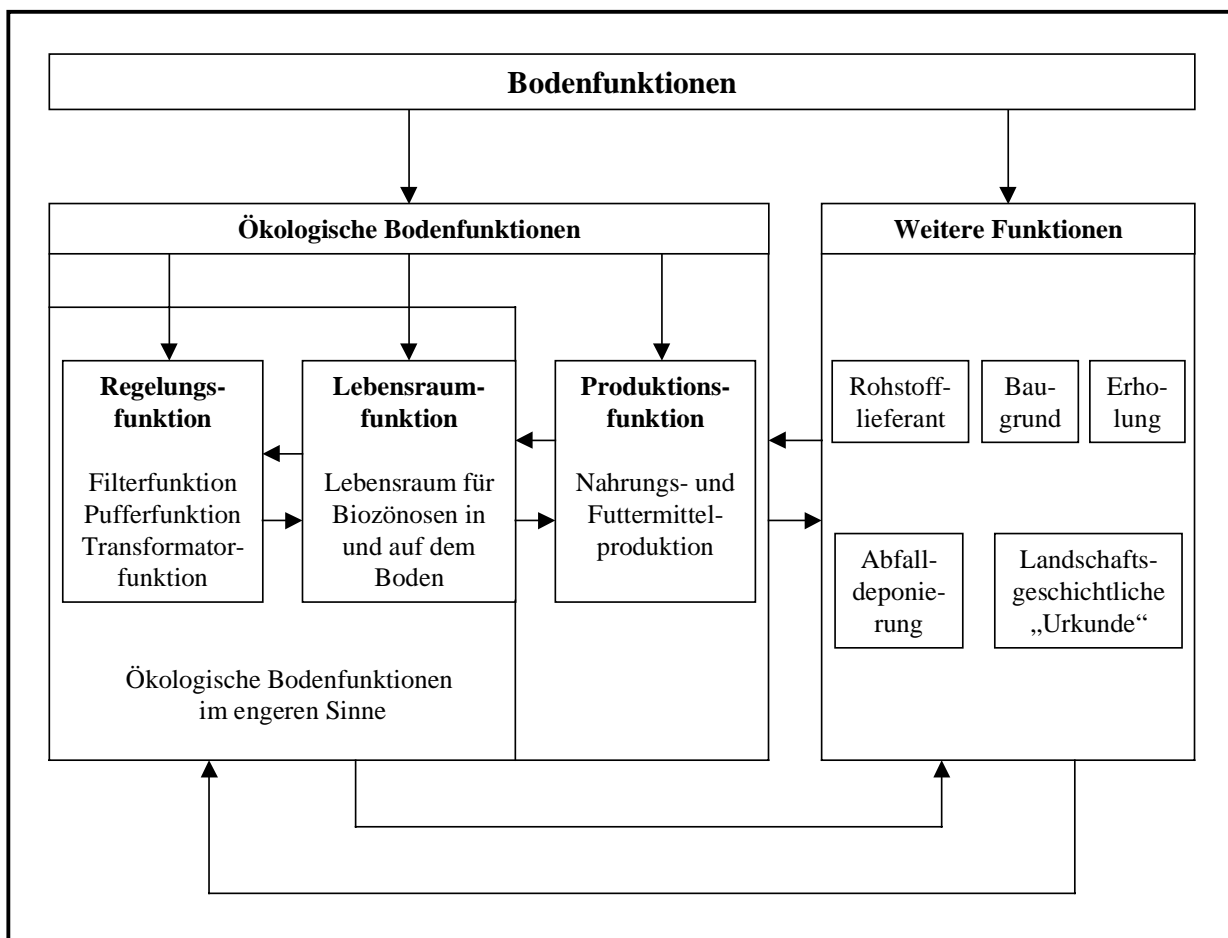


Abbildung 7: Funktionen der Böden
(Quelle: FRÄNZLE et al. 1993, S. 6)

Die Transformatorfunktion beinhaltet die Fähigkeit des Bodens, Stoffe abzubauen oder umzuwandeln. Dies geschieht u. a. durch:

- Umsetzungen durch Bodenorganismen
- chemische Reaktionen
- photochemische Reaktionen an der Bodenoberfläche.

⁶⁰ vgl. FRÄNZLE et al. 1993, S. 9; SCHEFFER, SCHACHTSCHABEL 1992, S. 306 f.

Die Belastung des Bodens mit Umweltchemikalien erfolgt im wesentlichen durch direktes Einbringen der gefährdenden Stoffe, wie beispielsweise durch Leckagen oder auf indirektem Wege, wie z. B. durch atmosphärische Immissionen. Weitere Belastungen sind durch die Wechselwirkungen mit den Umweltsphären gegeben.

Die physikalischen, chemischen und biologischen Eigenschaften der Böden sowie die Eigenschaften der Umweltchemikalien sind die Steuergrößen für das Verhalten von Schadstoffen im Boden (siehe Abbildung 9). Um das Schadstoffverhalten im Boden näherungsweise zu bestimmen, ist die Erhebung vieler Parameter notwendig. Da dies im Rahmen einer Umweltrisikoprüfung nicht praxisrelevant ist, ist auch hier der Rückgriff auf Indikatorgrößen notwendig.

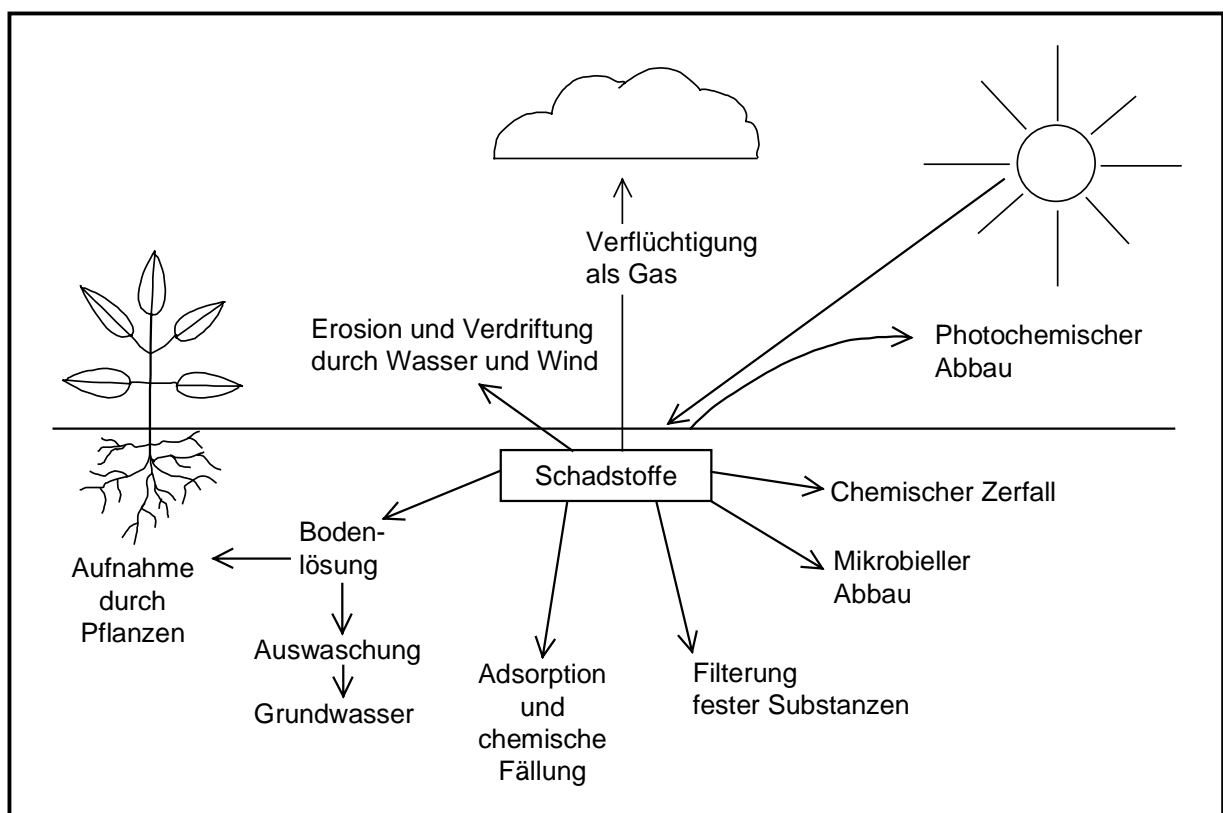


Abbildung 8: Verhalten von Schadstoffen im Boden
(Quelle: SCHEFFER, SCHACHTSCHABEL 1992, S. 307)

Die Bewertung erfolgt im Hinblick auf die Neigung eines Bodens Schadstoffe anzureichern. Daher müssen Indikatoren ausgewiesen werden, die geeignet sind Aussagen bezüglich des Retentionsvermögens von Böden zu treffen. Als Mindestparameterumfang für eine ökosystemare Bewertung von stofflichen Bodenbelastungen nennen FRÄNZLE et al. (1993, S. 37) die Bodenart, den Gehalt an organischer Substanz (Humus) und die Bodenreaktion. Es ist davon auszugehen, daß Böden mit hohen Gehalten an organischer Substanz, Ton und auch Sesquioxiden (Fe-, Al- und Mn-Oxide) eine hohe Pufferkapazität gegen-

über Schadstoffen aufweisen.⁶¹ Die Anreicherungsprozesse finden in Abhängigkeit des Schadstoffes statt. So werden beispielsweise organische Schadstoffe vorwiegend an der organischen Bodensubstanz adsorbiert.⁶²

Die Akkumulation von Schadstoffen hängt neben dem Retentionsvermögen auch von der Leistungsfähigkeit der Transformatorfunktion eines Bodens ab. Da aber sehr persistente Schadstoffe nicht ausgeschlossen werden können, geht das Transformatorvermögen nicht in die Beurteilung mit ein. Zudem beruht das Transformatorvermögen u. a. auf mikrobiellen Umsetzungen, welche unter Umständen durch eingebrachte Schadstoffe an Aktivität einbüßen.

Umweltauswirkungen durch Schadstoffe sind nur dann möglich, wenn diese in ökotoxischer, das heißt in nicht gebundener Form vorliegen. „Da die gebundenen Chemikalienrückstände im Boden während des langfristigen mikrobiellen Ab- und Umbaus der Huminstoffe in kleinen Mengen kontinuierlich wieder freigesetzt und damit für Pflanzen bioverfügbar gemacht werden, müssen sie aufmerksam fortlaufend beobachtet werden. Solange sie nicht mineralisiert oder sonstwie in den natürlichen Kohlenstoffkreislauf eingegangen sind, sind sie weiterhin als Umweltchemikalien zu betrachten.“ (KORTE 1992, S. 103) Besondere Beachtung ist damit allen Vorgängen zu schenken, die zur Mobilisierung von Schadstoffen führen können. In diesem Zusammenhang sei u. a. der mögliche Einsatz von Lösevermittlern (z. B. Tenside) erwähnt, wie z. B. durch das Aufbringen von Bioziden⁶³ auf benachbarte landwirtschaftliche Nutzflächen oder eine Mobilisierung von Schwermetallen aufgrund einer Änderung der Bodenreaktion durch die Deposition von Säuren und Säurebildnern.

Physikalische Bodenbelastungen werden im Rahmen der betrieblichen Tätigkeit verursacht durch:⁶⁴

- Störung des „gewachsenen“ Bodens (Ausbaggern, Auffüllen, etc.)
- Bodenverdichtung (Befahren mit schwerem Gerät, etc.)
- Bodenversiegelung (Verkehrswege, Lagerflächen, Gebäude)
- Erosion in hängigem Gelände (Entfernen von Vegetation, Störung der natürlichen Bodenlagerung, etc.).

Alle diese physikalischen Bodenbelastungen stören die eigentlichen ökosystemaren Bodenfunktionen. Die Beurteilung von physikalischen Bodenbelastungen besitzt ein hohes Konfliktpotential. Mechanische und physikalische Bodenbelastungen sind - abgesehen von Erosionserscheinungen - absichtlich durchgeführte, geplante Maßnahmen und wohl nur dann zu vermeiden, wenn

⁶¹ vgl. SCHEFFER, SCHACHTSCHABEL 1992, S. 306; FRÄNZLE et al. 1989, S. 117f.; WIETING, HAMM 1988, S. 237

⁶² vgl. SCHEFFER, SCHACHTSCHABEL 1992, S. 336; WIETING, HAMM 1988, S. 245

⁶³ Biozide: Pflanzenschutzmittel, Unkrautbekämpfungsmittel

⁶⁴ vgl. LASSONCZYK, GRUPE 1993, S. 135 f.

keine Tätigkeit ausgeübt, also nicht produziert wird. Im Falle einer Produktion bleibt also nur die Wahl zwischen geringer „schädlichen“ Alternativen. Am Beispiel der Flächenversiegelung ergibt sich hieraus wiederum ein perspektivisches Problem: Durch die Bodenversiegelung wird der Oberflächenabfluß erhöht und damit die Infiltrationsrate sowie die Grundwasserneubildung herabgesetzt. Gleichzeitig bietet ein versiegelter Boden aber Schutz bezüglich Boden- und Grundwasserkontaminationen beim Umgang mit umweltrelevanten Substanzen.

Böden sind regional und großräumig durch luftverfrachtete Schadstoffe gefährdet. Hierbei ist die anthropogen gesteigerte Versauerung vor allem durch Schwefeldioxid (SO₂), Stickoxide (NO_x), Ammoniak (NH₃), Salzsäure (HCl) und Flußsäure (HF) zu nennen.⁶⁵ Neben der direkten Säurebelastung wirken sich sekundäre Effekte wie die Schwermetallmobilisierung, die Aluminiumtoxizität oder auch die Tonmineralzerstörung negativ aus.

2.4.3. Akzeptor Hydrosphäre

Die Hydrosphäre teilt sich in Grundwasser und Gewässer auf.⁶⁶ Unter Gewässer sind Meere und Binnengewässer zu verstehen, also Salz- und Süßwasser. Da Salz- und Süßwasser bezüglich Belastungen verschieden reagieren, ist die gemeinschaftliche Beurteilung nicht möglich. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wird ausschließlich der betrieblichen Belastung von Süßwasser Rechnung getragen, da dies aufgrund topologischer Beziehungen größere Relevanz besitzt.

2.4.3.1. Akzeptor Grundwasser

Die Bedeutung des Schutzgutes Grundwasser leitet sich zum einen aus den geo- und ökosystemaren Funktionen ab, andererseits aus dem anthropogenen Nutzungsanspruch bei der Verwendung von Grundwasser als Trinkwasser. Grundwasserbelastungen sind meist sehr problematisch, da diese häufig schlecht erkennbar, schwierig zu lokalisieren und sehr dauerhaft sind.⁶⁷

Eine wichtige Belastungsquelle ist der Eintrag von Umweltchemikalien über den Bodenpfad. Dabei kann zwischen Punktquellen, wie sie beispielsweise bei Leckageverlusten vorliegen und Flächenquellen, z. B. in Form atmosphärischer Depositionen, unterschieden werden. Die Gefahr einer Grundwasserbeeinträchtigung durch Schadstoffe hängt dabei von den Stoffeigenschaften, den standort-

⁶⁵ vgl. BUNDESUMWELTMINISTERIUM, UMWELTBUNDESAMT 1995, S. 114

⁶⁶ Diese Einteilung erfolgt unter Mißachtung der Kryosphäre, welche aber im betrachteten klimatischen Raum nicht ins Gewicht fällt.

⁶⁷ vgl. WILHELM 1993, S. 191

spezifischen Ausbreitungsmöglichkeiten und konzentrationsvermindernden Prozessen ab.⁶⁸ Hierbei ist sowohl die Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung, als auch die Ausbreitungsmöglichkeit im Grundwasser selbst in die Betrachtung miteinzubeziehen.

Die Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung wird anhand der Verweildauer des Sickerwassers in der ungesättigten Zone eingestuft. Je länger die Untergrundpassage andauert, desto länger können Filter-, Puffer- und Transformatorprozesse wirksam werden und somit zu einer Immobilisierung, einem Ab- oder Umbau von Umweltchemikalien führen.⁶⁹ Die Verweilzeit des Sickerwassers hängt von folgenden Standortfaktoren ab:⁷⁰

- Boden (physikalische, chemische, biologische Ausstattung)
- Deckschichten (Mächtigkeit, Beschaffenheit)
- Grundwasserneubildung (Niederschlag, Evapotranspiration)
- Grundwasserspiegel (Flurabstand, Schwankungen).

Die Funktion des Bodens als Grundwasserschutzschicht ist in Kapitel 2.4.2. erwähnt worden, wobei hinzuzufügen ist, daß das Retentionsvermögen der Böden zeitlichen Schwankungen unterliegt. So nimmt beispielsweise die je nach Jahreszeit unterschiedliche Menge an Sickerwasser wesentlichen Einfluß auf die Boden- und Untergrundverhältnisse und auf die Verweildauer der Stoffe. Auch ist zu beachten, daß das Rückhaltevermögen der Böden häufig nur eine zeitliche Verzögerung der Schadstofffreisetzung also eine Retardation im eigentlichen Sinne darstellt.

Die Schutzfunktion der Grundwasserdeckschichten unterhalb der Bodenzone wird anhand der Durchlässigkeit und der Kationenaustauschkapazität bestimmt. Letzteres ist im wesentlichen für Lockergesteine anzuwenden, da bei Festgesteinen die Kationenaustauschkapazität aufgrund der geringen reaktiven Oberfläche zu vernachlässigen sein dürfte.⁷¹ Die Einstufung der Durchlässigkeit von Lockergesteinen erfolgt anhand der jeweiligen Durchlässigkeitsbeiwerte. Dadurch können Aussagen bezüglich der Zeit, die der Schadstoff beim vertikalen Transport mit dem Sickerwasser benötigt, getroffen werden.⁷² Folgende Richtwerte werden angesetzt:⁷³

⁶⁸ vgl. PÖPPELBAUM et al. 1989, S. 44 f.

⁶⁹ vgl. HÖLTING et al. 1995, S. 8; WIETING, HAMM 1988, S. 239

⁷⁰ vgl. MILDE, MILDE 1988, S. 199

⁷¹ vgl. HÖLTING et al. 1995, S. 10; vgl. auch RUPPERT 1992, S. 63

⁷² Diese Aussage hat nur für solche Schadstoffe Gültigkeit, welche mit dem Sickerwasser verlagert werden. Die Stoffgruppe der CKW ist z. B. zusätzlich in der Lage durch Diffusionsprozesse einen Grundwassernichtleiter zu durchdringen.

⁷³ vgl. OSTERKAMP 1991, S. 153

- Gesteine mit Durchlässigkeitsbeiwert $k_f > 10^{-5}$ gut durchlässig
- Gesteine mit Durchlässigkeitsbeiwert $k_f 10^{-5} - 10^{-9}$ schlecht durchlässig
- Gesteine mit Durchlässigkeitsbeiwert $k_f < 10^{-9}$ „undurchlässig“.

Festgesteine weisen im allgemeinen eine sehr geringe Gesteinsdurchlässigkeit auf. Da sich bei Festgesteinen die Wasserbewegung im wesentlichen über Klüfte bzw. Karsthohlräume vollzieht, ist eine Einstufung anhand der strukturellen Beschaffenheit der Gesteine vorzunehmen.⁷⁴

Die Grundwasserneubildungsrate dient als wichtige Kenngröße zur Interpretation des Bodens und den darunterliegenden Deckschichten. Nach KUHNT (1987, S. 117) ist der „Fluß von Umweltchemikalien durch das System Vegetation/Boden eng mit der Wasserbewegung verknüpft, was nicht in jedem Fall bedeutet, daß der Stoff in gelöster oder suspendierter Form vorliegen muß.“ Neben dem Transport von Schadstoffen kann das Sickerwasser auch durch Lösung von Feststoffen oder Gasen zu einer Erhöhung der Schadstofffracht beitragen.⁷⁵ Es ist jedoch zu bedenken, daß flüssige Schadstoffe durch eigenständiges Fließen und Diffusionsprozesse ins Grundwasser gelangen können.

Die Tiefenlage des Grundwasserspiegels nimmt ebenfalls Einfluß auf die Verweilzeit des Sickerwassers im Untergrund. Die Sickerwasserstrecke ist damit eine Kenngröße zur Beurteilung der Wirksamkeit der migrationsverzögernden und schadstoffverringenden Prozesse.

Bei der Beurteilung der Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung ist zu beachten, daß eine Schadstoffverminderung sowohl auf regenerativen als auch auf konsumptiven Faktoren⁷⁶ beruht. Das bedeutet, daß bei entsprechender Vorbelastung, bei starkem und andauerndem Eintrag von Schadstoffen die konsumptiven Prozesse nicht mehr wirksam sind und somit nur noch die regenerativen Prozesse zur Schadstoffreduzierung beitragen.⁷⁷

Die Charakterisierung des Grundwasserleiters (Poren-, Kluft- und Karstgrundwasserleiter) dient der Abschätzung des Ausbreitungsverhaltens von Schadstoffen im Grundwasser.⁷⁸ Je rascher und intensiver sich eine Verunreinigung des Grundwassers ausbreiten kann, desto geringer sind die Möglich-

⁷⁴ vgl. HÖLTING 1995, S. 9 f., 13

⁷⁵ vgl. BEIRAT BEIM BUNDESMINISTER FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT LTwS 1991b, S. 6

⁷⁶ regenerative Prozesse sind z. B. biologischer Abbau oder chemische Oxidation; konsumptive Faktoren sind u. a. Ionenaustausch oder Adsorption von persistenten Stoffen an die feste Matrix (vgl. SCHMIDT 1988, S. 183)

⁷⁷ vgl. SCHMIDT 1988, S. 183; HÖLTING et al. 1995, S. 10

⁷⁸ vgl. PÖPPELBAUM et al. 1989, S. 53; MILDE, MILDE 1988, S. 199

keiten durch Schutz- und Sanierungsmaßnahmen das Schadenspotential zu begrenzen.⁷⁹

Bezüglich Verunreinigungen durch Säuren ist neben den Bodenpuffersystemen die Pufferung durch das Grundwasser selbst zu beachten. So weist Wasser mit höheren Carbonatgehalten größere Pufferkapazitäten auf, als solches mit geringeren.⁸⁰ Da dieser Aspekt nur für eine Schadstoffgruppe zutrifft, ist eine Einbeziehung nur im Einzelfall möglich.

Physikalische Grundwasserbelastungen können durch Entnahme oder Anreicherung von Grundwasser auftreten. Temperaturänderungen oder Verdünnungseffekte führen zu Änderungen der Wasserbeschaffenheit. Eine Erhöhung bzw. Erniedrigung des Grundwasserstandes stellt einen Eingriff in den Wasserhaushalt dar und kann, je nach Empfindlichkeit, eine nachhaltige Veränderung von Biotopen mit sich bringen.

2.4.3.2. Akzeptor Gewässer

Während ein Unternehmen zu den Umweltmedien Boden, Grundwasser und Luft immer in nachbarschaftlicher Beziehung steht, ist dies bei Gewässern nicht zwingend. Der Einfluß eines Betriebes auf ein Oberflächengewässer kann folgende Formen annehmen:

- Störfallpotential bei direkter Nachbarschaft (umweltrelevante Stoffe können direkt oder beispielsweise mit dem Löschwasser ins Gewässer gelangen)
- Einschwemmung von Schadstoffen durch Oberflächenabfluß⁸¹
- Einleitung von Abwasser
- indirekte/mediale Belastungen (z. B. über das Grundwasser)
- Wärmebelastung.

Die stoffliche Belastung von Gewässern nimmt z. T. beträchtliche Ausmaße an und ist daher von großer Bedeutung. Mechanische und energetische Belastungen können ebenfalls gravierende Auswirkungen mit sich bringen.

Die komplexen Sachverhalte, die bei der Empfindlichkeitsbeurteilung von Gewässern in Betracht zu ziehen sind, bedingen im Rahmen einer Schnellansprache die Anwendung von aussagekräftigen und mit praktikablem Aufwand erfaßbaren Indikatorgrößen. Um ein Fließgewässer hinsichtlich der Empfind-

⁷⁹ vgl. BEIRAT BEIM BUNDESMINISTER FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT LTwS 1991b, S. 12; ZIPFEL 1988, S. 103

⁸⁰ vgl. WIETING, HAMM 1988, S. 244; SIGG, STUMM 1991, S. 11 ff.

⁸¹ vgl. KROISS 1991, S. 144; MINISTERIUM FÜR UMWELT BADEN-WÜRTTEMBERG 1988, S. 38

lichkeit gegenüber Belastungen zu charakterisieren, sollten mindestens folgende Aspekte berücksichtigt werden:⁸²

- Wasserqualität
- physiognomischer Gewässerzustand
- Durchmischungscharakteristik.

Zur Beurteilung der Wasserqualität wird die Gewässergüteklassifizierung nach Kolkwitz und Marsson⁸³ herangezogen (siehe Tabelle 6). Der Verunreinigungsgrad eines Gewässers wird dabei anhand charakteristischer Leitorganismen (Saprobien) eingestuft. Ein weiteres verbreitetes System (nach Liebmann) beurteilt die Gewässergüte anhand chemisch-biologischer Kriterien, wie dem Sauerstoffgehalt und dem bakteriologischen Befund.⁸⁴

Es ist jedoch anzumerken, daß die Gewässergüteklassifizierung vielfach kritisiert wird. Ein wichtiges Argument ist, daß der Saprobienindex nur zur Beurteilung von leicht abbaubaren organischen Stoffen geeignet ist, welche durch die Reinigungsleistung der Kläranlagen vielfach nicht mehr relevant sind. Auch treten Probleme bei der Beurteilung vor allem der „mittleren“ Gewässergüteklassen (II und II - III) auf. Die Beurteilung extremer Gewässergütesituationen hingegen ist meist unproblematisch.⁸⁵

Der physiognomische Gewässerzustand beschreibt die Naturnähe und somit auch den Einfluß mechanischer Störgrößen auf ein Gewässer. Für Fließgewässer ist hierbei die Ausbaustufe von entscheidender Bedeutung. Ein kanalartig ausgebautes Fließgewässer wirkt besiedlungsfeindlich auf Organismen, da diese u. a. aufgrund der veränderten Sohlenrauigkeit einem verstärktem hydraulischen Streß ausgesetzt sind.⁸⁶ Eine verminderte Ansiedlung von Organismen bedeutet eine geringere Selbstreinigungsfähigkeit des Gewässers.

Die Durchmischungscharakteristik beschreibt ein Gewässer hinsichtlich dessen Fähigkeit, Schadstoffe abführen zu können. Die notwendigen Kenndaten liegen bei Fließgewässern in Form der Abflußhauptwerte vor. Zur Ermittlung der maximalen Belastung ist hierbei das Verhältnis von eingeleiteten Schad-

⁸² KERN (1994, S. 153) gibt u. a. folgende Kriterien für eine Gewässerbewertung an: Naturnähe, Vollkommenheit (systemtypische Strukturvielfalt und Biozönosen), Stabilität (Empfindlichkeit gegenüber Belastungen), Wiederherstellbarkeit (Regenerationspotential), Schutzfunktionen (Erosions-, Klima-, Wasserschutzfunktion), Seltenheit und Gefährdung; siehe auch BAUER 1992; ROSE 1990; ROSE 1992

⁸³ Die Gewässergütekarten der Länder beziehen sich auf diese Klassifizierung.

⁸⁴ vgl. FÖRSTNER 1995, S. 201

⁸⁵ vgl. BUCKSTEEG 1993, S. 18; MOOG 1991, S. 255

⁸⁶ vgl. FRIEDRICH 1988, S. 441

stoffen mit dem Abwasser zum mittleren Niedrigwasserabfluß (MNQ) von Interesse.⁸⁷

Energetische Störgrößen in Form von Abwärme haben massiven Einfluß auf die Gewässer. Höhere Temperaturen bedeuten einen Rückgang von gelöstem Sauerstoff im Wasser, bei gleichzeitig steigenden biogenen Umsetzungen. Die Verschiebung von aeroben zu anaeroben Verhältnissen im Wasser kann bei anhaltend erhöhten Temperaturen die Folge sein. „Die Belastbarkeit der Gewässer ist danach vor allem durch die Niedrigwasserzeiten, in denen die anfallenden Abwärme das wenige Wasser sehr stark aufheizt, limitiert.“ (WILHELM 1993, S. 175)

Tabelle 6: Gütegliederung von Fließgewässern

Güteklasse	organische Belastung	Saprobienindex	Kennzeichnung
I	unbelastet bis sehr gering belastet	1,0 - < 1,5	Wasser kaum verunreinigt; vollendete Oxidation, Mineralisation; Wasser klar und O ₂ -reich
I - II	gering belastet	1,5 - < 1,8	
II	mäßig belastet	1,8 - < 2,3	Wasser mäßig verunreinigt; Prozeß der fortschreitenden Oxidation bzw. Mineralisation; O ₂ -Zehrung gering
II - III	kritisch belastet	2,3 - < 2,7	
III	stark verschmutzt	2,7 - < 3,2	Wasser stark verunreinigt; starke Oxidationsprozesse; Vorherrschen von bei Abbau entstehenden Aminosäuren; O ₂ -Gehalt höher (vor allem bei Tage), nachts Abnahme
III - IV	sehr stark verschmutzt	3,2 - < 3,5	
IV	übermäßig stark verschmutzt	3,5 - 4,0	Wasser außerordentlich stark verunreinigt; starke O ₂ -Zehrung; vorwiegendes Auftreten von Fäulnisprozessen durch Reduktion und Spaltung; Bildung von H ₂ S; hoher Gehalt an organischen Stoffen; reiche Sedimentation

(Quelle: BARNDT et al. 1989, S. 27)

Eine - wesentlich arbeitsaufwendigere - Alternative zu den oben genannten Beurteilungsparametern ist die Analyse von intakten Gewässerbiozönosen. Den Einwand, den BÖTTGER (1986, S. 78 ff.) gegen die ausschließliche Betrachtung

⁸⁷ vgl. FISCHER 1983, S. 129

tung von Wasserqualität und naturnahen Biotopstrukturen ausführt, ist, daß naturnahe Biotopstrukturen und eine hohe Wasserqualität „lediglich die Voraussetzungen für die Existenz intakter Fließgewässer-Biozönosen bilden. Die tatsächliche Existenz ist damit noch nicht erwiesen.“ (BÖTTGER 1986, S. 79)

Eine direkte Nachbarschaft eines Betriebes zu einem stehenden Gewässer ist zwar seltener als die zu einem Fließgewässer, kann regional aber große Bedeutung aufweisen. Belastungen stehender Gewässer sind in der Regel nachhaltiger als bei Fließgewässern. Grund dafür sind u. a. die langen Aufenthaltszeiten des Wassers, wodurch auch die Reaktionszeiten auf Schadstoffentlastungen verlangsamt werden.⁸⁸

Der Belastungszustand von Seen wird mittels der Trophiestufe⁸⁹ charakterisiert. Analog zur Saprobie läßt die Trophiestufe nur Aussagen bezüglich der abbaubaren organischen Substanz zu. Der Trophiezustand wird anhand des Gesamtphosphorgehaltes (P_{tot}) im Wasser bestimmt. Folgende Einstufungen werden vorgenommen:⁹⁰

- ultra-oligotroph → $P_{\text{tot}} < 5 \mu\text{g/l}$
- oligotroph → $P_{\text{tot}} 5 - 10 \mu\text{g/l}$
- mesotroph → $P_{\text{tot}} 10 - 30 \mu\text{g/l}$
- eutroph → $P_{\text{tot}} 30 - 100 \mu\text{g/l}$
- hypereutroph → $P_{\text{tot}} > 100 \mu\text{g/l}$.

Der natürliche Trophiezustand eines Sees hängt von der geochemischen, morphometrischen und hydraulischen Situation im Einzugsgebiet sowie dem atmosphärischen Eintrag ab.⁹¹ Anhand des natürlichen bzw. des anthropogen veränderten Trophiezustandes kann auf die Empfindlichkeit des Gewässers geschlossen werden. Im Zusammenhang mit der anthropogen bedingten Eutrophierung werden vor allem die Einleitung von stickstoff- und phosphathaltigen sowie von organischen Substanzen als auslösende Faktoren genannt.⁹² Als Auswirkung der Eutrophierung wird u. a. der Verlust ökologisch anspruchsvoller, häufig gefährdeter Arten von Wasserpflanzen, Bodentieren und Fischen angegeben. Auch die Schädigung bzw. der Rückgang des als Nährstofffilter fungierenden Uferbewuchses wird als Folge der Eutrophierung betrachtet.⁹³ Die Bedeutung der Uferzone in bezug auf die Bindung eutrophierend wirkender

⁸⁸ vgl. SCHWOERBEL 1987, S. 210 f.

⁸⁹ Die Trophie beschreibt die Umsetzung von Biomasse durch autotrophe Organismen und kann daher nicht mit der Saprobie, welche den Umsatz mit heterotrophen Organismen kennzeichnet, verglichen werden. (vgl. LAMPERT, SOMMER 1993, S. 401)

⁹⁰ vgl. LAMPERT, SOMMER 1993, S. 375

⁹¹ vgl. SCHWOERBEL 1987, S. 210

⁹² vgl. KORTE 1992, S. 96

⁹³ vgl. SCHIEMER 1991, S. 166

Nährstoffe ist abhängig vom Flächenanteil der bewachsenen Uferzone an der Gesamtfläche des Gewässers. Bei größeren, tieferen Seen, in welchen pelagische Prozesse dominieren, ist die selbstreinigende Wirkung des Uferbewuchses gering.⁹⁴

2.4.4. Akzeptor Biosphäre

Biotope sind Teile der Biosphäre und stellen Lebensräume von Gemeinschaften aus Pflanzen und Tieren mit den charakteristischen Milieubedingungen dar.⁹⁵ Innerhalb der Umweltrisikobetrachtung ist die Schutzwürdigkeit besonderer Biotope und Landschaften ein geeignetes Bewertungskriterium. Indikatoren hierfür können sein:

- Seltenheit der Lebensgemeinschaft
- Naturnähe
- Artenvielfalt
- Vorkommen besonders schützenswerter Arten
- besondere oder wichtige Biotopfunktionen.

Die Belastungen, die von einem Betrieb auf die Biosphäre einwirken können, sind in den vorangegangenen Kapiteln bereits genannt worden. Eine Bewertung der Schutzwürdigkeit kann anhand verschiedener Methoden⁹⁶ vorgenommen werden. Möglichkeiten der Abstufung im Rahmen einer Schnellansprache sind durch den Grad der anthropogenen Überprägung oder die Abstufung nach dem Naturschutzgesetz⁹⁷ gegeben.

2.4.5. Akzeptor Anthroposphäre

Die Anthroposphäre besitzt seit je her einen hohen Schutzstatus. Der Mensch kann direkt durch Umweltbelastungen betroffen sein (z. B. Immissionen) oder aber indirekt über die Auswirkungen der einzelnen vorgestellten Sphären und deren Wechselwirkungen. Als Endglied der Nahrungskette⁹⁸ stellt der Mensch vor allem mit seinen Risikogruppen einen besonders empfindlichen Akzeptor dar.

Ein Hinweis auf die Art und das Ausmaß der Beeinträchtigung der Anthroposphäre durch ein Unternehmen gibt die umliegende anthropogene Nutzung.

⁹⁴ vgl. BAUER 1985, S. 462; SCHIEMER 1991, S. 167, 171

⁹⁵ vgl. KORTE 1992, S. 343

⁹⁶ vgl. FISCHER 1983, S. 102 ff.

⁹⁷ vgl. EIPPER 1995, S. 55

⁹⁸ vgl. RUDOLPH, BOJE 1986, S. 40

Hierbei kann auf die Einteilung der Baunutzungsverordnung (BauNVO) Bezug genommen werden, in der Nutzungskategorien unterschiedlicher Empfindlichkeit enthalten sind.⁹⁹

2.5. Wechselwirkungen der betrachteten Umweltsphären

Die direkten und einige indirekte (mediale) Belastungspfade sind bei der Betrachtung der einzelnen Umweltsphären bzw. Umweltkompartimente behandelt worden. Aufgrund der vielfältigen Austauschbeziehungen der Umweltsphären untereinander existieren weitere Belastungsmöglichkeiten, die als schematische Übersicht in Tabelle 7 wiedergegeben sind. Die Ausprägung dieser zusätzlichen Belastungsmöglichkeiten hängt von den jeweiligen standörtlichen Gegebenheiten ab.

Tabelle 7: Matrix der stofflichen Austausch-/Einwirkungsbeziehungen zwischen den Umweltsphären¹⁰⁰

	Boden	Grundwasser	Gewässer	Klima / Luft	Biosphäre	Anthroposphäre
Boden	direkte Auswirkungen, direkter Austausch	Verlagerung von Schadstoffen	Schadstoffeintrag durch Überflutung oder Erosion	Ausgasung von Schadstoffen	Schadstoffaufnahme	Schadstoffaufnahme
Grundwasser	Schadstoffeintrag durch Grundwasserspiegelschwankungen oder kapillaren Aufstieg	direkter Austausch	Abfluß in Oberflächengewässer	Austausch über Bodenpfad	Grundwassereinfluß auf die Standortausprägung	Grundwasser- bzw. Trinkwassernutzung
Gewässer	Schadstoffeintrag durch Überflutung	Schadstoffeintrag durch Seihwasser	direkter Austausch	Ausgasung bzw. Verdunstung von Schadstoffen	direkte Auswirkungen	direkte Auswirkungen
Klima/ Luft	Schadstoffdeposition	Austausch über Bodenpfad	Schadstoffdeposition	direkter Austausch	direkte Auswirkungen	direkte Auswirkungen

⁹⁹ vgl. EIPPER 1995, S. 56

¹⁰⁰ vgl. auch EIPPER 1995, S. 129

3. Prämissen zur Beurteilung von Umweltrisiken

An die Bewertung von Umweltrisiken werden verschiedene Ansprüche gestellt. Im folgenden soll nun geklärt werden, welchen Anforderungen eine Bewertung gerecht werden muß und welche Voraussetzungen dazu nötig sind. Das Bewußtsein um diese Voraussetzungen und Anforderungen ist ein wichtiges, häufig unterschätztes Kriterium zur Bewertung und der Interpretation der Ergebnisse.

3.1. Grundlegende subjektive Elemente von Umweltbewertungen

Eine Bewertung enthält definitionsgemäß normative Elemente und kann daher nicht objektiv sein,¹⁰¹ auch wenn gerade in Umweltdebatten immer wieder die Forderung nach objektiven Bewertungen aufkommt. Um die Ergebnisse einer Bewertung glaubhaft interpretieren zu können, müssen die subjektiven Kriterien klar herausgestellt werden. Daher sollen verschiedene subjektive Einflüsse, die grundlegend für jede Bewertung sind, erläutert werden.

Die Bewertung eines komplexen Sachverhaltes, wie beispielsweise die Bewertung von Umweltrisiken, umfaßt viele einzelne Bewertungen. Während eine abschließende Bewertung, als bewußte Bewertung aufzufassen ist, sind im Laufe des Bewertungsprozesses einige Teilbewertungen vorgeschaltet, die eventuell vom Bewertenden nicht direkt als solche empfunden werden. Bereits die Definition der Schutzgüter beinhaltet subjektive Aspekte, da diese aus unterschiedlichen Blickwinkeln betrachtet werden können. Die Wahl eines anthropozentrischen oder eines ökozentrischen Ansatzes der Umweltbetrachtung¹⁰² hat erheblichen Einfluß auf die eigentliche Bewertung. Im Falle der Definition der Schutzgüter des Umweltschutzes ist durch die gesetzliche Begriffsbestimmung eine verbindliche Basis geschaffen. Trotz dieser verbindlichen Basis fehlt im Bereich der Umweltbewertungen ein entsprechender Beurteilungsmaßstab, da die Umwelt ein dynamisches System ohne bestimm- baren Ausgangspunkt darstellt.¹⁰³ Die Folge sind künstliche Maßstäbe, die anhand ethisch-normativer Kriterien geschaffen werden.

Die Bewertung von komplexen Sachverhalten bedingt eine Vorauswahl der Beurteilungskriterien. Als Datenbasis wird daher keine Grundgesamtheit, sondern eine Auswahl herangezogen. Die Vorauswahl bedeutet somit eine Bewertung der Signifikanz der Daten hinsichtlich der Grundgesamtheit. Durch diese Filterung der Information erfolgt im Verlauf des Bewertungsprozesses eine Interpretation der Daten im Sinne der theoretischen Vorauswahl. Das

¹⁰¹ vgl. CERWENKA 1984, S. 221

¹⁰² vgl. CANSIER 1993, S. 16 f.; STORM 1994, S. 12

¹⁰³ vgl. WIEGLEB 1989, S. 18

bedeutet, daß die Datenauswahl selbst einen Teil der Bewertung¹⁰⁴ darstellt. Zudem stützen sich die Beurteilungskriterien häufig auf sogenanntes Expertenwissen, welches ebenfalls subjektive Komponenten enthält.

Aufgrund dieser Erläuterungen sind Umweltbewertungen als ein Maß der Abweichung von einem subjektiv definierten Systemzustand zu betrachten.¹⁰⁵ Eine Bewertung kann daher keinen uneingeschränkten Anspruch auf Korrektheit erheben. Andererseits kann eine Bewertung nicht aufgrund ihrer subjektiven Aspekte als falsch eingestuft werden, sofern diese weder gegen gesetzliche Konventionen verstoßen, noch aus Plausibilitätsgründen abzulehnen sind.¹⁰⁶

3.2. Voraussetzungen, Anforderungen und Konsequenzen der praxismöglichen Bewertung

Die Beurteilung von Umweltrisiken muß verschiedenen Voraussetzungen gerecht werden. Dies ist um so mehr der Fall, wenn es sich um eine praxisorientierte Methode handelt.

Eine erste praxisnahe Einschränkung ist durch die im allgemeinen limitierten finanziellen und zeitlichen Mittel vorgegeben. Die komplexen Sachverhalte, die nach den wissenschaftlichen Anforderungen bei der Beurteilung von Techno-, Bio- und Geosphäre zu beachten sind, stellen zu hohe Ansprüche an die praxisorientierte Durchführung.

Eine weitere Einschränkung ist durch das sogenannte Expertenwissen gegeben. Gerade im Bereich der großräumigen Umwelteffekte steht die Bewertung vor der Problematik, eine Entscheidung zugunsten eines bestimmten Bewertungsansatzes zu fällen und dies trotz der oft kontroversen Auffassungen der Experten.¹⁰⁷

Die Beurteilung von Umweltrisiken ist immer vor dem zeitlichen Hintergrund zu betrachten. Die Dynamik vor allem der Technosphäre kann die Aussage einer Umweltrisikoprüfung bis hin zur Momentaufnahme relativieren. Aber auch die Biosphäre unterliegt einem ständigen Wandel¹⁰⁸ und wirkt daher modifizierend. Die Dynamik der Geosphäre entzieht sich meist der menschlichen Beobachtung.

¹⁰⁴ vgl. HALLAY, PFRIEM 1993, S. 66

¹⁰⁵ vgl. WIEGLEB 1989, S. 16

¹⁰⁶ vgl. PAUTMEIER 1995, S. 9

¹⁰⁷ vgl. HITZLER 1994, S. 20 f.

¹⁰⁸ vgl. auch BÖNI 1989, S. 127

Die praktische Anwendung stellt verschiedene Ansprüche an ein Bewertungsverfahren, wie u. a.:

- einfache Verfahrensanwendung
- große Effizienz (zielgerichtete Erhebung und Bewertung hinsichtlich des beschränkten finanziellen und zeitlichen Rahmens)
- Transparenz und Nachvollziehbarkeit der Bewertung
- detaillierte und umfassende Risikoprüfung
- geringe Unschärfe und damit eindeutige Entscheidungskriterien zur Risikozuweisung.

Angesichts der komplexen Umweltbeziehungen sind diese Anforderungen nur in Form von Kompromissen zu erfüllen. Eine einfache Verfahrensanwendung bedingt, daß im Rahmen der Datenerhebung Schnellansprachen durchgeführt werden, sofern keine genauen Erhebungen vorliegen. Der Rückgriff auf verbindliche oder sehr häufig vorliegende Daten¹⁰⁹ vermeidet ebenfalls umständliche Datenerfassungen. Da eine Aufnahme sämtlicher Umweltrisiken durch ein Verfahrensschema wohl praktisch nicht umzusetzen ist, werden die wesentlichen (stofflichen) Risiken durch den schematischen Ablauf erfaßt, während weitere Risiken im Rahmen des vorgestellten Verursacher-Akzeptoren-Konzeptes erkannt und schließlich verbal-argumentativ zu begründen sind. Dies vereinfacht ebenfalls den „normalen“ Verfahrensablauf, stellt aber gleichzeitig hohe Anforderungen an die durchführenden Personen. Eine einfache Verfahrensanwendung dient auch der Effizienz, sofern trotz Vereinfachung noch aussagekräftige Ergebnisse zu erwarten sind. Dies bedingt den Einsatz von Indikatoren¹¹⁰, deren besondere Bedeutungen herauszustellen sind.

Da eine Bewertung immer subjektive Elemente enthält, ist der Anspruch bezüglich eindeutiger Kriterien zur Entscheidungsfindung nur bedingt zu erfüllen. Um sich diesen Forderungen anzunähern, müssen die Bezugspunkte der Bewertung klar zu erkennen sein. Ausgangspunkt der folgenden Bewertungskriterien ist die Selbstwertigkeit der Schutzgüter.¹¹¹ Die Bevorzugung einzelner Umweltsphären bzw. Umweltkompartimente führt zur Verlagerung und damit zur Mehrbelastung anderer Bereiche und ist somit abzulehnen.¹¹²

Die Bewertung ist perspektivischen Gesichtspunkten unterworfen. Dies soll durch folgendes Beispiel erläutert werden: Die Empfindlichkeitseinstufung eines Gewässers sinkt durch eine höhere Vorbelastung. Von daher wären umweltrelevante Einleitungen in ein bereits belastetes Gewässer weniger

¹⁰⁹ Dies sind Daten, die aufgrund umweltrechtlicher Belange (z. B. Sicherheitsdatenblatt) oder aufgrund von Standarderhebungen (z. B. Gewässergütekarten der Länder) vorliegen.

¹¹⁰ vgl. NIP, DE HAES 1995, S. 135 ff.

¹¹¹ vgl. BAUER 1990, S. 129; BAUER 1992, S. 103

¹¹² vgl. FOKUHL 1994, S. 49

bedenklich. Gleichzeitig wirkt dies aber der Wiederherstellung einer günstigeren Belastungssituation entgegen. Dieser Aspekt darf trotz Priorität der Empfindlichkeitsbewertung nicht außer Acht gelassen werden.

Die Empfindlichkeit von Umweltsphären, Umweltgefährdungspotentiale oder Risiken sind Sachverhalte, die in der Regel durch mehrere Merkmalsausprägungen charakterisiert sind. Letztendlich soll jedoch ein solcher von vielen Faktoren geprägter Sachverhalt in Form einer einzigen aussagefähigen Größe dargestellt werden. Um nun diesen Sachverhalt „handhabbar“ und einer Bewertung zugänglich zu machen, bietet sich die Bildung von Indizes¹¹³ an. Die Aggregation der einzelnen Kriterien erfolgt auf Grundlage der sogenannten worst-case-Annahme. Mit dieser Form der Aggregation wird berücksichtigt, daß in der Regel das schwächste Glied über die Belastbarkeit bzw. das Risikopotential eines Systems entscheidet. Die worst-case-Annahme ist auch bei unsicherer Datenlage oder zweifelhaften Einstufungen als übergeordnetes Prinzip zu verstehen. Damit wird verhindert, daß Risiken unterschätzt werden.¹¹⁴ Auch wird dadurch eine erleichterte Entscheidungsfindung erreicht. Um dem Einzelfall gerecht zu werden, können Abweichungen von den vorgegebenen Bewertungskriterien notwendig sein. Jede Abweichung muß jedoch ausreichend begründet werden, so daß die Nachvollziehbarkeit gewährleistet ist.

Aufgrund der Fülle unterschiedlicher Risikoausprägungen ist es nötig, eine Klassifizierung in Risikostufen vorzunehmen. Die Anzahl der Abstufungen richtet sich dabei nach den Möglichkeiten und dem Ziel der Bewertung. Eine zu große Anzahl an Bewertungsstufen birgt die Gefahr einer „Pseudoquantifikation“¹¹⁵ und widerstrebt auch der Forderung nach der Transparenz der Bewertung. Im vorliegenden Fall¹¹⁶ wird eine fünfteilige Risikoskala angewendet, da

- „Expertenurteile und keine „harten“ Daten ausgedrückt werden sollen,
- das Ziel der qualitativen Risikobeschreibung zur Entscheidungsfindung mit fünf Stufen ausreichend genau ist und
- die Entscheidungspsychologie dem Menschen ein sicheres und argumentativ rechtfertigbares Unterscheidungsvermögen für fünf bis maximal sieben Stufen einer Skala zubilligt.“ (EIPPER 1995, S. 99)

¹¹³ WERNER (1977, S. 10) bezeichnet einen Index als eine eindimensionale Größe, die durch Wertsynthese aus n Merkmalsausprägungen ($n \geq 2$) gebildet wird.

¹¹⁴ vgl. auch WIEDEMANN, BERNER 1991, S. 90

¹¹⁵ vgl. WIEGLEB 1989, S. 18

¹¹⁶ Diese Einstufung bezieht sich auf die Beurteilung der lokalen Umweltrisiken.

Da der Mensch ein Teil der Umwelt ist, müssen die Ansprüche des Menschen durch die Bewertung vertreten werden. Es ist jedoch nicht notwendig, jene Bereiche erneut aufzugreifen, die durch die Arbeitssicherheit bzw. den Arbeitsschutz bereits vertreten werden. Vielmehr sollten Arbeitssicherheit und Umweltrisikoprüfung Hand in Hand gehen, so daß die Umweltrisikoprüfung diejenigen anthropogenen Interessen bezüglich der Umwelt vertritt, die von der Arbeitssicherheit nicht mehr abgedeckt werden.

4. Ermittlung und Beurteilung von betrieblichen Umweltrisiken

Im folgenden wird die Methodik für die Beurteilung von Umweltrisiken vorgestellt. Dabei ergeben sich für die unterschiedlichen räumlichen Dimensionen unterschiedliche Bewertungsansätze.

Bei der Beurteilung der Umweltrisiken steht eine Gesamtbewertung eines Unternehmens zunächst im Hintergrund. Vielmehr soll eine detaillierte Bewertung der Teilbereiche des Betriebes im Hinblick auf eine Prioritätensetzung erreicht werden, so daß die Einzelwertungen direkt zur Umsetzung von Maßnahmen verwendbar sind. Aufgrund der vorangestellten Prämissen¹¹⁷, insbesondere die der Effizienz und der Praxisrelevanz, ist eine schematische Erfassung sämtlicher Umweltrisiken nicht möglich. Daher sollen die wesentlichen Risiken durch das Verfahren an sich abgedeckt werden, während weitere Risikobereiche anhand der in Kapitel 2 genannten Kriterien erkannt und verbal-argumentativ zu bewerten sind.

4.1. Ermittlung der betrieblichen Umweltgefährdungspotentiale

Für einen ersten Überblick in bezug auf mögliche Umweltrisikopotentiale bietet sich eine kategorische Erfassung des Unternehmens an. Aus Interviews, Fragebögen und einer ersten Betriebsbegehung können u. a. folgende Informationen gewonnen werden:

- Branchenzugehörigkeit
- Größe des Unternehmens
- historische Entwicklung
- Produktpalette
- eingesetzte Arbeitsverfahren
- Fertigungsart (z. B. Einzel- oder Serienfertigung)
- Organisationsstrukturen.

Wie bereits erwähnt, sind die Umweltgefährdungspotentiale von Betrieben meist an den Umgang mit umweltrelevanten Stoffen gebunden.¹¹⁸ Je nach Art und Größe des Unternehmens kann sich die Erfassung der Stoffe durchaus als problematisch erweisen. Legt man beispielsweise ausschließlich die Informationen des Einkaufs zugrunde, so werden u. a. von einzelnen Abteilungen selbst eingekaufte Stoffe oder Teststoffe oft übersehen.

¹¹⁷ siehe Kapitel 3

¹¹⁸ vgl. KELLER 1995, S. 66; URLAUB 1992, S. 40

Tabelle 8: Informationsquellen zur Erfassung der betrieblichen Umweltgefährdungspotentiale

Aspekt	Datenquellen	
umwelt-relevante Stoffe	<ul style="list-style-type: none"> • arbeitsmedizinische Untersuchungen • Arbeitsstoffkataster • Betriebsanweisungen • Betriebsbegehungen • Datenbanken • Einkaufslisten • Emissionserklärungen 	<ul style="list-style-type: none"> • Entsorgungsnachweise • Gefahrstoffverzeichnisse • Interviews, Befragungen • Katalog wassergefährdender Stoffe • Lagerlisten • Sicherheitsdatenblätter • Stoffanalysen
umwelt-relevante Anlagen	<ul style="list-style-type: none"> • Abrechnungen von Strom, Öl, Gas, Wasser; Energiebericht; Verbrauchlisten von Energieträgern • Berichte über Störfälle, Unfallberichte, Feuerwehreinsatzprotokolle • Betriebsbegehungen • Emissionserklärungen • Genehmigungsunterlagen nach 4. BImSchV, WHG, KrW-/AbfG • Interviews, Befragungen 	<ul style="list-style-type: none"> • Inventarlisten • Pläne zu Ver- und Entsorgungsleitungen (Wasserversorgung, Ölversorgung, Gasversorgung, Kanalisation, etc.) • Sicherheitsanalysen • Technische Spezifikationen • Verfahrensbeschreibungen • Versicherungen (z. B. UmweltHG, etc.) • Wärmelastpläne
Sicherheit	<ul style="list-style-type: none"> • Betriebsbegehungen • Gefahrenabwehrpläne 	<ul style="list-style-type: none"> • Genehmigungen • Lagepläne
Organisation, Management	<ul style="list-style-type: none"> • Betriebsbeauftragte • Schulungsnachweise 	<ul style="list-style-type: none"> • Umwelthandbücher
Altlasten	<ul style="list-style-type: none"> • Befragungen • historische Entwicklungen 	<ul style="list-style-type: none"> • Lagepläne • Nutzungsrecherchen

Neben Einkaufslisten bieten Arbeitsstoffkataster oder Gefahrstofflisten einen schnellen Überblick. Ein Gefahrstoffverzeichnis muß nach § 16 der Gefahrstoffverordnung im Betrieb vorhanden sein, sobald durch Symbole oder durch Sicherheitsdatenblätter ausgewiesene Gefahrstoffe eingesetzt werden. Es ist allerdings anzumerken, daß aufgrund der Chemikalienbewertung¹¹⁹ ein toxischer Gefahrstoff zwar immer Umweltrelevanz besitzt, andererseits Umweltchemikalien existieren, die keine Gefahrstoffe nach dem Chemikalien-

¹¹⁹ siehe Kapitel 4.1.3.1

gesetz sind. Eine Gefahrstoffliste ist daher nicht in allen Fällen geeignet, eine umfassende Aussage bezüglich des Chemikalienrisikos für die Umwelt zu treffen.

Ist nur eine geringe Anzahl unterschiedlicher Chemikalien im Betrieb vorhanden, so bietet es sich an, diese von der Anlieferung über die Anwendung und Lagerung bis hin zur Entsorgung zu verfolgen. Bei einer größeren Anzahl an Stoffen ist die Verfolgung des Materialdurchflusses vom Rohstoff bis zum Produkt die effizientere Methode. Dabei wird im Zusammenhang mit den unterschiedlichen Arbeitsschritten der Einsatz und die Menge an umweltrelevanten Stoffen vor Ort erfaßt. Die Betrachtung des Stoff- bzw. Materialdurchflusses bietet sicherlich aussagekräftige Ergebnisse, bedeutet aber bei einer größeren Anzahl an Chemikalien auch einen dementsprechenden Aufwand und ist daher mit der jeweiligen Aufgabenstellung abzugleichen.

Neben der Ermittlung des stoffbedingten Risikopotentials sind die betriebs- und anlagenbedingten technisch-organisatorischen Risiken im Umgang mit diesen Stoffen von Bedeutung. Als Orientierungsgrundlage, von welchen Anlagen Umweltbeeinträchtigungen ausgehen können, wird auf die nachstehenden Informationsquellen auf umweltrechtlicher Basis verwiesen:

- Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen (4. BImSchV)
- Störfall-Verordnung (12. BImSchV)
- Umwelthaftungsgesetz (Anhang 1)
- Wasserhaushaltsgesetz (insbesondere § 19)
- Abwasserverordnung
- Abstandserlaß des Landes Nordrhein-Westfalen.

Weitere Potentiale können durch Fragebögen¹²⁰ oder sicherheitstechnische Unterlagen, wie Gefahrenabwehrpläne, etc. ermittelt werden. Auf der Grundlage von Risikostudien hat EIPPER (1995, S. 96 - 97) folgende betriebliche Aspekte als besonders umweltrelevant herausgestellt:

- Energieerzeugung
- emittierende Anlagen (Abluft, Abwasser: Abwasserbehandlung, innerbetriebliche Kanalisation, Leicht- und Schwerstoffabscheider)
- wassergefährdende Stoffe in Anlagen zum Herstellen, Behandeln oder Verwenden, bzw. Lagern, Abfüllen oder Umschlagen von wassergefährdenden Stoffen (Heizöllagerung, Eigenbedarfstankstellen, Chemikalienlagerung, innerbetrieblicher Transport)
- Fuhrpark
- Anlagen gemäß Umwelthaftungsgesetz

¹²⁰ Derartige Fragebögen sind unter vielen anderen veröffentlicht in: EIPPER 1995; SCHULZ, SCHULZ 1994; BUNDESUMWELTMINISTERIUM, UMWELTBUNDESAMT 1995; SIETZ, MICHAHELLES 1989

- Reststoffe
- Havarievorsorge
- Sicherheits- und Umweltmanagement
- Altlasten
- Betriebsbeauftragte.

Die Zusammenstellung in Tabelle 8 gibt einen Überblick in bezug auf Datenquellen, aus welchen Informationen über das betriebliche Umweltgefährdungspotential gewonnen werden können.

4.1.1. Regionale und großräumige Umweltrisiken

Das vorgestellte Bewertungsverfahren nach dem 'Eco-indicator 95'-Projekt¹²¹ ist derzeit eines der umfassendsten und transparentesten naturwissenschaftlich begründeten Verfahren zur Bewertung von Umweltrisiken. Die mathematisch präzise Darstellung darf jedoch nicht über vorhandene Unsicherheiten hinwegtäuschen.

Die Bewertung regionaler und großräumiger Umweltauswirkungen erfolgt zwangsweise unter Abstraktion eines konkreten Standortes. Diese Abstraktion, die zeitlichen und inhaltlichen Unsicherheiten machen eine Bewertung problematisch. Um dennoch Aussagen über die unter Umständen weitreichenden Folgen von Einwirkungen in Form von Emissionen machen zu können, bietet sich der Rückgriff auf Szenarien¹²² an.

Das Verfahren bezieht sich auf eine Szenarienstudie, in welcher die Auswirkungen auf die Umwelt in Europa betrachtet werden. Diese Szenarienstudie wurde vom niederländischen Institut für Gesundheit und Umwelt (RIVM - Rijks Instituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiene) durchgeführt. Die Datenbasis zur Normierung auf Europa bilden Statistiken von RIVM, OECD und Eurostat. Folgende europäische Länder wurden dabei berücksichtigt:¹²³

- Westeuropa: Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien, Großbritannien
- Osteuropa: Bulgarien, ehemaliges Jugoslawien, Polen, Rumänien, ehemalige Tschechoslowakei, Ungarn.

Die betrieblichen Emissionen werden den verschiedenen Umwelteffekten zugeordnet und nach dem jeweiligen Wirkungspotential an diesem Effekt

¹²¹ vgl. GOEDKOOP 1995

¹²² vgl. EWERS 1988, S. 80; SCHULZ, SCHULZ 1993, S. 132

¹²³ vgl. GOEDKOOP 1995, S. 39

gewichtet. Diese Effekte wiederum werden auf Grundlage einer Szenarienstudie anhand der Auswirkungen in Europa gegenseitig in Beziehung gesetzt. Abbildung 9 zeigt die schematische Darstellung des Bewertungsverfahrens.

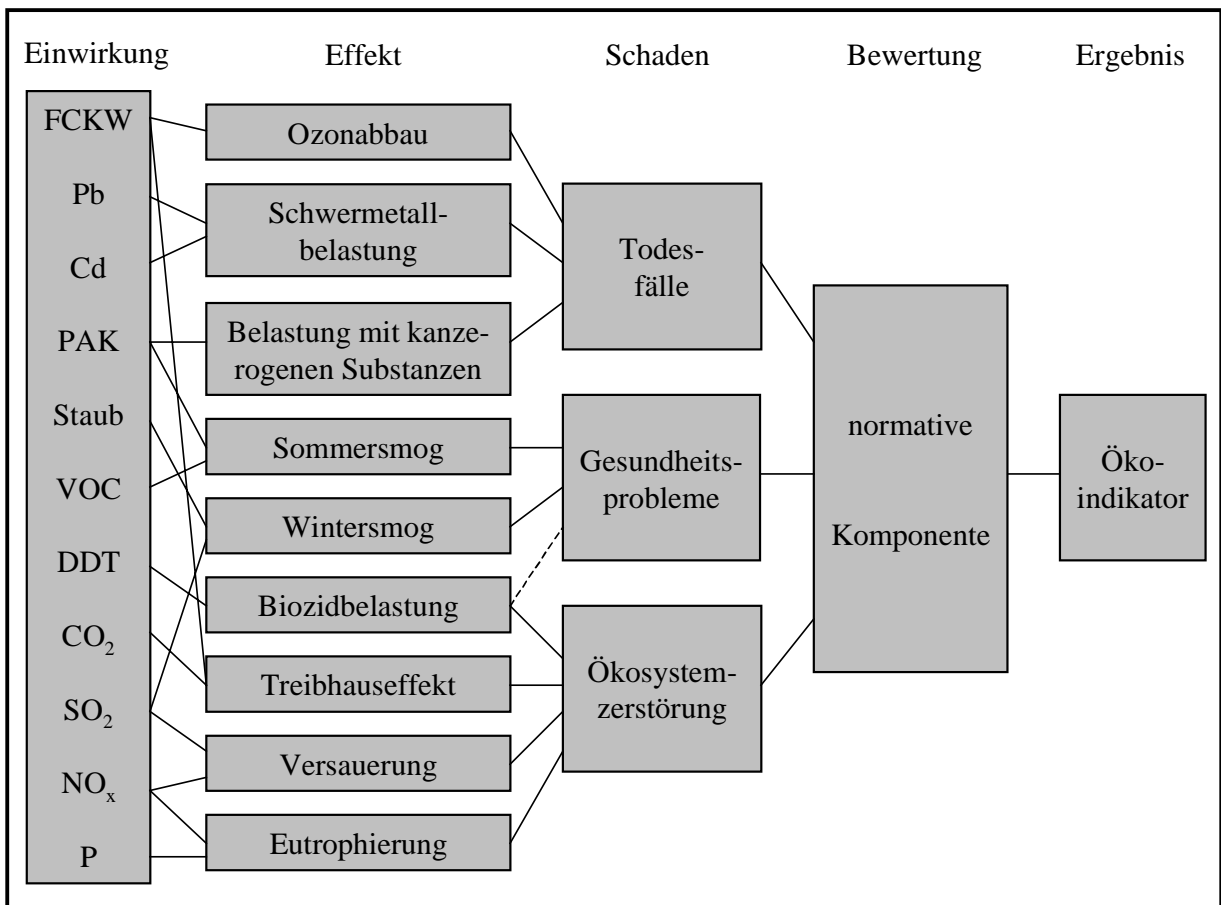


Abbildung 9: Schematische Darstellung der 'Eco-indicator'-Methode (Quelle: GOEDKOOP 1995, S. 31)

Die Bewertung wird durch das Verhältnis zwischen dem potentiellen Schadensausmaß und einem tolerierbaren Schaden modifiziert. Der zugrundegelegte tolerierbare Schaden ist nachstehend definiert, wobei die einzelnen Schadenswerte gleichgesetzt werden:¹²⁴

- ein zusätzlicher Todesfall pro Jahr bezogen auf eine Million Einwohner
- Gesundheitsbeeinträchtigungen durch Smog
- 5 % Ökosystemzerstörung (bezogen auf einen längeren Zeitraum).

„Das Tolerieren eines Toten mehr auf eine Million Einwohner mag zwar moralisch bedenklich sein, ist aber gängige Praxis bei der Risikoabschätzung in den USA. Die Rate von 10^{-6} Toten/Jahr liegt immer noch um ca. einen Faktor 100 niedriger als die jährliche Rate an Verkehrstoten in Deutschland und

¹²⁴ vgl. GOEDKOOP 1995, S. 29

entspricht der Wahrscheinlichkeit an einer seltenen Krankheit zu sterben.“ (PAUTMEIER 1995, S. 39) Aufgrund der Abstraktion des Standortes können keine Angaben zur Art des zerstörten Ökosystems gemacht werden.

Jede regionale und großräumige Umweltauswirkung ist das Produkt mehrerer Einwirkungen. Da jeder einwirkende Stoff den jeweiligen Umwelteffekt in unterschiedlichem Maß beeinflusst, ist eine Gewichtung vorzunehmen. Die folgenden Tabellen (Tabelle 9 - 17) geben die gewichteten Faktoren von relevanten Stoffen am jeweiligen betrachteten Umwelteffekt wieder. Es ist kritisch anzumerken, daß verschiedene Stoffe nicht berücksichtigt werden, obwohl deren z. T. maßgeblicher Einfluß immer wieder beschrieben wird. Als Beispiel sei hier der Einfluß von CO bezüglich des Treibhauseffektes und des Sommersmogs angeführt.¹²⁵

Tabelle 9: Versauerung

Medium	Stoff	Faktor pro kg
Luft	Ammoniak	1,88
Luft	HCl	0,88
Luft	HF	1,6
Luft	NO	1,07
Luft	NO ₂	0,7
Luft	NO _x	0,7
Luft	SO ₂	1
Luft	SO _x	1

(Quelle: GOEDKOOOP 1995)

Tabelle 10: Wintersmog

Medium	Stoff	Faktor pro kg
Luft	Ruß	1
Luft	SO ₂	1
Luft	Staub	1

(Quelle: GOEDKOOOP 1995)

¹²⁵ vgl. BUNDESUMWELTMINISTERIUM, UMWELTBUNDESAMT 1995, S. 114

Tabelle 11: Photooxidantienbildung/Sommersmog

Medium	Stoff	Faktor pro kg
Luft	Aceton	0,178
Luft	Acetylen	0,168
Luft	Aldehyde	0,443
Luft	Alkohole	0,196
Luft	Benzol	0,189
Luft	Benzin	0,398
Luft	Biphenyl	0,761
Luft	Caprolactam	0,761
Luft	Chlorphenol	0,761
Luft	C _x H _y	0,398
Luft	C _x H _y aliphatisch	0,398
Luft	C _x H _y aromatisch	0,761
Luft	C _x H _y chloriert	0,021
Luft	1,2-Dichlorethan	0,021
Luft	Dichlormethan	0,021
Luft	Diehtylether	0,398
Luft	Ethanol	0,268
Luft	Ethylen	1
Luft	Ethylenglycol	0,196
Luft	Ethylenoxid	0,377
Luft	Formaldehyd	0,421
Luft	Hexachlorbiphenyl	0,761
Luft	Hydroxy-Verbindungen	0,377
Luft	Isopropanol	0,196
Luft	Ketone	0,326
Luft	Methan	0,007
Luft	Methylethylketone	0,473
Luft	Methylmercaptane	0,377
Luft	Naphthalin	0,761
Luft	nicht-Methan-VOC	0,416
Luft	PAK	0,761
Luft	Pentan	0,408
Luft	Phenol	0,761
Luft	Phtalsäureanhydrid	0,761
Luft	Propan	0,42
Luft	Propylen	1,03
Luft	Propionaldehyd (Propanal)	0,603

Fortsetzung nächste Seite

Medium	Stoff	Faktor pro kg
Luft	Rohöl	0,398
Luft	Styrol	0,761
Luft	Terpentin	0,377
Luft	Tetrachlormethan	0,021
Luft	Toluol	0,563
Luft	1,1,1-Trichlorethan	0,021
Luft	Trichlorethylen	0,066
Luft	Vinylacetat	0,223
Luft	Vinylchlorid	0,021
Luft	VOC	0,398
Luft	Xylol	0,85

(Quelle: GOEDKOOOP 1995)

Tabelle 12: Schwermetallbelastung

Medium	Stoff	Faktor pro kg
Luft	Cd	50
Luft	CdO	50
Luft	Hg	1
Luft	Mn	1
Luft	Pb	1
Luft	Schwermetalle	1
Wasser	As	1
Wasser	B	0,03
Wasser	Ba	0,14
Wasser	Cd	3
Wasser	Cr	0,2
Wasser	Cu	0,005
Wasser	Hg	10
Wasser	Mn	0,02
Wasser	Mo	0,14
Wasser	Ni	0,5
Wasser	Pb	1
Wasser	Sb	2

(Quelle: GOEDKOOOP 1995)

Tabelle 13: Eutrophierung

Medium	Stoff	Faktor pro kg
Luft	Ammoniak	0,33
Luft	Nitrat	0,42
Luft	NO	0,2
Luft	NO ₂	0,13
Luft	NO _x	0,13
Luft	Phosphat	1
Wasser	CSB	0,022
Wasser	NH ₃	0,33
Wasser	NH ₄ ⁺	0,33
Wasser	N _{tot}	0,42
Wasser	Phosphat	1
Wasser	P _{tot}	3,06

(Quelle: GOEDKOOOP 1995)

Tabelle 14: Belastung mit kanzerogenen Substanzen

Medium	Stoff	Faktor pro kg
Luft	As	0,044
Luft	Benzol	0,000011
Luft	Benzo(a)pyren	1
Luft	Cr ⁶⁺	0,44
Luft	C _x H _y aromatisch	0,000011
Luft	Ethylbenzol	0,000011
Luft	Fluoranthen	1
Luft	Ni	0,44
Luft	PAK	1
Luft	Teer	0,000011

(Quelle: GOEDKOOOP 1995)

Tabelle 15: Ozonabbau in der Stratosphäre

Medium	Stoff	Faktor pro kg
Luft	FCKW (hart)	1
Luft	FCKW (weich)	0,055
Luft	FCKW R-11	1
Luft	FCKW R-12	1
Luft	FCKW R-13	1
Luft	FCKW R-22	0,055
Luft	FCKW R-113	1,07
Luft	FCKW R-114	0,8
Luft	FCKW R-115	0,5
Luft	FCKW R-123	0,02
Luft	FCKW R-124	0,022
Luft	FCKW R-141b	0,11
Luft	FCKW R-142b	0,065
Luft	FCKW R-225ca	0,025
Luft	FCKW R-225cb	0,033
Luft	HALON-1201	1,4
Luft	HALON-1202	1,25
Luft	HALON-1211	4
Luft	HALON-1301	16
Luft	HALON-2311	0,14
Luft	HALON-2401	0,25
Luft	HALON-2402	7
Luft	Methylbromid	0,6
Luft	Tetrachlormethan	1,08
Luft	1,1,1-Trichlorethan	0,12

(Quelle: GOEDKOOOP 1995)

Tabelle 16: Biozidbelastung

Medium	Stoff	Faktor pro kg
Wasser	Bakterizide	1
Wasser	Fungizide	1
Wasser	Herbizide	1
Wasser	Insektizide	1

(Quelle: GOEDKOOOP 1995)

Tabelle 17: Treibhauseffekt

Medium	Stoff	Faktor pro kg
Luft	CO ₂	1
Luft	Dichlormethan	15
Luft	FCKW (hart)	7100
Luft	FCKW (weich)	1600
Luft	FCKW R-11	3400
Luft	FCKW R-12	7100
Luft	FCKW R-13	13000
Luft	FCKW R-22	1600
Luft	FCKW R-113	4500
Luft	FCKW R-114	7000
Luft	FCKW R-115	7000
Luft	FCKW R-123	90
Luft	FCKW R-124	440
Luft	FCKW R-141b	580
Luft	FCKW R-142b	1800
Luft	FKW R-125	3400
Luft	FKW R-134a	1200
Luft	FKW R-143a	3800
Luft	FKW R-152a	150
Luft	HALON-1211	4900
Luft	HALON-1301	4900
Luft	Methan	11
Luft	N ₂ O	270
Luft	Tetrachlormethan	1300
Luft	1,1,1-Trichlorethan	100
Luft	Trichlormethan	25

(Quelle: GOEDKOOOP 1995)

Nachdem die stofflichen Anteile am jeweiligen Effekt gewichtet sind, müssen die Umwelteffekte zueinander in Beziehung gesetzt werden. Die Gewichtung der einzelnen Effekte E_i erfolgt dadurch, daß der potentielle Schaden D_i für Menschen und Ökosysteme in Europa ins Verhältnis zum oben definierten tolerierbaren Schaden D_T gesetzt wird (distance-to-target-Methode). Die Summe aller so gewichteten Effekte ergibt die Ökoindikatorpunkte I :

$$I = \sum_i \frac{E_i}{N_i} \frac{D_i}{D_T}$$

Jeder Effekt E_i wird dabei auf den Jahresbeitrag N_i eines Europäers zu diesem Effekt normiert. Der Reduktionsfaktor ist derjenige Faktor, um den der jeweilige Effekt verringert werden muß, um auf Grundlage der Szenarienstudie, den tolerierbaren Schaden nicht zu überschreiten (siehe Tabelle 18).

Tabelle 18: Gewichtung der Effekte

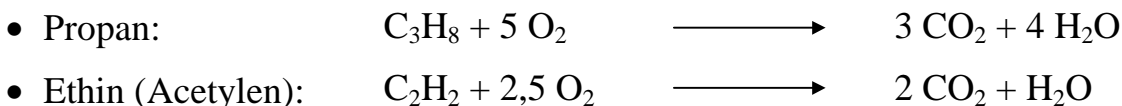
Effekte	1/Norm. Faktor	Reduktionsfaktor
Treibhauseffekt	0,0000765	2,5
Zerstörung der Ozonschicht	1,08	100
Versauerung	0,00888	10
Eutrophierung	0,0262	5
Schwermetalle	18,4	5
Kanzerogene Substanzen	92	10
Wintersmog	0,0106	5
Sommersmog	0,0558	2,5
Biozide	1,04	25

(Quelle: GOEDKOOOP 1995)

4.1.2. Exkurs: Quantitative Ermittlung von Luftemissionen

Emissionsdaten liegen nur für bestimmte Anlagen¹²⁶ in Form von Emissions-erklärungen vor. Emissionserklärungen nach der 11. BImSchV berücksichtigen nicht alle benötigten Emissionen. So ist z. B. kein Nachweis der CO₂-Abgabe in die Luft erforderlich. Zudem wird die Emissionserklärung im Zeitraum von zwei Jahren erneuert und kann bei veränderten Verbrauchszahlen nicht für eine jährliche Bilanzierung genutzt werden.

Um Datenlücken auszugleichen, können Luftemissionen aus Verbrennungsprozessen aus den Verbrauchszahlen berechnet werden. Bei „reinen“ Stoffen¹²⁷ und unter der idealisierten Vorstellung einer vollständigen Verbrennung werden hierzu die Massenbilanzen aus der chemischen Umsetzung verwendet. Für Propan und Ethin (Acetylen) ergeben sich folgende Gleichungen:



Aus der Verbrennung von einem Mol Propan (Molmasse: 44 g) entstehen 132 g CO₂ (Molmasse: 44 g). Das bedeutet aus der Verbrennung eines Kilogramms

¹²⁶ Dies sind Anlagen nach der 4. BImSchV

¹²⁷ Hierunter sollen Stoffe verstanden werden, die durch ihre molare Masse und ihre Reaktionsprodukte deutlich zu charakterisieren sind.

Propan entstehen 3 kg CO₂. Analog ergeben sich aus der Verbrennung von einem Mol Ethin (Molmasse: 26 g) 88 g CO₂, so daß hier ein Faktor von ca. 3,4 veranzuschlagen ist.

Für Brennstoffe, deren Molmassen nicht bekannt sind, werden empirisch ermittelte Emissionsfaktoren (siehe Tabelle 20) eingesetzt. Die Emissionsfaktoren beziehen sich auf die Heizwerte der jeweiligen Brennstoffe, welche in Tabelle 19 aufgeführt sind.

Tabelle 19: Heizwert von Brennstoffen

Brennstoff	Heizwert
Steinkohle	29304 kJ/kg
Braunkohle-Briketts	19250 kJ/kg
Heizöl-EL	42705 kJ/kg
Heizöl S	40200 kJ/kg
Erdgas	36000 kJ/m ³

(Quelle: BUNDESUMWELTMINISTERIUM,
UMWELTBUNDESAMT 1995, S. 240)

Tabelle 20: Emissionsfaktoren in kg/TJ für nicht genehmigungsbedürftige Feuerungsanlagen

Emission	Heizöl EL	Erdgas	SK- Koks	SK- Brikett	BK- Brikett	Holz
CO ₂	75000	55500	106000	98000	108000	100000
VOC	10	4	8	300	700	800
NO _x	50	51	55	50	90	50
SO ₂	85	0,5	400	500	50	1
CO	30	60	950	5.000	4.100	6.000
Staub	1,5	0,1	25	200	500	200
davon:						
Pb	0,02	k.A.	0,1	0,25	0,052	k.A.
Cd	0,002	k.A.	0,0015	0,0032	3,9 · 10 ⁻⁴	k.A.
As	k.A.	k.A.	1,9 · 10 ⁻⁴	0,003	0,003	k.A.
V	k.A.	k.A.	8,5 · 10 ⁻⁴	0,0075	0,002	k.A.
F ₂	0,0044	k.A.	1,5	1,9	0,19	k.A.
Cl ₂	0,046	k.A.	10	14	2	k.A.
BaP	5,5 · 10 ⁻⁴	2,7 · 10 ⁻⁶	0,0088	0,046	0,042	0,129

(Quelle: TÜV RHEINLAND 1995a)

Für Fahrzeugemissionen, z. B. aus dem Werksverkehr, wird für die entsprechenden Fahrzeuggruppen die Gesamtfahrzeit aus dem Verbrauch an Dieseldieselkraftstoff bestimmt und anschließend in Beziehung zu den Emissionen pro Zeiteinheit gesetzt (siehe Tabelle 21).¹²⁸

Tabelle 21: Emissionsfaktoren und Kraftstoffverbräuche für Fahrzeuge des Werksverkehrs

Masse (t)	Diesel (g/h)	CO ₂ (g/h)	VOC (g/h)	NO _x (g/h)	SO ₂ (g/h)	CO (g/h)	Staub (g/h)
3,5 - 7	1488	4677	38,8	50,6	8,93	61,8	20,62
7 - 10	2136	6714	155,7	88,0	12,82	198,7	81,67

(Quelle: TÜV RHEINLAND 1995b)

4.1.3. Lokale Umweltrisiken

Das Einbeziehen einer konkreten Standortempfindlichkeit zu den betrieblichen Belastungspotentialen erlaubt eine Einstufung möglicher Umweltrisiken im lokalen Bereich. Zunächst werden das betriebliche Umweltgefährdungspotential und die Standortempfindlichkeit getrennt beurteilt. In der Betrachtung der Schnittstelle zwischen Betrieb und Standort werden diese schließlich zu einer Bewertung von Umweltrisiken zusammengeführt.

Aspekte, wie betrieblich verursachter Lärm, Gerüche oder Erschütterungen, sind im Hinblick auf die Grenzwerte bzw. nach dem 'Stand der Technik'¹²⁹ abzuwägen. Abfall, Energieverbrauch und Abwärme sind nach dem Minimierungs- bzw. Substitutionsprinzip zu bewerten. Auch in diesem Fall bietet sich der 'Stand der Technik' als Orientierung an.

Ein wesentliches Kriterium zur Bewertung von Umweltgefährdungspotentialen eines Unternehmens sind dessen technische und organisatorische Maßnahmen zur Sicherung oder Minimierung umweltrelevanter Stoffe. Die Bewertung erfolgt aufgrund der besseren Überschaubarkeit und Entscheidungsfindung mittels einer fünfteiligen Risikoskala (siehe Tabelle 22). Der Begriff des „mittleren Umweltgefährdungspotentials“ darf nicht darüber hinwegtäuschen, daß durchaus ein Risikopotential vorhanden ist, das nach Möglichkeit so

¹²⁸ vgl. PAUTMEIER 1995, S. 21 f.

¹²⁹ Der 'Stand der Technik' wird nach § 3 Abs. 6 BImSchG bestimmt als der Entwicklungsstand fortschrittlicher Verfahren, Einrichtungen oder Betriebsweisen, der die praktische Eignung einer Maßnahme zur Begrenzung von Emissionen gesichert erscheinen läßt. Bei der Bestimmung des Standes der Technik sind insbesondere vergleichbare Verfahren, Einrichtungen, oder Betriebsweisen heranzuziehen, die mit Erfolg im Betrieb erprobt worden sind.

schnell als möglich abgebaut werden sollte, wobei die Risikostufen 5 und 4 Priorität besitzen. Das anzustrebende Risikopotential ist daher Risikostufe 1 oder 2.

Tabelle 22: Bedeutung der Risikoindizes

Risikoindex	Bedeutung
1	sehr geringes Umweltgefährdungspotential
2	geringes Umweltgefährdungspotential
3	mittleres Umweltgefährdungspotential
4	hohes Umweltgefährdungspotential
5	sehr hohes Umweltgefährdungspotential

4.1.3.1. Chemikalienrisiko

Daten zur Beurteilung der umweltrelevanten Stoffe liegen in den Betrieben in der Regel nur in Form von Sicherheitsdatenblättern¹³⁰ vor.¹³¹ Einige der im Sicherheitsdatenblatt enthaltenen Informationen werden zur Beurteilung der Umweltrelevanz von Chemikalien herangezogen:

- Inhaltsstoffe
- Gefahrensymbol nach Gefahrstoffverordnung
- Hinweise auf besondere Gefahren (R-Sätze¹³²)
- Wassergefährdungsklassen
- Klassifizierung nach VbF¹³³
- Aggregatzustand/Zustandsform
- Flammpunkt
- Klassifizierung nach GGVS¹³⁴
- Dampfdruck
- Dichte
- Viskosität.

¹³⁰ Ein Sicherheitsdatenblatt gemäß EG-Richtlinie 91/155/EWG muß zu jedem gefährlichen Stoff im Betrieb vorhanden sein.

¹³¹ vgl. FICHTER 1995, S. 103

¹³² siehe Anhang B

¹³³ VbF - Verordnung über brennbare Flüssigkeiten.

¹³⁴ GGVS - Gefahrgutverordnung Straße

Sind nicht zu allen im Unternehmen vorhandenen umweltrelevanten Stoffen Informationen aus Sicherheitsdatenblättern vorhanden, so können die fehlenden Daten durch Auswerten von Datenbanken oder Nachschlagewerken ergänzt werden.

Das Chemikalienrisiko setzt sich zusammen aus der Toxizität, der Menge und dem Expositionsverhalten eines Stoffes, wobei letzteres sowohl stoff- als auch umgangsabhängig ist. Für die toxische Wirkung auf Wasser und Boden werden stellvertretend die Wassergefährdungsklassen (WGK) als

Tabelle 23: Wassergefährdungsklassen

WGK	Klassifizierung
0	im allgemeinen nicht wassergefährdend
1	schwach wassergefährdend
2	wassergefährdend
3	stark wassergefährdend

(QUELLE: BEIRAT BEIM BUNDESMINISTER FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT LTwS 1991a)

mengenunabhängige Wirkungskennzeichnung herangezogen (siehe Tabelle 23). Die Beschreibung der toxischen Wirkung auf den Boden mit Hilfe der Wassergefährdungsklasse erscheint u. a. aus folgenden Gründen sinnvoll:

- „Mit der Bestimmung der Säugetiertoxizität, der akuten Bakterientoxizität, der akuten Fischtoxizität und des Abbauverhaltens wird ein bereits relativ breites ökologisches Wirkungsspektrum einbezogen. (...)“
- Aufgrund des wechselseitigen Austauschs zwischen Oberflächengewässer und Grundwasser und der engen wechselseitigen Wirkungsbeziehungen kann dieser Ansatz in besonderer Weise beim Eindringen problematischer Stoffe in den Boden vorrangig zu berücksichtigenden Auswirkungen auf das Grundwasser entsprechen.“ (KINNER et al. 1986, S. 27 - 28)

Atmosphärische Emissionen können direkt auf den Menschen, Fauna und Flora toxische Wirkungen entfalten. Daher bietet es sich an, die Einstufung der Toxizität von Luftemissionen an die mengenunabhängigen Toxizitätskennzeichnungen der Gefahrstoffverordnung anzulehnen und sogenannte Humangefährdungsklassen auszuweisen (siehe Tabelle 24).

Die Eigenschaften, die das stoffbedingte Expositionsverhalten eines Stoffes begründen, sind von äußeren Einflüssen, wie u. a. der Temperatur abhängig. Aus diesem Grund erscheint es sinnvoll, die Expositionsneigung eines Stoffes im Rahmen üblicher und unüblicher Bedingungen zu betrachten. Analog zur Toxizitätskennzeichnung werden die Neigungen für eine Wasser-/ Bodenexposition und eine Luftexposition bestimmt (siehe Tabelle 25, Tabelle 26).

Tabelle 24: Humangefährdungsklassen

HGK	Klassifizierung
0	im allgemeinen nicht humangefährdend
1	schwach humangefährdend <ul style="list-style-type: none"> • reizende Stoffe (Xi) • <i>Hinweisende R-Sätze: 36, 37, 38</i>
2	humangefährdend <ul style="list-style-type: none"> • gesundheitsschädliche Stoffe (Xn) • sensibilisierende Stoffe • ätzende Stoffe (C) • <i>Hinweisende R-Sätze: 20, 21, 22, 34, 35, 41, 42, 43</i>
3	stark humangefährdend <ul style="list-style-type: none"> • sehr giftige Stoffe (T⁺) • giftige Stoffe (T) • krebserzeugende Stoffe • fortpflanzungsgefährdende Stoffe • erbgutverändernde Stoffe • auf sonstige Weise chronisch schädigende Stoffe • <i>Hinweisende R-Sätze: 23, 24, 25, 26, 27, 28, (33), 39, 40, 45, 46, 48, 49, 60, 61, 62, 63, 64</i>

(Quelle: PAUTMEIER 1995, S. 44; verändert)

Verschiedene Stoffeigenschaften, die nicht zur Bildung der Indizes beitragen, wie die Viskosität oder die relative Gasdichte, sind im Einzelfall für eine Expositionsbeurteilung relevant¹³⁵:

- Die *kinematische Viskosität* dient zur Charakterisierung des Fließverhaltens von Flüssigkeiten in einem porösen Medium. Häufig liegt jedoch nur der Wert der dynamischen Viskosität vor. In diesem Fall kann die kinematische Viskosität ν anhand folgender Beziehung errechnet werden:

$$\nu = \frac{\text{dynamische Viskosität}}{\text{Dichte}}$$

Die kinematische Viskosität für Wasser beträgt $\nu = 1 \text{ mm}^2/\text{s}$. Daher sind folgende Beziehungen abzuleiten:

¹³⁵ vgl. DARIMONT 1988a, S. 92 ff.; DARIMONT 1988b, S. 10 ff.

- $v < 2 \text{ mm}^2/\text{s}$ → Flüssigkeiten, die schneller oder unwesentlich langsamer als Wasser fließen;
- $2 \text{ mm}^2/\text{s} < v < 30 \text{ mm}^2/\text{s}$ → Flüssigkeiten, die wesentlich langsamer als Wasser fließen;
- $v > 30 \text{ mm}^2/\text{s}$ → Flüssigkeiten, die zäh fließen (z. B. Rohöle)
- Anhand der relativen Gasdichte im Verhältnis zu Luft (Luft = 1) kann das Ausbreitungsverhalten von Gasen beschrieben werden. Gase, die spezifisch schwerer als Luft sind (relative Gasdichte > 1), breiten sich bei fehlenden Luftbewegungen auf der Bodenoberfläche aus und können somit in Wechselwirkung treten.

Tabelle 25: Luftexpositionsindizes¹³⁶

ExI_L	Beschreibung
0	im allgemeinen keine Luftexposition
1	Luftexposition unter ungewöhnlichen physikalisch-chemischen Bedingungen ¹³⁷ wahrscheinlich: <ul style="list-style-type: none"> • explosionsgefährliche Stoffe (E) • brandfördernde Stoffe (O) • Stoffe nach Vbf-Klasse A III • <i>Hinweisende R-Sätze: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 15, 16, 19, 44</i>
2	Luftexposition unter gewöhnlichen physikalisch-chemischen Bedingungen wahrscheinlich: <ul style="list-style-type: none"> • Gase, Aerosole, Dämpfe, Nebel, Stäube, Rauch • leichtflüchtige Stoffe¹³⁸ • entzündliche, leicht- und hochentzündliche Gefahrstoffe (F⁺, F) • Stoffe nach Vbf-Klasse A I, A II, B • <i>Hinweisende R-Sätze: 10, 11, 12, 17, 18, 30</i>

¹³⁶ Die Expositionsindizes gelten für den Fall einer freiwilligen oder unfreiwilligen Freisetzung des jeweiligen Stoffes.

¹³⁷ Hier sind Bedingungen wie z. B. erhöhte Temperaturen, außergewöhnliche Kontakte mit weiteren Stoffen, etc. zu nennen. Bei Stoffen, bei denen besondere Gefahren bestehen, gelten die Abweichungen von den vorschriftsmäßigen Bedingungen als ungewöhnliche physikalisch-chemische Bedingungen.

¹³⁸ DARIMONT (1988a, S. 96; 1988b, S. 14) gibt für leicht- bis mittelflüchtige Stoffe einen Dampfdruck von $\geq 13 \text{ hPa}$ ($\cong 10 \text{ mmHg}$) und für mittel- bis schwerflüchtige Stoffe einen Dampfdruck von $< 13 \text{ hPa}$ an.

Tabelle 26: Boden-/Wasserexpositionsindizes¹³⁹

ExI_{BW}	Beschreibung
0	im allgemeinen keine Boden-/Wasserexposition
1	Boden-/Wasserexposition unter ungewöhnlichen physikalisch-chemischen Bedingungen ¹⁴⁰ wahrscheinlich: <ul style="list-style-type: none"> • pastöse Stoffe • feste wasserlösliche Stoffe¹⁴¹
2	Boden-/Wasserexposition unter gewöhnlichen physikalisch-chemischen Bedingungen wahrscheinlich: <ul style="list-style-type: none"> • flüssige Stoffe¹⁴²

Die praktische Erfahrung hat gezeigt, daß eine übersichtliche Aufführung der Stoffe mit den zugeordneten relevanten Eigenschaften einer effizienten Arbeitsweise dienlich ist (siehe Tabelle 27). Während bei einer geringen Anzahl an Stoffen eine numerische oder anlagenbezogene Ordnung möglich ist, empfiehlt sich bei einer größeren Anzahl eine Einteilung nach Stoff- und Anwendungsgruppen. Eine Gruppierung nach ähnlichen Stoffen und Anwendungen vereinfachen statistische Auswertungen, das Erkennen von Substitutionsmöglichkeiten und die Informationshandhabung.

Es ist anzumerken, daß eine Erfassung sämtlicher im Betrieb verwendeten Stoffe weder notwendig noch sinnvoll und wohl nur bedingt möglich ist. Eine Erfassung aller Stoffe würde beispielsweise auch die Aufnahme von Minderungen an Klebstoff bedeuten, wie diese an jedem „Schreibtischarbeitsplatz“ zu finden sind. In der Summe sind hier evtl. relevante Abfälle zu erwarten, jedoch ist eine Gefährdung in Form von Emissionen nicht vorhanden oder unbedeutend. Die Entscheidung, welche Mengen Relevanz besitzen, ist situationsspezifisch zu treffen. Als Richtlinien können gelten:

¹³⁹ Die Expositionsindizes gelten für den Fall einer freiwilligen oder unfreiwilligen Freisetzung des jeweiligen Stoffes.

¹⁴⁰ Hier sind Bedingungen wie z. B. erhöhte Temperaturen, außergewöhnliche Kontakte mit weiteren Stoffen, etc. zu nennen. Bei Stoffen, bei denen besondere Gefahren bestehen, gelten die Abweichungen von den vorschriftsmäßigen Bedingungen als ungewöhnliche physikalisch-chemische Bedingungen

¹⁴¹ DARIMONT (1988a, S. 97; 1988b, S. 15) bezeichnet Stoffe mit einer Wasserlöslichkeit von $< 10^2$ mg/l als quasi unlöslich, Werte größer 10^2 und kleiner 10^4 mg/l als partiell löslich sowie Werte größer 10^4 mg/l als gut wasserlöslich.

¹⁴² Auch bei leichtflüchtigen flüssigen Stoffen ist bei der Freisetzung ein Eindringen in den Boden anzunehmen. (vgl. DARIMONT 1988a, S. 87)

- Erfassung aller Chemikalien, deren Mengen an einem Ort 15 Liter bzw. Kilogramm überschreiten
- Erfassung aller Chemikalien, die in Gebinden mit Inhalt über 5 Liter bzw. Kilogramm vorhanden sind.

Tabelle 27: Beispiel für eine Chemikalienliste mit umweltrelevanten Eigenschaften

Stoffgruppe 2: Verdünnungen, Reinigungsmittel, Entfettungsmittel, Lösungsmittel

Nr.	Stoff	Inhaltsstoffe	WG K	HG K	Ex I _{BW}	Ex I _L	Gefahrstoffverordnung		VbF	Zustand	Dichte (g/cm ³)	Viskosität	rel. Gasdichte	Löslichkeit (H ₂ O)	Dampfdruck
							Symbol	R-Sätze							
1	Spiritus	Ethanol	1	0	2	2	F	11	B	1	0,82	1,19 mPas	-	l.	59 hPa
2	Kaltreiniger	Iso-paraffine	1	0	2	2	-	10	A II	1	0,75	-	-	-	10 mbar
3	Trichlor-ethan	1.1.1. Trichlorethan	3	2	2	2	Xn, N	20, 59	-	1	1,32	0,86 mPas	-	1,3 g/l	133 mbar
4															

Die Menge von 15 Litern bzw. Kilogramm ist im Verhältnis, z. B. zu den Bewertungsmaßstäben der Versicherungswirtschaft, äußerst gering. Da jedoch im Zusammenhang eines Besorgnisgrundsatzes, bzw. der EG-Öko-Audit-Verordnung ein präventiver Umweltschutz gefordert ist, sollen auch kleine Potentiale erfaßt werden. Bei kleinen Gebindegrößen entfallen häufig kontaminationsträchtige Vorgänge, wie Um- und Abfüllen. Der schnellere Verbrauch kleinerer Gebinde verkürzt den Zeitraum der Bereitstellung angebrochener Gebinde außerhalb der dafür vorgesehenen Lagereinrichtungen.

Speziell für die Störfallanalyse erfolgt die Ausweisung von Mengen-/Gebindeindizes (siehe Tabelle 28). Geringere Gebindegrößen weisen deshalb meist ein niedrigeres Risiko auf, da zum einen Ab- und Umfüllvorgänge weniger häufig sind und zum anderen die Wahrscheinlichkeit geringer ist, daß bei einer Verteilung der gleichen Menge von einer Umweltchemikalie auf mehrere Gebinde bei einem Störfall die identische Menge freigesetzt wird.

Tabelle 28: Risikoindex (MGI) für Gefahrstoffmengen unter Berücksichtigung der Gebindegrößen im Rahmen der Störfallanalyse

Menge [kg, l]	Gebinde ≤ 20 [kg, l]	Gebinde ≤ 60 [kg, l]	Gebinde ≤ 200 [kg, l]	Gebinde >200 [kg, l]	Rohr- leitung ¹⁴³
≤ 300	1	2	3	3	3
301-1000	3	3	4	4	4
>1000	4	4	5	5	5

(Quelle: EIPPER 1995, S. 103; verändert)

Wiederum für die Störfallanalyse werden WGK/HGK, ExI und MGI zu einem aussagekräftigen Index, dem Chemikalienrisikoindex (CRI_{BW} , CRI_L) aggregiert, wobei der Belastungspfad die Kombination bestimmt:

- WGK → ExI_{BW} → MGI ⇒ CRI_{BW}
- HGK → ExI_L → MGI ⇒ CRI_L

Tabelle 29: Chemikalienrisikoindex für die Störfallanalyse

CRI	Klassifizierung
0	im allgemeinen nicht umweltrelevant
1	gering umweltrelevant
2	umweltrelevant
3	in starkem Maße umweltrelevant

In die Aggregation sollten alle zur Verfügung stehenden Informationen einfließen. Näherungsweise können die drei Indizes als Koordinaten eines Vektors betrachtet werden, dessen Betrag dann einem Risikopotential zugewiesen werden kann.¹⁴⁴ Bei einer Gleichverteilung der möglichen Lö-

sungen auf drei Klassen liegen die Übergänge von der Risikostufe 1 zu 2 bei $\sqrt{13}$ und von Risikostufe 2 zu 3 bei $\sqrt{22}$. Für das Chemikalienrisiko im Störfallbetrieb ergibt sich die in Tabelle 29 beschriebene Einteilung.

Der Chemikalienrisikoindex hat nur beschränkte Aussagekraft zu bestimmten Störfallsituationen. So läßt dieser Index keine Aussage zu bezüglich:

- zeitlich langer Expositionsdauer von umweltrelevanten Stoffe
- Störfällen mit besonderen Expositionsbedingungen, z. B. bei Bränden
- gefährlichen Reaktionen mit anderen Stoffen.

Die Berücksichtigung der störfallbedingten Stoffumwandlungen gestaltet sich aufgrund der Vielzahl an möglichen chemischen Reaktionen als problema-

¹⁴³ Bei Rohrleitungen ist zu beachten, daß der Anlageninhalt derjenigen Menge entspricht, die maximal freigesetzt werden kann und nicht derjenigen, die allein aus dem Rohrvolumen bestimmt wird.

¹⁴⁴ vgl. PAUTMEIER 1995, S. 44, 46

tisch. Eine Einzelfallbetrachtung ist meist nur als Ausnahme möglich. Vereinfacht ist die Erfassung gefährlicher Reaktionen durch die Berücksichtigung von problematischen Zusammenlagerungen¹⁴⁵ und Zusammenlagerungsverboten möglich (siehe Tabelle 30).

Da Emissionen des Normalbetriebes immer eine Exposition aufweisen, ist hier ein mengenabhängiger Abgleich der Gefährdungsklasse und weiterer Stoffeigenschaften mit der Standortempfindlichkeit durchzuführen. Bei Daueremissionen ist, unter Berücksichtigung des Einzelfalles, die Menge zu vernachlässigen.

Die Beurteilung von Altlasten kann nur dann anhand der umweltrelevanten Stoffe vorgenommen werden, wenn ein analytischer Altlastenbefund vorliegt. Ist dies nicht der Fall, so ist anhand einer Nutzungsrecherche festzustellen, ob die betrachtete Fläche altlastenverdächtig¹⁴⁶ ist. Aufgrund der Unsicherheiten ist bei verdächtigen Flächen von einem hohen bis sehr hohen Risiko auszugehen.

Tabelle 30: Übersicht zu heftig miteinander reagierenden Chemikalien

Grundstoff	Kontakt zu vermeiden mit
Acetylen	Halogene, Kupfer, Silber, Quecksilber
Alkalimetalle, Aluminium- und Magnesiumpulver	Wasser, Halogene, Tetrachlormethan und andere chlorierte Lösungsmittel, Kohlendioxid, Blausäure
Ammoniak	Quecksilber, Halogene, Calciumhypochlorit, Fluorwasserstoffsäure
Ammoniumnitrat	Metallpulver, Säuren, Chlorate, Nitrite, Schwefel, brennbare Lösungsmittel, feinverteilte brennbare Feststoffe
Anilin	Salpetersäure, Wasserstoffperoxid
Blausäure	Salpetersäure, Alkalimetalle
Braunstein	Wasserstoffperoxid
Brennbare Lösungsmittel	Ammoniumnitrat, Chromsäure, Halogene, Natriumperoxid, Salpetersäure, Wasserstoffperoxid
Brom	vergleiche bei Chlor
Chlor	Metallpulver, Wasserstoff, Ammoniak, Acetylen, Butadien, Methan, Propan, Buten, Terpentin, Benzol
Chlorate	Metallpulver, Ammoniumsalze, Säuren, Schwefel, Zucker
Chlordioxid	Ammoniak, Schwefelwasserstoff, Methan, Phosphin
Chlorite	Anorganische und organische Säuren, Zucker, Feststoffe
Chromsäure	Essigsäure, Naphthalin, Campher, Glycerin, Terpentin, Alkohole, brennbare Lösungsmittel
Cumolhydroperoxid	Anorganische und organische Säuren

Fortsetzung nächste Seite

¹⁴⁵ Weitergehende Informationen sind u. a. im „Konzept zur Zusammenlagerung von Chemikalien“ des Verbandes der Chemischen Industrie e.V. (Hrsg., 1993) zu finden.

¹⁴⁶ vgl. Kapitel 2.3.3.

Grundstoff	Kontakt zu vermeiden mit
Cyanide	Anorganische und organische Säuren
Eisessig	Chromsäure, Perchlorsäure, Salpetersäure, Peroxide, Kaliumpermanganat
Epichlorhydrin	Säuren und Alkalien
Fluor	jeden Kontakt mit anderen Stoffen ausschließen bzw. vermeiden
Fluorwasserstoffsäure	Ammoniak
Hydrazin	alle Oxidationsmittel
Jod	Ammoniak, Wasserstoff, Acetylen
Kaliumperchlorat	Schwefelsäure
Kaliumpermanganat	Schwefelsäure, Ethylenglycol, Benzaldehyd, Glycerin
Kaliumsulfid	vergleiche Sulfide
Kohlenwasserstoffe	Halogene, Chromsäure, Natriumperoxid
Natriumperoxid	Ethylacetat, Ethylalkohol, Ethylenglycol, Eisessig, Glycerin
Oxalsäure	Quecksilber, Silber
Perchlorsäure	Bismut und -legierungen, Essigsäureanhydrid, Alkohole, Papier, Holz, Zucker
Sauerstoff	alle organischen brennbaren Materialien
Schwefelkohlenstoff	Natriumperoxid
Schwefelsäure	Kaliumchlorat und -perchlorat, Kaliumpermanganat
Schwefelwasserstoff	rauchende Salpetersäure, oxidierende Gase, Ammoniumverbindungen, Acetylen, Oxalsäure, Weinsäure
Sulfide	Säuren
Tetrachlorethylen	Alkalimetalle, Kalium- und Natriumhydroxid (fest)
Trichlorethylen	Alkalimetalle, Ätznatron, Ätzkali, Säuren
Wasserstoffperoxid	Aktivkohle, Alkali, Braunstein, feinverteilte Edelmetalle, Fluor-, Eisen- und Kupfersalze, Kaliumiodid, Schwefelkohlenstoff und Schwefelwasserstoff

(Quelle: KOCH 1989, S. 26 - 27)

4.1.3.2. Technisch-organisatorische Risiken

Technik und Organisation besitzen maßgeblichen Einfluß in bezug auf die Umweltrelevanz des Betriebsablaufes. Die Beurteilung des technisch-organisatorischen Zustandes von Anlagen erfordert die gesonderte Betrachtung von Normal- und Störfallbetrieb. Bei der Beurteilung des technisch-organisatorischen Anlagenzustandes hinsichtlich der Störfallanalyse liegt die Betonung auf der Beseitigung oder Absicherung von Störfallpotentialen. Das Ziel im Rahmen des Normalbetriebes hingegen ist der Einsatz effizienter emissionsvermeidender bzw. -vermindernder Technologien.

Das Kriterium für den Normalbetrieb ist nach der EG-Öko-Audit-Verordnung die „beste verfügbare Technik“¹⁴⁷, für die in Deutschland im allgemeinen der 'Stand der Technik'¹⁴⁸ herangezogen wird. PAUTMEIER (1995, S. 7) stellt heraus, daß die durch den 'Stand der Technik' festgelegten Emissionen als Maßstab für die EG-Öko-Audit-Verordnung zu betrachten sind. Das Unternehmen ist daher nicht verpflichtet, entsprechende Anlagen nach dem 'Stand der Technik' zu betreiben, sondern die nach dem 'Stand der Technik' erforderlichen Grenzwerte einzuhalten, sofern dies wirtschaftlich vertretbar ist. Es ist anzumerken, daß diese Zielformulierung nicht nur hinsichtlich der Registrierung und Bewertung der Umweltauswirkungen nach der EG-Öko-Audit-Verordnung berechtigt ist, sondern auch für andere Umweltrisikooanalysen zu verwenden ist.

Bei der Störfallbetrachtung ist die Vermeidung von Emissionen von besonderem Interesse. In bezug auf Umweltchemikalien bedeutet das, daß die stoffspezifischen Emissionspfade nachhaltig zu unterbinden sind. Die Sicherungsmaßnahmen müssen der Umweltrelevanz der potentiellen Emissionen angepaßt sein. Der Primärschutz ist in der Regel zwar vorhanden, jedoch ist auch dieser beispielsweise Alterungsprozessen unterworfen und daher nicht in jedem Falle ausreichend. Auch ist z. B. die Handhabung eines umweltrelevanten Stoffes im Freien über unversiegeltem Boden anders einzustufen, als der Umgang mit dem gleichen Stoff in einer geschlossenen, bodenversiegelten Halle.

Der Faktor Zeit darf im Rahmen der Risikobeurteilung nicht außer Acht gelassen werden. Ein Störfallpotential, welches unbemerkt zu Umweltbeeinträchtigungen führen könnte, birgt selbst bei gering toxischen Substanzen ein sehr hohes Risiko. Daher ist eine einfache Redundanz bei solchen nur bedingt kontrollierbaren Anlagen, wie unterirdischen Tanks oder Rohrleitungen absolut unzureichend. Aber auch oberirdische Rohrleitungen oder Tanks weisen ein erhöhtes Risiko auf, sofern die gesamte Anlage nicht regelmäßig überwacht wird. Speziell bei Rohrleitungen ist die Art des Transportvorganges aus sicherheitstechnischen Aspekten von Bedeutung. Saugleitungen gelten bei entsprechender Installation als sicherer¹⁴⁹, da die Flüssigkeitssäule bei Undichtheit abreißt.

Das anlagenbezogene Umweltgefährdungspotential wird aus dem Chemikalienrisiko und dem entsprechenden technisch-organisatorischen Zustand der Anlage ermittelt. Die in Tabelle 31 dargestellte Zuweisung von Risikoindizes besitzt keine Verbindlichkeit, sondern dient als ernstzunehmender Hinweis. Es wird hier absichtlich auf eine verbindliche Zuweisung verzichtet, da die Komplexität der Risikobeurteilung zuweilen einzelfallspezifische Entscheidungen erfordert. Die Richtlinien sind andererseits dazu da, um willkürliche Zuwei-

¹⁴⁷ vgl. HENN 1993, S. 41

¹⁴⁸ siehe Kapitel 4.1.3.; vgl. SPINDLER 1993, S. 9

¹⁴⁹ vgl. SCHEDLER 1994, S. 183

sungen zu vermeiden. Jede Abweichung ist daher zu begründen. Nur so kann die Transparenz und damit die Nachvollziehbarkeit gewährleistet werden.

Tabelle 31: Zuweisungsrichtlinien von Risikoindizes

RI	Betriebliche Situation
1	<ul style="list-style-type: none"> • es werden keine umweltgefährdenden Stoffe eingesetzt und im Störfallbetrieb können keine solche Stoffe entstehen • es entstehen nur geringe, wenig umweltgefährdende Emissionen • gering umweltrelevante Stoffe oder Stoffmengen werden optimal kontrolliert
2	<ul style="list-style-type: none"> • die Umweltrelevanz der eingesetzten Stoffe wird durch sehr gute technisch-organisatorische Maßnahmen optimal kontrolliert • entstehende, wenig umweltgefährdende Emissionen werden überwacht und sind quantifizierbar • Einsatz von gering umweltrelevanten Stoffen bzw. Stoffmengen
3	<ul style="list-style-type: none"> • geringe Emissionen von gering umweltgefährdenden Stoffen hinsichtlich der Toxizität • entstehende umweltgefährdende Emissionen werden überwacht und sind quantifizierbar (Abwasser, Abluft) • Einsatz von umweltrelevanten Stoffen bzw. Stoffmengen • Lagerung von Gewerbe- oder Industriemüll
4	<ul style="list-style-type: none"> • geringe Emissionen von umweltgefährdenden Stoffen hinsichtlich der Toxizität • nicht einsehbare Lager- und Transporteinrichtungen für umweltgefährdende Stoffe, ohne gute technisch-organisatorische Sicherungsmaßnahmen • technisch nicht abänderbare Risiken (Notwendigkeit einer ständigen Überwachung) • Einsatz von in starkem Maße umweltrelevanten Stoffen bzw. Stoffmengen
5	<ul style="list-style-type: none"> • rechtswidriger Anlagenbetrieb, z. B. Verstoß gegen Zusammenlagerungsverbot, Einsatz verbotener Stoffe, etc.) • Emissionen von stark umweltgefährdenden, umweltgefährdenden und gering umweltgefährdenden Stoffen hinsichtlich der Toxizität

(Quelle: EIPPER 1995, S. 112, verändert)

Die stoffbedingten Gefährdungscharakteristika sowie die Stoffmengen vor Ort werden zusammen mit den Beschreibungen des entsprechenden technisch-organisatorischen Zustandes in einer ort-/anlagenbezogenen Liste aufgeführt

und bewertet (siehe Tabelle 32). Weitere nicht konkret stoffbezogene umweltrelevante Aspekte und Bereiche werden analog behandelt.

Tabelle 32: Beispiel für eine Anlagen-/Stoffbewertungsliste

Anlage	Stoff Nr.	MGI Menge	GK	ExI	CRI	Technisch-organisatorischer Zustand	RI
Mechanische Bearbeitung						betonierter Hallenboden; Bodeneinlauf mit Ölabscheider	RI_{WB} 3 RI_L 1
Dreherei	1.03	3 200 l	WGK 2 HGK 0	ExI _{BW} 2 ExI _L 0	CRI _{BW} 2 CRI _L 0	Gebinde stehen in Auffangbecken	RI _{WB} 2 RI _L 1
	1.11	2 50 kg	WGK 3 HGK 0	ExI _{BW} 1 ExI _L 1	CRI _{BW} 2 CRI _L 0	keine Sicherung gegen Leckageverluste	RI _{WB} 3 RI _L 1

4.2. Die Standortempfindlichkeit

Die Ermittlung und Bewertung der Standortempfindlichkeit bedeutet, die in Kapitel 2 vorgestellten Akzeptoren auf deren Belastbarkeit bezüglich betrieblicher Einflüsse zu untersuchen. Ausführliche Unterlagen sind selten vorhanden und die Möglichkeit ausgiebige Geländearbeiten zu betreiben ist aus Gründen der Effizienz meist nicht praxisüblich, wenn auch wünschenswert. Daher ist der Rückgriff auf Indikatorgrößen notwendig, die im Rahmen einer Schnellansprache ermittelt werden können.

Tabelle 33: Bedeutung der Empfindlichkeitsindizes

Empfindlichkeitsindex	Bedeutung
1	sehr geringe Empfindlichkeit
2	geringe Empfindlichkeit
3	mittlere Empfindlichkeit
4	hohe Empfindlichkeit
5	sehr hohe Empfindlichkeit

ermittelt werden können. Eine weitere Größe, die die Standortempfindlichkeit maßgeblich beeinflusst ist die Vorbelastung der entsprechenden Umweltsphären. Allerdings liegen hierzu nur selten verwertbare Daten vor, so daß die Vorbelastung nur in bestimmten Fällen einbezogen werden kann. Die Vergabe der Empfindlichkeitsindizes erfolgt in Anlehnung an die Risikoindizes

(siehe Tabelle 33). Mögliche Datenquellen zur Ermittlung der Standortempfindlichkeit sind Tabelle 34 zu entnehmen.

Tabelle 34: Informationsquellen zur Erfassung der Standortempfindlichkeit

Aspekt	Informationsquelle
Standortermittlung	<ul style="list-style-type: none"> • Ausbreitungsmodelle • Abstandserlaß Nordrhein-Westfalen • betriebliche Daten bezüglich Bauhöhen
Klima	<ul style="list-style-type: none"> • Befragungen • Behörden (Landwirtschaftsämter) • Datensammlung Klima • Flächennutzungspläne • Karten (Moorkarten, Topographische Karten) • Klimagutachten • Wetterstationen
Boden	<ul style="list-style-type: none"> • Baugrundgutachten • Befragungen • Begehungen/Kartierungen • Behörden (Finanz- oder Katasterämter, Landwirtschaftsämter) • Flächennutzungspläne • Karten (Geologische Karten, Topographische Karten)
Grundwasser	<ul style="list-style-type: none"> • Baugrundgutachten • Behörden (Wasserwirtschaftsamt) • Flächennutzungspläne • Karten (Geologische Karten, Hydrogeologische Karten, Topographische Karten)
Gewässer	<ul style="list-style-type: none"> • Begehungen/Kartierungen • Behörden (Wasserwirtschaftsamt) • Karten (Gewässergütekarten der Länder, Topographische Karten)
Biosphäre	<ul style="list-style-type: none"> • Begehungen/Kartierungen • Flächennutzungspläne • Naturschutzverbände • Karten (Moorkarten, Topographische Karten)
Anthroposphäre	<ul style="list-style-type: none"> • Begehungen/Kartierungen • Flächennutzungspläne • Karten (Topographische Karten)

4.2.1. Abgrenzung des Standortes

Der Standort oder die Belastungszone stellt im Rahmen der Umweltrisikobetrachtung den Bereich dar, für den lokale Umwelteinwirkungen verbindliche Konsequenzen für einen Betrieb bedeuten können. Da Umweltbelastungen innerhalb des lokalen Bereiches variieren, werden verschiedene Unterzonen ausgewiesen:

- die Kernzone
- die Abstandszone
- die Ausbreitzzone.

Die Kernzone umfaßt den Bereich des Produktionsstandortes. Diese beschreibt den Bereich, von dem Emissionen ausgehen können und damit auch den Bereich, der von direkten Boden- oder Gewässerkontaminationen betroffen sein kann.

Die Ausweisung der Abstandszone basiert auf dem Abstandserlaß des Landes Nordrhein-Westfalen. In der zugehörigen Abstandsliste werden verschiedenen Typen von Betrieben oder Produktionsanlagen Mindestabstände zu reinen Wohngebieten zugeordnet. Wird mindestens die nach Abstandsliste vorgegebene Distanz (siehe Tabelle 35) eingehalten, so sind aus dem bestimmungs-

mäßigen Betrieb keine erheblichen Nachteile oder Belästigungen zu erwarten.¹⁵⁰

Die Abstandszone wird - basierend auf dem worst-case-Gedanken - anhand der Anlage mit dem größten Abstand ausgewiesen.

Die Abstandszone berücksichtigt lediglich den Normalbetrieb. Daher ist noch eine weitere Zonenausweisung erforderlich, die die maximale lokale Ausbreitung einbezieht. Da rechnergestützte Ausbreitungsberechnungen in der Praxis häufig zu aufwendig sind, bietet sich ein vereinfachter Rückgriff auf das Beurteilungsgebiet nach der Technischen Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA-Luft) an. Dieses Beurteilungsgebiet nach TA-Luft „wurde von manchen Gerichten als das Gebiet interpretiert, daß die Betroffenheit und somit auch die Klagebefugnis eingrenzt.“

Tabelle 35: Abstandsklassen des Abstandserlasses

Abstands- klasse	Abstand
I	1500 m
II	1000 m
III	700 m
IV	500 m
V	300 m
VI	200 m
VII	100 m

(Quelle: MINISTERIUM FÜR UMWELT, RAUM-ORDNUNG UND LANDWIRTSCHAFT DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN 1994)

¹⁵⁰ Dies bezieht sich auf Anlagen, die dem 'Stand der Technik' entsprechen.

(KUMM 1995, S. 4) Die Berechnung dieser Beurteilungszone beruht auf dem Gaußschen Ausbreitungsmodell. Aufgrund der meist schlechten Datenlage¹⁵¹ bezüglich der benötigten Eingangsinformationen¹⁵² empfiehlt es sich generell, das maximale Beurteilungsgebiet nach TA-Luft heranzuziehen, das nach der HESSISCHEN LANDESANSTALT FÜR UMWELT (1994, S. 13) einem Kreis mit einem Radius der 50-fachen Schornsteinhöhe entspricht.

Es ist allerdings kritisch anzumerken, daß das Gaußsche Ausbreitungsmodell auf verschiedenen abstrakten Annahmen¹⁵³ basiert. Es wird daher davon ausgegangen, daß andere Ausbreitungsmodelle, wie zum Beispiel das Lagrangesche Partikeldispersionsmodell (LPDM), dem wirklichen Schadstoffausbreitungsverhalten eher entsprechen. Für die Ausbreitung von Schadstoffen ergab sich nach einer Studie der HESSISCHEN LANDESANSTALT FÜR UMWELT (1994, S. 55) für das LPDM ein größeres Beurteilungsgebiet als nach dem Gauß-Modell bei gleichen Ausgangsbedingungen. Ist ein Rückgriff auf entsprechende Ausbreitungsmodelle möglich, so sind diese Ergebnisse in die Ermittlung der Belastungszone miteinzubeziehen.

Für die praktische Anwendung wird die größte Distanz zwischen Geländeoberfläche und dem höchsten Punkt (Quellpunkt) des Betriebes als „Schornsteinhöhe“ eingesetzt.

In der Regel übertrifft die Ausbreitungszone die Abstandszone. Sollte jedoch die Abstandszone weiter als die Ausbreitungszone reichen, so ist letztere zu vernachlässigen. Als Hinweis auf eine wahrscheinliche Ausbreitung von Schadgaswolken im Störfall sind die Hauptwindrichtung und - sofern vorhanden - die Richtung mit den stärksten Windgeschwindigkeiten¹⁵⁴ zu vermerken.

4.2.2. Klima

Die Beurteilung der klimatischen Situation orientiert sich an der standortbedingten Fähigkeit, Schadstoffe anzureichern bzw. abzuführen. Die Durchlüftung wird anhand des Reliefs ermittelt. Sofern keine präzisen Daten vorliegen, können die Kennwerte aus der Topographischen Karte ermittelt werden. Einer

¹⁵¹ vgl. HEUBNER 1988, S. 10

¹⁵² Diese Informationen sind: Windgeschwindigkeit, Windrichtung, Ausbreitungsklassen, Schornsteinhöhe, Quellstärke, Wärmestrom der Quelle

¹⁵³ Dies sind u. a. Annahmen wie eine einfach geschichtete Atmosphäre, zeitliche und räumliche Konstanz der meteorologischen Parameter, ebenes Gelände ohne nennenswerte Bodenrauigkeit, keine chemischen Umwandlungen, die Totalreflexion des Gases am Boden sowie das Fehlen der nassen Deposition. (vgl. LAHMANN 1990, S. 42; KOLAR 1990, S. 203)

¹⁵⁴ vgl. VDI-KOMMISSION REINHALTUNG DER LUFT 1988, S. 64

dieser Kennwerte ist die Durchlüftungszahl D^{155} , die nach folgender Formel berechnet wird:

$$D = \frac{d}{d+b} \cdot \frac{d}{t}$$

mit: D = Durchlüftungszahl

d = obere Talweite

b = Talsohlenweite

t = Tiefe des Tales

Die Ermittlung der Kaltluftproduktivität wird anhand der Bewertungsmöglichkeit nach MARKS et al. (1989, S. 103 - 107) durchgeführt (siehe Tabelle 36). Wasserscheiden und Kammlinien werden zur Ermittlung der Größe des Kaltluftentstehungsgebietes herangezogen.

Tabelle 36: Klassifizierung der Klimafaktoren der Kaltluftentstehung

Größe des Kaltluftentstehungsgebietes		Anteil der Acker-, Wiesenflächen		Mittlere Hangneigung		Mittleres Hangquerprofil		Mittlere Hanglänge	
km ²	BZ	%	BZ	°	BZ		BZ	m	BZ
1 - 5	4	bis 25	3	bis 5	1	konkav	4	bis 50	0
5 - 10	8	25 - 50	6	5 - 15	6	gestreckt	2	50 - 100	2
10 - 15	12	50 - 75	9	15 - 25	8	konvex	0	100 - 150	4
15 - 20	16	> 75	12	25 - 35	7			150 - 200	6
20 - 25	20			> 35	6			200 - 250	8
> 25	24							> 250	10
Rauhigkeit der Talsohle									BZ
ausschließlich Wiesen und Äcker									10
Wiesen und Äcker auf mindestens 2/3 der Fläche, Baumgruppen oder einzelne Häuser									8
Wiesen und Äcker dominierend, Wald oder lockere Bebauung auf maximal 1/3 der Fläche									6
Wald oder lockere Bebauung mit geringer Blockbebauung dominierend, Wiesen und Äcker vorhanden									4
Lockere Bebauung mit geringer Blockbebauung auf mindestens 2/3 der Fläche									2
Fast vollständig bebaut									0

(Quelle: MARKS et al. 1989, S. 106)

¹⁵⁵ vgl. KAPS 1955, S. 63

Tabelle 37: Beurteilung der Klimameliorations- und bioklimatischen Funktion

Klasse	Bewertungs- zahl (BZ)	Bezeichnung	Merkmale
1	≥ 50	sehr groß	dringt auch in dicht bebautes Gebiet auf mehr als 2 km ein
2	44 - 49	groß	dringt auf mehreren hundert Metern auch in dicht bebautes Gebiet ein
3	38 - 43	mittel	dringt auf mehreren hundert Metern in Gebiete mit aufgelockerter Bebauung ein
4	32 - 37	mäßig	dringt auf mehreren hundert Metern in Gebiete mit aufgelockerter Bebauung ein
5	26 - 31	gering	dringt randlich in Gebiete mit aufgelockerter Bebauung ein
6	≤ 25	sehr gering	dringt nicht in bebautes Gebiet ein

(Quelle: MARKS et al. 1989, S. 107)

Die vorliegenden Einzelwerte werden addiert und nach den Tabellen 37, 38 den entsprechenden Merkmalen bzw. Empfindlichkeiten zugeordnet. Die Bewertung der Inversionshäufigkeit und des Reliefs (Orographie) sowie der bereits genannten Merkmale erfolgt nach Tabelle 38.

Tabelle 38: Bewertung der klimatischen Empfindlichkeit

Kriterium	Empfindlichkeitsindex Klima				
	1	2	3	4	5
Durchlüftungszahl	D > 15		D = 8 - 15	D < 8	
Inversionshäufigkeit	selten		k.A.	häufig	
Kaltluft (BZ)	≤ 25	26 - 31	32 - 38	44 - 49	≥ 50
Orographie	offene, ebene Landschaft	flachwellige Landschaft	weites Tal	enges Tal	tiefes, enges Tal

(Quelle: EIPPER 1995, S. 125)

4.2.3. Boden

Die Beurteilung des Schutzgutes Boden erfolgt im Hinblick auf die Sicherstellung der Regelungs- und Lebensraumfunktion. Als Bewertungsgrundlage werden Kriterien ausgewiesen, die Böden hinsichtlich ihrer Schadstoffanreicherungsneigung charakterisieren. Daher werden Böden mit einem hohen Reten-

tionsvermögen als empfindlicher eingestuft, als solche mit geringem Schadstoffrückhaltevermögen, da eine akute Ökotoxizität sowie eine spätere oder andauernde Remobilisierung nicht ausgeschlossen werden kann.

Ein weiterer problematischer Aspekt bei der Bodenbeurteilung ergibt sich im Zusammenhang mit der Ermittlung der notwendigen Daten. Da in der Regel aktuelle Bodenkartierungen nicht oder nur vereinzelt vorliegen, bietet sich der Rückgriff auf die nahezu flächendeckend vorhandenen Daten der Reichsbodenschätzung an. Laut BERGER (1995, S. 10) ist jedoch zu bedenken, daß die Erhebungskriterien der Reichsbodenschätzung nicht mehr denen einer heutigen Bodenkartierung entsprechen und außerdem nur landwirtschaftliche Nutzflächen bewertet wurden.

Die Bodenzahlen bzw. die Grünlandgrundzahlen eignen sich nur bedingt für eine Bewertung der ökologischen Bodenfunktionen, da diese eine bereits sehr stark aggregierte Kenngröße zur Beurteilung der Produktionsfunktion darstellen. Dennoch ist eine Einstufung einer möglichen Schadstoffanreicherung auf Grundlage der Reichsbodenschätzung möglich, da wichtige Parameter zur Erfassung des Retentionsvermögens in die Bodenschätzung Eingang finden. Dies sind die Bodenart und die Zustandsstufe¹⁵⁶. Die Zustandsstufe 1 ist die produktivste Stufe und weist günstige Humusverhältnisse, eine gute Durchlüftung und keine Anzeichen von Versauerung auf.¹⁵⁷ Mit zunehmender Zustandsstufe (beim Ackerschätzungsrahmen bis maximal Zustandsstufe 7, beim Grünlandschätzungsrahmen bis maximal Zustandsstufe III) verschlechtern sich diese Merkmale im Sinne der Produktionsfunktion.

Sind keine Daten zur Reichsbodenschätzung vorhanden, so ist das Retentionsvermögen der Böden anhand weiterer Kriterien einzustufen. Die Eigenschaften eines Bodens sind durch dessen Genese geprägt, so daß der Bodentyp als Indikatorgröße herangezogen werden kann. Allerdings sind die natürlichen Bodeneigenschaften häufig von der jeweiligen Landnutzung des Bodens überprägt. Nach FRÄNZLE et al. (1993, S. 29) sind dadurch insbesondere bei den pH-Werten und dem Gehalt an organischer Substanz erhebliche Unterschiede zu den natürlichen Ausprägungen der Bodentypen festzustellen. Tabelle 39 gliedert Bodentypen nach deren natürlichem Retentionsvermögen.

¹⁵⁶ Bei der Zuordnung einer Zustandsstufe werden u. a. beachtet: Humus- und Kalkgehalt, Krümen- und Profiltiefe, Bodengefüge, Horizontgliederung (vgl. ARBEITSGRUPPE BODENKUNDE 1994, S. 248 ff.)

¹⁵⁷ vgl. SCHEFFER, SCHACHTSCHABEL 1992, S. 464

Tabelle 39: Gliederung der Bodentypen nach deren Retentionsvermögen

Bodentyp	vorherrschende Bodenart	Klasse
Parabraunerde guter bis mittlerer Basenversorgung, örtlich tschernosemartig und Pararendzina	schluffiger Lehm meist mit schwerem Unterboden	1
Parabraunerde guter bis mittlerer Basenversorgung	schluffiger Lehm mit schwerem Unterboden	
Tschernosem	schluffiger Lehm	
degradierter Tschernosem	schluffiger Lehm, meist über schwerem Unterboden	
Pseudogley	toniger Lehm	
sonstige Parabraunerden	Lehme und Sande	2
Braunerde guter bis mittlerer Basenversorgung, z. T. podsoliert, örtlich Pseudogley	schluffiger Lehm	
Rendzina	steiniger Lehm bis Ton	
Pararendzina	schluffiger Lehm	
Braunerde, Pseudogley, örtlich Podsol und Rendzina, mittel- bis flachgründig in kleinräumigem Wechsel	lehmiger Sand bis lehmiger Ton, z. T. steinig	
Pseudogley	lehmiger Sand bis schluffiger Lehm, oft mit schwerem Unterboden	
Pseudogley	Lehm und Ton, z. T. steinig	
Terra fusca	steiniger Lehm bis Ton	
Terra rossa	steiniger Lehm bis Ton	
Rendzina, Braunerde, Parabraunerde, mittel- bis flachgründig in kleinräumigem Wechsel	Lehm bis schluffiger Lehm, oft steinig	3
sonstige Braunerde	lehmige Sande bis sandige Lehme, oft steinig	
Pararendzina	lehmiger Sand bis sandiger Lehm	
Rendzina, flachgründig	steiniger Lehm bis Ton	
alle Podsole	sandige, evtl. lehmig sandige Böden	
Gleye, Quellengleye		
Auenböden, hoher Grundwasserstand ¹⁵⁸		
Ranker	oft steinig	
Syrosem, Lockersyrosem, Syrosem-Ranker		4
kein Boden		5

(Quelle: EIPPER 1995, S. 46)

¹⁵⁸ „Die Beurteilung der Auenböden wird sehr unterschiedlich gehandhabt. Ausschlaggebend ist hier der Grundwasserstand. Liegt dieser ausreichend tief, so können Auenböden als tonig-lehmige Böden ein sehr hohes Retentionsvermögen aufweisen.“ (EIPPER 1995, S. 46)

Die Zuordnung der Bodenempfindlichkeitsindizes erfolgt nach Tabelle 40. Aufgrund der besonderen Schutzbedürftigkeit des Bodens und der schwierigen Folgenabschätzung im Falle eines Schadstoffeintrages wird von einer Vergabe der Empfindlichkeitsstufen 1 und 2 abgesehen.¹⁵⁹ Im Einzelfall ist auch ein direkter Abgleich von Stoff- und Bodeneigenschaften gemäß der Kriterien aus Kapitel 2.3.2.1. möglich.

Tabelle 40: Bewertung der Bodenempfindlichkeit

Kriterium	Empfindlichkeitsindex Boden				
	1	2	3	4	5
Zustandsstufe Acker- schätzungsrahmen	versiegelte Oberfläche, künstliche Anschüttung		7, 6	5, 4, 3	2, 1
Bodenart Acker- schätzungsrahmen			S, Sl	lS, SL, sL	L, LT, T
Zustandsstufe Grünland- schätzungsrahmen	versiegelte Oberfläche, künstliche Anschüttung		III	II	I
Bodenart Grünland- schätzungsrahmen			S	lS	L, T
Retentionsvermögen Bodentyp			4	3	2, 1

4.2.4. Grundwasser

Die Grundwasserempfindlichkeit wird nach der Möglichkeit des Stoffeintrages und der Stoffausbreitung im Grundwasser ermittelt. Die Grundwasserüberdeckung wird bezüglich der Verweildauer des Sickerwassers in der ungesättigten Zone bewertet. Dabei gehen HÖLTING et al. (1995, S. 8) davon aus, daß „je länger die Aufenthaltsdauer ist, desto länger können die Abbau- und Sorptionsprozesse wirksam werden und damit eine Verringerung des Eintrags von Schadstoffen ins Grundwasser bewirken. Im günstigsten Fall erreicht die Verunreinigung auch langfristig erst gar nicht die Grundwasseroberfläche.“

Die Gesamtschutzfunktion der Grundwasserüberdeckung wird nach dem von HÖLTING et al. (1995, S. 5 - 24) entwickelten Verfahren ermittelt. Der Boden wird mit Hilfe der nutzbaren Feldkapazität (nFK) bewertet (siehe Tabelle 41), da diese die Verweildauer des Sickerwassers im Boden erheblich beeinflusst. Es ist kritisch anzumerken, daß das bodentypenspezifische Retentionsvermögen nicht in den Bewertungsansatz mit eingeht. Das Retentionsvermögen der Bodentypen wird somit als vergleichbar angenommen und die „Reinigungs-

¹⁵⁹ vgl. EIPPER 1995, S. 117

leistung“ als Funktion der Zeit betrachtet. Andererseits kann eine Einstufung des Retentionsvermögens nach bestimmten Bodentypen nur einen Hinweis auf die realen Verhältnisse darstellen, da die Retentions- und Retardationsleistung von verschiedenen räumlich z. T. stark variierenden Eigenschaften¹⁶⁰ abhängen.

Die Einstufung der Grundwasserüberdeckung unterhalb des Bodens erfolgt bei Lockergesteinen anhand der jeweiligen Durchlässigkeiten und der für die Korngrößen typischen Kationenaustauschkapazitäten (siehe Tabelle 42). Bei Festgesteinen werden die Gebirgsdurchlässigkeiten der entsprechenden Gesteine in Zusammenhang mit den strukturellen Eigenschaften bewertet (siehe

Tabelle 41: Bewertung der Böden¹⁶¹ nach der nFK¹⁶² (und in Punktzahl *B* dargestellt)

\sum nFK [mm] bis 1,0 m Tiefe ¹⁶³	Punktezahl <i>B</i>
> 250	750
> 200 - 250	500
> 140 - 200	250
> 90 - 140	125
> 50 - 90	50
≤ 50	10

(HÖLTING et al. 1995, S. 11)

Tabelle 43). Diese Parameter werden in Beziehung zur anfallenden Sickerwassermenge (siehe Tabelle 44) und der Mächtigkeit der Grundwasserüberdeckung gesetzt.

Außergewöhnliche Standortverhältnisse, die einen zusätzlichen Schutz vor Kontaminationen bieten, wie artesische Druckverhältnisse oder schwebende Grundwasserstockwerke mit Quellaustritten, werden gesondert berücksichtigt.

¹⁶⁰ Neben Eigenschaften wie pH-Wert, Redoxpotential, Gehalt an organischem Kohlenstoff und dem Wassergehalt (vgl. PÖPPELBAUM et al. 1989, S. 64) ist auch die mikrobielle Abbauleistung zeitlichen Schwankungen unterworfen.

¹⁶¹ „Bei dem hier verwendeten nFK-Ansatz werden tonreiche Böden relativ ungünstig bewertet. Diese Einstufung ist jedoch durch eine episodisch auftretende Trockenrißbildung und die damit verbundene Gefahr einer beschleunigten Vertikalverlagerung von Schadstoffen gerechtfertigt.“ (HÖLTING et al. 1995, S. 11)

¹⁶² Die Ermittlung der nFK erfolgt über Messungen oder anhand der Bodenkundlichen Kartieranleitung (ARBEITSGRUPPE BODENKUNDE 1982, S. 146 f., 149); siehe [Anhang C](#)

¹⁶³ Bei flachgründigen Böden wird die nFK des unterhalb der eigentlichen Bodenzone folgenden Substrats bis in 1 m Tiefe abgeschätzt und in die Berechnung einbezogen.

Tabelle 42: Bewertung der Gesteinsart bei Lockergesteinen (nach Punktzahlen G_L)¹⁶⁴

Gesteinsbezeichnungen nach DIN 4022, Teil 1, ergänzt	Punktzahl G_L pro m Schichtmächtigkeit
T	500
Tl Tu2	400
Ts2	350
Tu3 Ltu	320
Lt3	300
Tu4 Ts3	270
U14	250
Lt2 Lts	240
Ut4 Lu	220
Ts4 Ls2 (Lsu) U13 Ut3	200
Ls3 U12	180
Ut2 Uls U Ls4	160
St3 Slu	140
Us S14	120
S13 Su4	90
St2 Su3 Gst	75
S12 Gsu	60
Su2 Sgu'	50
S	25
Sg Gs	10
G Gx Xg	5
vulkanische Lockergesteine	200
Torf	400
Mudde	300
Bei deutlich sichtbarem Gehalt an organischer Substanz Zuschlag von 75 Punkten pro Meter (nicht bei Torf und Mudde).	

(HÖLTING et al. 1995, S. 13)

¹⁶⁴ An der Erdoberfläche liegende, geringmächtige (bis 3 m) tonig-schluffige Schichten über gut dränierendem, grundwasserfreiem Untergrund werden wegen der zeitweiligen Ausbildung von Trockenrissen wie Tonstein, mittel geklüftet, behandelt.

Tabelle 43: Bewertung von Festgesteinen: Punktzahl G_F = Produkt aus Punktzahl P für Gesteinsart und Faktor F für strukturelle Eigenschaft

Gesteinsart	P	Struktur	F
Tonstein, Tonschiefer, Mergelstein, Schluffstein	20	ungeklüftet	25,0
		wenig geklüftet	4,0
Sandstein, Quarzit, vulkanische Festgesteine, Plutonite, Metamorphite	15	mittel geklüftet	1,0
		wenig verkarstet	
		mittel verkarstet	0,5
poröser Sandstein, poröse Vulkanite (z. B. verfestigter Tuff)	10	stark geklüftet, zerrütet oder stark verkarstet	0,3
Konglomerat, Brekzie, Kalkstein, Kalktuff, Dolomitstein, Gipsstein	5	nicht bekannt	0,3

(HÖLTING et al. 1995, S. 14; verändert)

Tabelle 44: Bewertung der Sickerwassermenge anhand der Grundwasser-Neubildungsrate (GWNb) bzw. der klimatischen Wasserbilanz ($NS^{165} - ETP_{pot.}^{166}$) und als Faktor W dargestellt¹⁶⁷

GWNb [mm/a]*	$NS - ETP_{pot.}$ [mm/a]*	Faktor W
≤ 100		1,75
$> 100 - 200$	≤ 100	1,5
$> 200 - 300$	$> 100 - 200$	1,25
$> 300 - 400$	$> 200 - 300$	1,0
> 400	$> 300 - 400$	0,75
	> 400	0,5

*) Es sollte möglichst - sofern Daten verfügbar sind - die tatsächliche Grundwasserneubildungsrate (GWNb) verwendet werden!

(HÖLTING et al. 1995, S. 12)

Die Gesamtschutzfunktion (S_g) wird anhand Tabelle 45 bewertet. Die Ermittlung erfolgt mittels des nachstehenden Verknüpfungsschemas:

¹⁶⁵ NS = Jahresniederschlag

¹⁶⁶ $ETP_{pot.}$ = potentielle Evapotranspiration

¹⁶⁷ Der Einfluß der Hangneigung wird aufgrund der Praktikabilität nicht miteinbezogen, so daß von einer annähernd ebenen Geländeoberfläche ausgegangen wird.

$$S_g = S_1 + S_2$$

$$S_1 = B \cdot W$$

$$S_2 = (G_1 \cdot M_1 + G_2 \cdot M_2 + \dots + G_n \cdot M_n) \cdot W + Q + D$$

mit: S_g = Gesamtschutzfunktion

S_1 = Schutzfunktionswert des Bodens

S_2 = Schutzfunktionswert der Grundwasserüberdeckung des Bodens

B = nFK

W = Sickerwassermenge

G = Gesteinsart (G_L bei Lockergesteinen, G_F bei Festgesteinen)

M = Mächtigkeit der jeweils betrachteten Schicht (Meter-Wert) als Faktor

Q^{168} = schwebende Grundwasserstockwerke mit Quellaustritten: Zuschlag von 500 Punkten

D = artesische Druckverhältnisse: Zuschlag von 1500 Punkten

Tabelle 45: Klasseneinteilung der Gesamtschutzfunktion

Gesamtschutzfunktion	Punktzahl der Gesamtschutzfunktion S_g	Größenordnung der Verweildauer des Sickerwassers in der Grundwasserüberdeckung
sehr hoch	> 4000	> 25 Jahre
hoch	> 2000 - 4000	10 - 25 Jahre
mittel	> 1000 - 2000	3 - 10 Jahre
gering	> 500 - 1000	mehrere Monate bis ca. 3 Jahre
sehr gering	≤ 500	wenige Tage bis etwa 1 Jahr, im Karst häufig noch weniger

(HÖLTING et al. 1995, S. 15)

Ein weiteres Beurteilungskriterium ist die Einstufung des Grundwasserleiters stellvertretend für die Ausbreitungstendenz von Schadstoffen im Grundwasser (siehe Tabelle 46). Die Gesamtbeurteilung der Grundwasserempfindlichkeit erfolgt nach Tabelle 47.

¹⁶⁸ Die Berücksichtigung schwebender Grundwasserstockwerke kann nur dann erfolgen, wenn das oberste Grundwasserstockwerk nahezu unbedeutend ist.

Tabelle 46: Hydraulik des Grundwasserleiters

Nr.	Hydraulische Charakterisierung	Bewertung
1	Normfall: Porengrundwasserleiter Stoffeintrag (in Phase oder in Wasser gelöst) in den oberflächennahen Grundwasserleiter mit mittlerer Durchlässigkeit, kein Eindringen in tieferliegenden Grundwasserleiter, mittlere Abstandsgeschwindigkeit ($v_a \leq 500$ m/sec)	
2a	Kies- und Porengrundwasserleiter mit hohen Abstandsgeschwindigkeiten über gering durchlässigem Gestein: Sehr hohe Durchlässigkeit und hohe Abstandsgeschwindigkeit sorgen für schnelle Ausbreitung mit großer Dispersion. Vordringen des Stoffes in tiefere Bereiche ist ausgeschlossen.	Die Möglichkeit des leichten Stoffeintrags und schnelle Ausbreitung von Stoffen in Lösung bedingt eine ungünstigere Bewertung.
2b	Geschichteter Grundwasserleiter mit teildurchlässigen Zwischenschichten: In einem mehrschichtig aufgebauten Grundwasserleiter kann es entsprechend des Druckgradienten zu einer Kontamination tiefer gelegener Grundwasserleiter kommen (fehlende Trennschicht oder Fenster in der Trennschicht)	Möglichkeit des Stoffeintrags in tiefere Bereiche macht eine ungünstigere Bewertung als bei 2a erforderlich
3	Kluftgrundwasser über gering durchlässigem Gestein	
3a	gering geklüftet: Stoffmigration in Kleinklüften und in bevorzugten Großklüften	Die als günstiger anzusehenden Geschwindigkeiten im gering geklüfteten Gestein werden aufgehoben durch die Möglichkeit des schnelleren Transports in wenigen großen Klüften.
3b	stark geklüftet, zerrütet: Stoffausbreitung in Großklüften und bevorzugten Störungszonen	Die Situation ist ungünstiger als in gering geklüftetem Gestein.
3c	Geschichteter Kluftgrundwasserleiter mit teildurchlässigen Zwischenschichten	Stoffeinträge in tiefere Stockwerke sind möglich.
4	Karstgrundwasserleiter: In den unregelmäßig ausgebildeten Karsthohlräumen kann es zu sehr schneller Stoffausbreitung kommen. Aufgrund geringer Adsorptions- und Abbauvorgänge können auch nach längeren Transportzeiten hohe Konzentrationsspitzen auftreten.	Die „Unberechenbarkeit“ des Karstgrundwasserleiters macht es notwendig, diesen Fall grundsätzlich ungünstig zu bewerten.

(Quelle: BEIRAT BEIM BUNDESMINISTER FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT LTwS 1991b, S. 16)

Tabelle 47: Bewertung der Empfindlichkeit des Grundwassers

Kriterium	Empfindlichkeitsindex Grundwasser				
	1	2	3	4	5
Schutzfunktion Grundwasserüberdeckung	sehr hoch	hoch	mittel	gering	sehr gering
Hydraulische Charakterisierung	kein Grundwasser oder unbedeutend	1 (unbedeutende Mengen)	1 (bedeutende Mengen), 2a	2b, 3a, 3b	3c, 4

4.2.5. Gewässer

Um die Empfindlichkeit eines Gewässers zu charakterisieren, werden die Gewässergüte als Maß für die Belastung mit leicht abbaubaren organischen Stoffen, der physiognomische Zustand als Merkmal zur Beurteilung des Natürlichkeitsgrades (siehe Tabelle 48) und die Durchmischung hinsichtlich der Fähigkeit Schadstoffe abführen zu können ausgewertet.

Tabelle 48: Kriterien für die Zuordnung der Natürlichkeitsgrade von Gewässern

Natürlichkeitsgrad	Bewertungskriterien
natürlich/naturnah	vielfältiger, den naturräumlichen Gegebenheiten entsprechender Verlauf
bedingt naturnah	künstlich veränderte Linienführung, viele Strukturelemente wie Flach- und Tiefwasserzonen, unterschiedliche Sohlensubstrate, reichhaltig ausgebildete, unregelmäßige Ufer
naturfern	technisch ausgebauter Lauf mit Regelprofil, wenige Strukturelemente (Uferabbrüche, Anlandungen, usw.)
sehr naturfern	technisch ausgebauter Lauf ohne Strukturelemente, Wasser-Ufer-Übergangszonen nicht vorhanden. Böschungsfuß oft durchgehend mit toten Baustoffen (Wasserbausteinen o.ä.) befestigt.
extrem naturfern	durchgehende Ufer- und Sohlenbefestigung

(Quelle: ROSE 1992, S. 169)

Neben der Vorbelastung beschreibt die Gewässergüte die Distanz zu einem erwünschten Zustand, welcher nach umweltpolitischen Forderungen das Errei-

chen von mindestens Gewässergüte II¹⁶⁹ fordert. MOOG (1991, S. 256) führt an, daß diese pauschale Forderung den standörtlichen Gegebenheiten nicht in jedem Fall gerecht wird. So stellt die Güteklasse II für einen Gebirgsbach bereits eine hohe Belastung dar, während mancher Tieflandfluß ohne anthropogene Zusatzbelastung die Güteklasse II nicht erreicht.¹⁷⁰

Die Durchmischung wird aus dem Verhältnis des mittleren Niedrigwasserabflusses (MNQ) zur maximalen täglichen Abwassermenge (bezogen auf 24 Stunden) ermittelt. Der MNQ wird hier eingesetzt, um eine Aussage bezüglich der Extrembelastung treffen zu können. Als Richtwert ist bei einem Verhältnis von > 50 eine mittlere bis geringe Gewässersensibilität gegeben. Neben der Abflußmenge wird die Durchmischung von der Fließcharakteristik gesteuert, wobei bei MNQ drei Klassen unterschieden werden:¹⁷¹

- gestaut/stehend: $< 0,1$ m/s
- langsam fließend: $0,1 - 0,35$ m/s
- schnell fließend: $> 0,35$ m/s.

Die Einstufung der Beurteilungskriterien in bezug auf die Gewässerempfindlichkeit¹⁷² erfolgt nach Tabelle 49. Die Empfindlichkeit von stromabwärts gelegenen Gewässern bzw. Gewässerabschnitten ist grundsätzlich in die Betrachtung miteinzubeziehen.

Tabelle 49: Bewertung der Fließgewässerempfindlichkeit

Kriterium	Empfindlichkeitsindex Gewässer				
	1	2	3	4	5
Gewässergüte	III-IV, IV	III	II-III	II	I, I-II
Natürlichkeitsgrad	extrem naturfern	sehr naturfern	naturfern	bedingt naturnah	natürlich, naturnah
Durchmischung	> 55		55 - 45	$< 45 - 25$	< 25
Fließgeschwindigkeit	schnell fließend			langsam fließend	gestaut, stehend

(Quelle: EIPPER 1995, S. 123)

Abwärmelastungen in Form von Kühlwassereinleitungen stellen nicht den Regelfall dar und werden daher gesondert betrachtet. Zur Bewertung der

¹⁶⁹ vgl. BÖHNKE 1988, S. 6

¹⁷⁰ siehe auch GUSTEDT et al. 1989, S. 11

¹⁷¹ vgl. EIPPER 1995, S. 122

¹⁷² Sollte sich der untersuchte Betrieb an einem stehenden Gewässer angesiedelt sein, so sei auf die in Kapitel 2.4.3.2. genannten Beurteilungskriterien verwiesen.

Wärmebelastung von Fließgewässern¹⁷³ gibt die LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER (1991, S. 42, 93) folgende Richtwerte¹⁷⁴ an:

- ständig kühle Fließgewässer¹⁷⁵: die Gewässertemperatur darf höchstens $T_{\max} = 18^{\circ}\text{C}$ betragen.
- sommerkühle Fließgewässer¹⁷⁶: die Aufwärmspanne gegenüber der natürlichen Temperatur darf $\Delta T = 3 \text{ K}$ nicht überschreiten; die Gewässertemperatur darf höchstens $T_{\max} = 25^{\circ}\text{C}$ betragen.
- sommerwarme Fließgewässer¹⁷⁷: die Aufwärmspanne gegenüber der natürlichen Temperatur darf $\Delta T = 5 \text{ K}$ nicht überschreiten; die Gewässertemperatur darf höchstens $T_{\max} = 28^{\circ}\text{C}$ betragen.

4.2.6. Biosphäre

Die Kriterien zur Beurteilung der Schutzwürdigkeit der Biosphäre werden aus den Zielvorgaben des Bundesnaturschutzgesetzes § 1 Abs. 1 abgeleitet, welcher folgendermaßen lautet: „Natur und Landschaft sind im besiedelten und unbesiedelten Bereich so zu schützen, zu pflegen und entwickeln, daß

1. die Leistungsfähigkeit des Naturhaushaltes,
 2. die Nutzungsfähigkeit der Naturgüter,
 3. die Pflanzen- und Tierwelt sowie
 4. die Vielfalt, Eigenart und Schönheit von Natur und Landschaft
- als Lebensgrundlage des Menschen und als Voraussetzung für seine Erholung in Natur und Landschaft nachhaltig gesichert sind.“

Da eine Kartierung in der Regel zu aufwendig ist, sind bestehende Kartierungen, wie diese z. B. im Rahmen der Erstellung von Flächennutzungsplänen durchgeführt werden, heranzuziehen. Liegen keine Kartierungen vor, so kann die Schutzwürdigkeit durch Auswertung entsprechender Karten nach den Kriterien der Tabelle 50 eingestuft werden.

¹⁷³ Wärmeeinleitungen in stehende Gewässer sind nicht üblich und daher gegebenenfalls einer Einzelfallbetrachtung zu unterziehen.

¹⁷⁴ Es handelt sich hierbei um die Mischtemperatur unterhalb der Einleitestelle, die unter Annahme einer völligen Durchmischung errechnet wurde.

¹⁷⁵ Fließgewässer mit bleibend niedriger Temperatur und geringfügigen Schwankungen. Die Temperatur ist je nach Höhenlage verschieden und bewegt sich um einen Mittelwert zwischen 5°C und 10°C . Im Bereich von Gletscherflüssen liegt der Mittelwert im Bereich des Gefrierpunktes. (vgl. LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER 1991, S. 40)

¹⁷⁶ Fließgewässer in Gebirgslagen, Gebirgsrandlagen oder Mittelgebirgen, die eine natürliche Wassertemperatur bis 25°C aufweisen. (vgl. LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER 1991, S. 40)

¹⁷⁷ Fließgewässer, die natürliche Temperaturen bis 25°C aufweisen. (vgl. LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER 1991, S. 40)

Tabelle 50: Bewertung der Biosphäre

Empfindlichkeitsindex Biosphäre	Flächenausweisung, Flächennutzung, Schutzwürdigkeit
1	naturferne, stark anthropogen überprägte Standorte
2	agroindustrielle Produktion
3	Landwirtschaftsflächen, Forste, Naturparke
4	Nationalparke, Landschaftsschutzgebiete, geschützte Landschaftsbestandteile, Biotope
5	Naturschutzgebiete, Naturdenkmale, Sonderstandorte (extremer Wasser-, Nährstoff- oder Strahlungshaushalt), naturnahe Wälder

(Quelle: EIPPER 1995, S. 126)

Tabelle 51: Bewertung der anthropogenen Nutzungsempfindlichkeit

Empfindlichkeitsindex Anthroposphäre	Nutzung
1	Industriegebiete
2	Gewerbegebiete, extensive Weidewirtschaft
3	Mischgebiete, Kerngebiete, Landwirtschaftsflächen, Garten- und Parkanlagen, Sportanlagen
4	allgemeine und besondere Wohngebiete, Dorfgebiete, Sondergebiete (Fremdenverkehr, Erholung), Gartenbau, Schrebergärten, Vorranggebiete für Wassernutzung, Industriebrauchwasserbrunnen, Landwirtschaft mit Grundwassernutzung, Fischzucht, Fischerei, Uferfiltratentnahme
5	reine Wohngebiete, Sondergebiete (Kurgebiete, Kliniken, Kindergärten, Spielplätze, Wasserschutzgebiete ¹⁷⁸ , Privatbrunnen, Heilquellen)

(Quelle: EIPPER 1995, S. 127)

¹⁷⁸ EIPPER (1995, S. 127) weist darauf hin, daß zur Vermeidung von Überbewertungen bei der Einstufung von Trinkwassernutzungen die Fließrichtung hinsichtlich des Schutzguts miteinzubeziehen ist.

4.2.7. Anthroposphäre

Die Empfindlichkeit der Anthroposphäre wird durch die Art der Nutzung bestimmt. Hierbei kann auf die Einteilung der Baunutzungsverordnung (BauNVO) Bezug genommen werden, in welcher Nutzungskategorien unterschiedlicher Empfindlichkeit enthalten sind.¹⁷⁹ Die Einstufung erfolgt gemäß Tabelle 51.

4.3. Schnittstelle Betrieb - Standort

Die Beurteilung des lokalen Umweltrisikos basiert auf dem Konflikt, der sich aus dem betrieblichen Umweltgefährdungspotential und der Standortempfindlichkeit ergibt. Die Betrachtung erfolgt in Form einer Konfliktmatrix, in welcher zunächst die direkten Belastungspfade¹⁸⁰ berücksichtigt werden. Hierbei erfolgt ein Abgleich zwischen Risiko- und Empfindlichkeitsindizes. Tabelle 52 ist zu entnehmen, welcher betriebliche Risikoindex (RI_{BW} , RI_L) welchem Empfindlichkeitsindex zuzuordnen ist.

Tabelle 52: Zuweisung: Risikoindizes - Empfindlichkeitsindizes

	Boden	Grundwasser	Gewässer	Luft	Biosphäre	Anthroposphäre
RI_{BW}	X	X	X			
RI_L				X	X	X

Die Zuweisung der Konfliktindizes ist anhand Tabelle 54 vorzunehmen; die inhaltliche Begründung der Konfliktpotentiale ist in Tabelle 53 wiedergegeben. Während für Luft, Bio- und Anthroposphäre alle Belastungszonen gleichbedeutend sind, ist bei Betrachtung von Pedo- und Hydrosphäre die Ausbreitungszone in der Regel von geringerer Bedeutung, da hier keine direkten Kontaminationen erfolgen können.

Es ist jedoch anzufügen, daß die Unsicherheiten der Risikobestimmung mit wachsender Entfernung vom Verursacher zunehmen. Daher ist eine über den Luftpfad verursachte Zusatzbelastung gerade in der Ausbreitungszone nur wage abzuschätzen. Eine verursacherbezogene Quantifizierung der Zusatzbelastung ist lediglich durch den Einsatz von Ausbreitungsmodellen möglich.

¹⁷⁹ vgl. auch LÜHR 1989; S. 17

¹⁸⁰ Obwohl eine Grundwasserbelastung prinzipiell einen indirekten Belastungspfad voraussetzt, wird diese hier den direkten Belastungsmöglichkeiten zugeordnet. Dies ist dadurch zu rechtfertigen, da die Untergrundpassage in die Grundwasserempfindlichkeitsbewertung eingeht.

Tabelle 53: Begründung der inhaltlichen Füllung der Zuweisungsvorschrift

		Empfindlichkeit des Standortes				
		1	2	3	4	5
betrieblicher Risikoindex	1	alle Folgen sind beherrschbar oder werden vom Standort kompensiert	Folgen sind beherrschbar und können vom Standort kompensiert werden	Standort kann Belastungen kompensieren	bei auch nur eingeschränkten oder seltenen Belastungsfällen ist mit beherrschbaren Folgen zu rechnen	hochsensible Standorte bedürfen eines besonderen Schutzes (Vorsorge)
	2	sehr hohe Standortbelastbarkeit verhindert Folgen	Standort kann Belastungen kompensieren	Standort kann geringe Belastungen kompensieren	beherrschbare, eingeschränkte Folgen	hohes Schadensfortpflanzungspotential macht weitreichende Folgen möglich
	3	sehr hohe Standortbelastbarkeit schränkt Folgen weitgehend ein	trotz hoher Standortbelastbarkeit sind Folgen nicht auszuschließen	Belastungen haben Folgen, weitere Auswirkungen können jedoch verhindert werden	jede Belastung hat aufgrund der Schadensfortpflanzung weitere Folgen	jede Belastung hat aufgrund der Schadensfortpflanzung weitreichende Folgen
	4	weitgehend schätzbare und sanierfähige begrenzte Folgen	räumlich begrenzte, sanierbare Folgen	sanierbare Folgen; Schadensausbreitung	schwer beherrschbare Folgen, hohes Schadensfortpflanzungspotential	schwere, kaum beherrschbare Folgen, hohes Schadensfortpflanzungspotential
	5	eintretende Folgen bleiben räumlich begrenzt und sind sanierbar	räumlich begrenzte, schwere Folgen, erhöhter Sanierungsaufwand	schwer beherrschbare Folgen, eingeschränkte Schadensfortpflanzung	schwere, kaum beherrschbare Folgen, hohes Schadensfortpflanzungspotential	sichere, schwere, kaum beherrschbare Folgen, hohes Schadensfortpflanzungspotential

(Quelle: EIPPER 1995, S. 131)

Tabelle 54: Zuweisungsvorschrift für die Konfliktmatrix

		Empfindlichkeit des Standortes				
		1	2	3	4	5
betrieblicher Risikoindex	1	1	1	1	2	2
	2	1	1	1	2	3
	3	1	2	3	4	4
	4	2	3	4	5	5
	5	4	5	5	5	5

Konfliktindex	
1	sehr gering
2	gering
3	mittel
4	erhöht
5	sehr hoch

(Quelle: EIPPER 1995, S. 131)

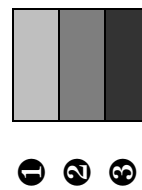
Neben den direkten Belastungspfaden, sind die indirekten oder medialen Ausbreitungs- und Auswirkungsmöglichkeiten in die Konfliktbetrachtung miteinzubeziehen. Wiederum sind es die komplexen Wechselbeziehungen der Umweltsphären, die eine Einstufung der indirekten Belastungspfade erschweren. Aus diesem Grund erfolgt die Einordnung an Hand von stark generalisierten Kriterien, die in Tabelle 55 wiedergegeben sind. Auch hier sind einzelfall-spezifische Abweichungen bei ausreichender Begründung vorzunehmen. Die starke Pauschalisierung läßt eine konkrete Zuweisung von Konflikt- oder Risikopotentialen ungeeignet erscheinen. Daher soll die Einstufung der indirekten Belastungsmöglichkeiten lediglich als Interpretationsgrundlage dienen. Diese Einstufungen werden in Form von Schattierungen in der Konfliktmatrix visuell sichtbar gemacht, während die Konfliktindizes als Zahlenwerte eingetragen werden (siehe Tabelle 56).

Tabelle 55: Bewertungsmatrix der Austausch-/Einwirkungsbeziehungen

	Boden	Grundwasser	Gewässer	Klima/Luft	Biosphäre	Anthroposphäre
Boden	<p>③ direkte Auswirkungen</p>	<p>Schutzfunktion des Bodens für das Grundwasser bereits in der Grundwasserempfindlichkeitsbewertung enthalten</p>	<p>① keine Überflutungen möglich; keine Erosion ② Überflutungen möglich, technische Sicherung vorhanden; relevante Erosion möglich ③ Überflutungen möglich; relevante Erosion</p>	<p>② Ausgasung von Schadstoffen</p>	<p>① Belastung des Betriebsstandortes nur indirekte Auswirkungen auf Nachbarschaft</p>	<p>① Belastung des Betriebsstandortes nur indirekte Auswirkungen auf Nachbarschaft</p>
Grundwasser	<p>② Grundwasserspiegelschwankungen; kapillarer Aufstieg ③ starke Grundwasserspiegelschwankungen</p>	<p>③ direkte Auswirkungen</p>	<p>③ Abfluß in Gewässer</p>	<p>① keine direkten Auswirkungen, Belastung über den Bodenpfad</p>	<p>② Grundwasser-einfluß ③ stark grundwasserabhängige Spezialstandorte</p>	<p>① keine Grundwasser-sernutzung ② Grundwasser-nutzung ③ Trinkwasser-nutzung</p>

Fortsetzung nächste Seite

	Boden	Grundwasser	Gewässer	Klima/Luft	Biosphäre	Anthroposphäre
Gewässer	1 keine Überflutungen möglich 2 Überflutungen möglich, technische Sicherung vorhanden 3 Überflutungen möglich	2 Seihwasser künstlich verstärkte Uferfiltration	3 direkte Auswirkungen	2 Ausgasung oder Verdunstung von Schadstoffen	3 direkte Auswirkungen	3 direkte Auswirkungen
Klima/Luft	1 keine betrieblichen Luftemissionen 2 Schadstoffdeposition 3 effektive Depositionsmechanismen	1 keine direkten Auswirkungen, Belastung über den Bodenpfad	1 keine betrieblichen Luftemissionen 2 ¹⁸¹ Schadstoffdeposition 3 ¹⁸² effektive Depositionsmechanismen	3 direkte Auswirkungen	3 direkte Auswirkungen	3 direkte Auswirkungen



1 keine oder unwesentliche Auswirkungen

2 Auswirkungen

3 starke Auswirkungen

¹⁸¹ Nur relevant bei stehenden Gewässern oder großen Fließgewässern.

¹⁸² siehe Fußnote 181

5. Fallbeispiel

Als Fallbeispiel wurde ein Betrieb ausgewählt, der aufgrund der betrieblichen Ausstattung und der Lage ein weites Spektrum an Bewertungssituationen bietet. Eine vollständige Darstellung dieses Fallbeispiels würde jedoch den Rahmen dieser Arbeit bei weitem übersteigen, so daß im folgenden nur ein Auszug der Vielzahl an Daten und Informationen des Beispielbetriebes vorgestellt werden. Da die Kürzungen zwangsläufig zu einer verzerrten Darstellung des Betriebes führen würden, wurde auf eine namentliche Erwähnung des Betriebes und der zugehörigen Ortsangaben verzichtet. Die Aussagekraft des Fallbeispiels wird durch die Anonymisierung in keiner Weise eingeschränkt.

5.1. Darstellung des Beispielbetriebes

Beim Beispielbetrieb handelt es sich um einen metallverarbeitenden Betrieb, der bereits über 100 Jahre an diesem Standort produziert. Trotz mehrerer, sehr unterschiedlicher Produkte lehnen sich die wesentlichen Arbeitsschritte an typische Verfahren der Maschinenbaubranche an.

Ein wichtiger Teil der Metallbearbeitung entfällt auf die sogenannte spanabhebende Bearbeitung (Bohren, Fräsen, Schleifen, Hobeln, etc.). Bei diesen Trennverfahren ist der Einsatz von Kühlschmierstoffen notwendig. Den verschiedenen Bearbeitungsschritten werden Reinigungsverfahren vor- und nachgeschaltet. Von diesen ist die Entfettung zu erwähnen, die als Kaltentfettung mit den entsprechenden Reinigungsmitteln betrieben wird. Die Oberflächenbehandlung erfolgt je nach Material und Verwendungszweck mittels Beizen oder Sandstrahlen. Zur Konservierung befinden sich Spritzverfahren (Lackieren) sowie spezielle Behandlungen mit Konservierungsmitteln für den Transport der fertigen Produkte im Einsatz.

Der Betrieb befindet sich in Stadtlage, in einem Mischgebiet aus Wohnbauung, Gewerbeflächen und Freizeiteinrichtungen. In unmittelbarer Nachbarschaft des Produktionsgeländes befinden sich Schrebergärten, Sportanlagen und Wohnhäuser. Im Osten und Nordosten schließen sich Gewerbeflächen an. Die Begrenzung des Werksgeländes erfolgt im Osten durch den Vorfluter. Das restliche Produktionsgelände im Westen, im Süden und im Norden ist durch einen Zaun oder durch Hallenaußenwände vor unberechtigtem Zutritt geschützt.

Das Firmengelände befindet sich im Auebereich des Vorfluters und weist kein merkliches Gefälle auf. Das Werksgelände umfaßt eine Fläche von 156000 m². Davon nehmen die unversiegelten Flächen 23 % und die versiegelten Flächen 77 % ein.

5.2. Analyse und Bewertung der betrieblichen Umweltgefährdungspotentiale

Die Analyse beginnt mit der Ermittlung des Anlagen- und Stoffinventars des Betriebes. Neben der Auswertung von Listen, Katastern, Genehmigungsunterlagen, etc. ist eine oder mehrere Betriebsbegehungen unentbehrlich. Insbesondere der technisch-organisatorische Anlagenzustand geht aus Unterlagen nur bedingt hervor, da alterungs- und umgangsbedingte Mängel nicht erkannt werden können.

Um einen Überblick über die Dimension der Produktion zu bekommen, bietet sich eine Inventarisierung verschiedener In- und Outputdaten für einen bestimmten Zeitraum, meist das Vorjahr, an (siehe Tabelle 57). Hierbei werden alle quantitativ erfaßbaren Daten aufgelistet.

Tabelle 57: Zusammenstellung der Input- und Outputdaten für 1994 für das Fallbeispiel

INPUT		
Wasserverbrauch:	148619 m ³	Gesamtverbrauch
	72164 m ³	Trinkwasser
	75305 m ³	Brunnenwasser
	1150 m ³	Kühlwasser
Energieverbrauch:	12365710 kWh	Strom
	1149302 Nm ³	Erdgas
	551734 kg	Heizöl-EL
	52176 kg	Diesel
	15035 kg	Propan
	3956 kg	Ethin (Acetylen)
Bodennutzung:	156000 m ²	Gesamtfläche
		<ul style="list-style-type: none"> • 77 % versiegelte Fläche • 23 % unversiegelte Fläche
Ressourcen:	30 t	Öle, Kühlschmierstoffe, Fette
	20 t	Löse- und Reinigungsmittel
	26 t	Lacke
	30 t	Sonstige Zubereitungen
	24735 t	Stahl, Edelstahl, Halbzeuge

Fortsetzung nächste Seite

OUTPUT		
Luftemissionen:	4285998 kg	CO ₂ : <ul style="list-style-type: none"> • 54 % Erdgas • 41 % Heizöl • 4 % Diesel • 1 % Propan
	5438 kg	NO _x : <ul style="list-style-type: none"> • 39 % Erdgas • 39 % Diesel • 22 % Heizöl
	2337 kg	SO ₂ : <ul style="list-style-type: none"> • 86 % Heizöl • 13 % Diesel • 1 % Erdgas
	8043 kg	CO: <ul style="list-style-type: none"> • 60 % Diesel • 31 % Erdgas • 9 % Heizöl
	8204 kg	VOC: <ul style="list-style-type: none"> • 49 % Abluft Lackieranlage • 46 % Diesel • 3 % Heizöl • 2 % Erdgas
	2054 kg	Staub: <ul style="list-style-type: none"> • 97 % Diesel • 2 % Heizöl • 1 % Strahlanlage
Abwasser:	147469 m ³	Indirekteinleitung Die Grenzwerte für die einzelnen Teilbereiche werden meist weit unterschritten. Da der Betrieb Indirekteinleiter ist, richtet sich die Beurteilung nach der Reinigungsleistung der kommunalen Kläranlage. Schwermetalle und AOX (evtl. auch Tenside) gelten dort als problematisch. Der BSB ₅ - Gehalt ist unproblematisch. Dieser kann mit einem Wirkungsgrad von > 95 % behandelt werden.

Fortsetzung nächste Seite

OUTPUT		
Kühlwasser	1150 m ³	Das Kühlwasser wird dem Vorfluter entnommen und wird nach einer durchschnittlichen Erwärmung um 6°C wieder in den Vorfluter eingeleitet.
Lärm:	< 60 dB(A) < 45 dB(A)	tagsüber nachts Die Grenzwerte für Mischgebiete werden nicht überschritten. Innerhalb des Betriebes sind verschiedene Lärmschutzzonen ausgewiesen.
Erschütterungen:		keine
optische Einwirkungen:		keine
Gerüche:		keine
Produkte	23298 t	
Abfall	2168942 kg	näheres in Tabellen 58 – 60 und Abbildung 12

Tabelle 58: Sonderabfall für das Fallbeispiel

Sonderabfall	Gewicht (t)
Altlacke, Altfarben	3,9
Farb-Lackschlamm	0,5
Ölhaltige Betriebsmittel	7,1
Filtertücher	0,8
Kalkschlamm	4,1
Kunststoffschlamm	1,1
Laborchemikalien	0,05
Leim/Klebstoffe	0,25
Ölverunreinigter Boden	2,5
Säure	0,57
Spül-Waschwasser	35,2
PCB-haltige Erzeugnisse	0,17
Summe	56,24

Tabelle 59: Wertstoffe für das Fallbeispiel

Recycling (Wertstoffe)	Gewicht (t)
Altöl	18,3
Bohremulsion	53
Spraydosen	1
Kaltreiniger	2,3
Leuchtstoffröhren	0,7
Ölabscheiderinhalte	6
Quecksilber	0,002
Schleifschlamm, metallhaltig	2,4
Bitumen	5,7
Altholz, behandelt	7
Batterien	0,3
Holz	105
Kunststoff gemischt	3,8
Papier	150
Spanplatten	1
Styropor	0,32
Sandfangrückstände	23,2
Edelstahlschrott	183,4
Gußspäne	96,24
Kernschrott	214,62
Messingspäne	27,73
Mischschrott	340,51
Stahlspäne	562
Sonstiger Schrott	10,18
Summe	1814,702

Tabelle 60: Gewerbeabfall für das Fallbeispiel

Gewerbeabfall	Gewicht (t)
Bauschutt	55
Gartenabfall	16
Gemischter Abfall	19
Pressmüll	140
Restmüll	53
Küchenabfall	7
Strahlstaub	8
Summe	298

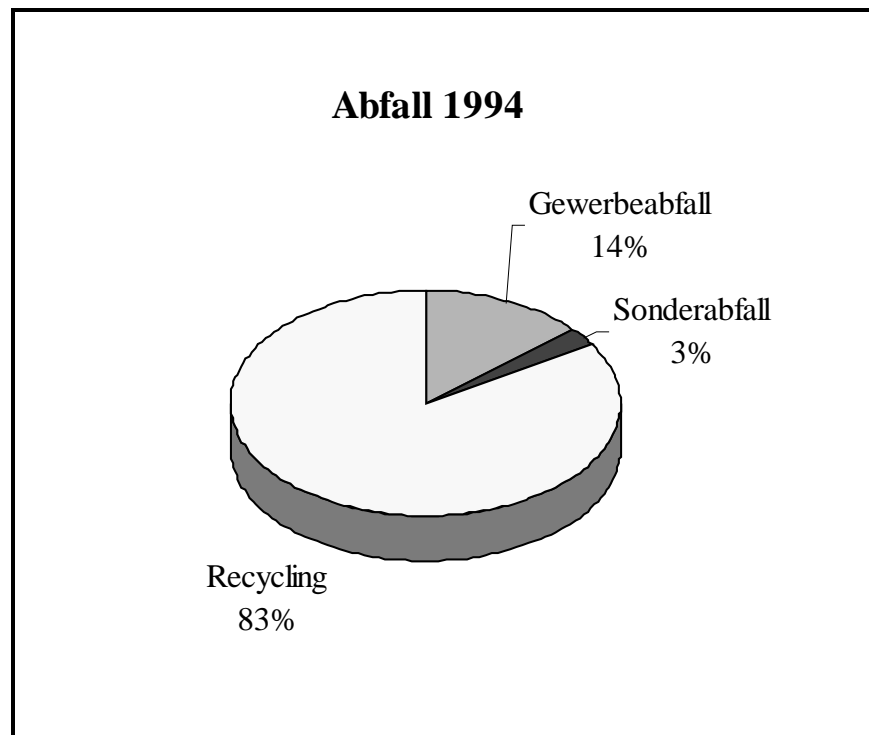


Abbildung 10: Abfallarten in Prozent

5.2.1. Betrachtung der regionalen und großräumigen Umweltrisiken

Ausgangspunkt für die Ermittlung der regionalen und großräumigen Umweltrisiken sind die Daten der Luftemissionen aus Tabelle 57. Da für das Jahr 1994 keine Emissionserklärung vorlag und zudem die CO₂-Emissionen in der Emissionserklärung des Vorjahres nicht berücksichtigt wurden, sind diese Daten aus den Energieverbräuchen berechnet worden.

Die Emissionsdaten werden nach der 'Eco-Indicator'-Methode eingesetzt. So ergeben sich für die Umwelteffekte folgende relevante Emissionen:

- Treibhauseffekt → CO₂ (Faktor: 1)
- Versauerung → NO_x (Faktor: 0,7); SO₂ (Faktor: 1)
- Eutrophierung → NO_x (Faktor: 0,13)
- Wintersmog → SO₂ (Faktor: 1); Staub (Faktor: 1)
- Sommersmog → VOC (Faktor: 0,416).

Die Faktoren werden mit den Emissionsmengen (in kg) multipliziert. Summiert man die Produkte effektweise auf und verrechnet diese mit den entsprechenden Normierungs- und Reduktionsfaktoren, so ergeben sich die Ökoindikatorpunkte für die einzelnen Umwelteffekte (siehe Tabelle 61).

Tabelle 61: Berechnung der Ökoindikatorpunkte für das Fallbeispiel

kg	Treibhaus- effekt	Versauerung	Eutrophie- rung	Wintersmog	Sommer- smog
CO ₂	4285998	0	0	0	0
NO _x	5438	3806	707	0	0
SO ₂	2337	2337	0	2337	0
CO	8043	0	0	0	0
VOC	8204	0	0	0	3413
Staub	2054	0	0	2054	0
Summe:	4285998	6143	707	4391	3413
Normierungsfaktor:	0,0000765	0,00888	0,0262	0,0106	0,0558
Reduktionsfaktor:	2,5	10	5	5	2,5
Ökoindikatorpunkte	819,69721	545,50206	92,60542	232,72431	476,11752

Anhand Abbildung 11 sind die Umwelteffekte, auf welche das Unternehmen Einfluß nimmt, sowie deren betriebsinterne Verursacher zu erkennen.

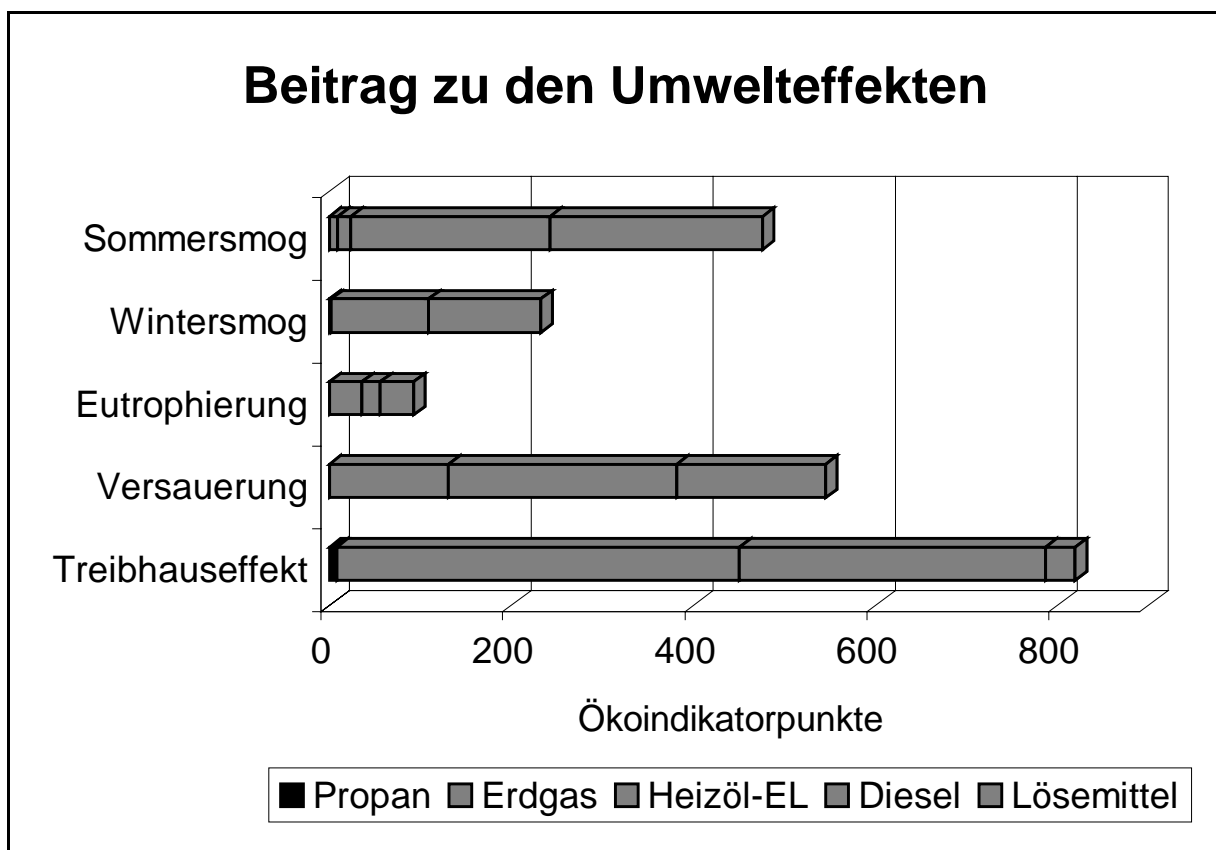


Abbildung 11: Effektbezogene Ökoindikatorpunkte und deren Verursacher

5.2.2. Betrachtung der lokalen Umweltgefährdungspotentiale

Bei der Erfassung der lokalen Umweltgefährdungspotentiale wurde folgendermaßen vorgegangen:

1. Auswertung von Arbeitsstoffkatastern, Lagerlisten, etc. zur Ermittlung der im Betrieb vorhandenen umweltrelevanten Stoffe
2. Zuordnung von Stoffeigenschaften anhand von Sicherheitsdatenblättern, Datensammlungen, etc.
3. Ermittlung der Expositions- und Toxizitätsindizes; Heraustellung von Stoffen mit besonderer Bedeutung (z.B. CKW)
4. Erstellung einer Stoffliste mit den relevanten Eigenschaften (siehe Tabelle 62)
5. Zuordnung der Stoffe zu Anlagen und Nebeneinrichtungen durch Auswertung von Betriebsanweisungen, Arbeitsstoffkataster, etc.
6. Überprüfung der Angaben vor Ort und Erfassung des aktuellen Stoff-/Anlagenbestandes sowie des technisch-organisatorischen Zustandes
7. Ermittlung der Chemikalienrisikoindizes für den Störfallbetrieb unter Beachtung der Gebindegrößen und Mengen vor Ort
8. Ermittlung und Bewertung der konkreten anlagenbezogenen Umweltgefährdungspotentiale aus Normal- und Störfallbetrieb (siehe Tabelle 63, Tabelle 64)
9. Ermittlung und Bewertung der anlagenübergreifenden Risikopotentiale (siehe Tabelle 65)

Tabelle 62: Stoffdaten für das Fallbeispiel

Stoff	Inhaltsstoffe	W G K	H G K	E x I _{BW}	E x I _L	Gefahrstoff- verordnung		VbF	Zu- stand	Dichte (g/cm ³)	Visko- sität	rel. Gas- dichte	Löslich- keit (H ₂ O)	Dampf- druck
						Sym- bol	R- Sätze							
1 (Schmieröl)	Mineralöl, Wirkstoffe	2	0	2	0	-	-	-	1	0,94	68-370 mm ² /s	-	n.l.	-
2 (Schmieröl)	Mineralöl, Wirkstoffe	2	0	2	0	-	-	-	1	0,94	68-370 mm ² /s	-	n.l.	-
3 (Kühlschmier- stoff)	Mineralöl, Emulgatoren	2	0	2	2	-	-	-	1	1,00	440 mm ² /s	-	l.	22 mbar
4 (Reinigungs- mittel)	n-Paraffin-KW	1	0	2	2	-	10	A II	1	0,73	0,9 mPas	-	n.l.	3 mbar
5 (Reinigungs- mittel)	Tenside	1	0	2	0	-	-	-	1	1,06	-	-	l.	-
6 (Reinigungs- mittel)	Alkaliphosphate, Tenside	1	0	2	0	-	-	-	1	1,16	-	-	l.	-
7 (Kaltreiner)	Isoparaffine	1	0	2	2	-	10	A II	1	0,75	-	-	-	10 mbar
8 (Anstrichstoff)	Epoxidharz, Lösemittel	2	2	2	2	Xn	10, 20/21	-	1	1,76	2250 mPas	-	n.l.	12 mbar

Fortsetzung nächste Seite

Stoff	Inhaltsstoffe	W G K	H G K	E x I _{BW}	E x I _L	Gefährstoff- verordnung		VbF	Zu- stand	Dichte (g/cm ³)	Visko- sität	rel. Gas- dichte	Löslich- keit (H ₂ O)	Dampf- druck
						Sym- bol	R- Sätze							
9 (Anstrichstoff)	Teeröl	3	2	2	0	C	20/21, 34	-	1	1,69	-	-	n.l.	8 mbar
10 (Anstrichstoff)	Acrylharz, Aro- mate, Lösem.	2	0	2	2	-	10	-	1	1,36	-	-	n.l.	4,40 hPa
11 (Salzsäure)	Salzsäure 15 %	1	2	2	2	C	34, 37	-	1	1,16	-	-	-	20 mbar
12 (Reinigungs- mittel)	Natriumhydro- xidmonohydrat	1	2	2	0	C	34	-	1	1,06	-	-	l.	-

Erläuterung zu Tabelle 62:

- WGK Wassergefährdungsklasse p (pastös) Zustandsform: pastös
- HGK Humangefährdungsklasse s (solidus) Zustandsform: fest
- Ex_L Expositionsindex für Luft l (liquidus) Zustandsform: flüssig
- Ex_{BW} Expositionsindex für Boden und Wasser 1. wasserlöslich
- p.l. partiell wasserlöslich
- n.l. nicht wasserlöslich

Tabelle 63: Anlagen-/stoffbezogene Umweltgefährdungspotentiale für das Fallbeispiel

Anlage	Stoff	MGI Menge	GK	ExI	CRI	Technisch-organisatorischer Zustand	RI
Instandhaltung							
Abteilung	2 (Schmieröl)	2 100 l	WGK 2 HGK 0	ExI _{BW} 2 ExI _L 0	CRI _{BW} 1 CRI _L 0	Gebäude stehen in Auffangwanne; Abfüllen über Zapfhähne mit Tropfenfang (Auffangwanne);	RI _{BW} RI _L 2 1
	1 (Schmieröl)	3 200 l	WGK 2 HGK 0	ExI _{BW} 2 ExI _L 0	CRI _{BW} 2 CRI _L 0		RI _{BW} RI _L 2 1
Mechanische Bearbeitung							
Dreherei	3 (Kühlschmierstoff)	8x2 25-60 l	WGK 2 HGK 0	ExI _{BW} 2 ExI _L 2	CRI _{BW} 1 CRI _L 0	betonierter Hallenboden; Bodeneinläufe vorhanden; einwandige KSS-Behälter, keine Sicherung gegen Leckageverluste	RI _{BW} RI _L 2 1
	3 (Kühlschmierstoff)	3x4 600-1000 l	WGK 2 HGK 0	ExI _{BW} 2 ExI _L 2	CRI _{BW} 3 CRI _L 0		RI _{BW} RI _L 4 1
	3 (Kühlschmierstoff)	2x5 1,2-1,8 m ³	WGK 2 HGK 0	ExI _{BW} 2 ExI _L 2	CRI _{BW} 3 CRI _L 0		RI _{BW} RI _L 4 1

Fortsetzung nächste Seite

Anlage	Stoff	MGI Menge	GK	ExI	CRI	Technisch-organisatorischer Zustand	RI
Montage							
Abteilung	7 (Kaltreiniger)	3	WGK 1 HGK 0	ExI _{BW} 2 ExI _L 2	CR _I _{BW} 2 CR _I _L 0	Gebinde stehen in Auffangwanne	RI _{BW} RI _L 2 1
	12 (Reinigungsmittel)	2 30 l	WGK 1 HGK 2	ExI _{BW} 2 ExI _L 0	CR _I _{BW} 1 CR _I _L 0	Gebinde stehen in Auffangwanne	RI _{BW} RI _L 1 1
	4 (Reinigungsmittel)	2 25 l	WGK 1 HGK 0	ExI _{BW} 2 ExI _L 2	CR _I _{BW} 1 CR _I _L 0	Gebinde stehen in Auffangwanne	RI _{BW} RI _L 1 1
	Oberflächentechnik						
Mischraum	10 (Anstrichstoff)	3 425 kg	WGK 2 HGK 0	ExI _{BW} 2 ExI _L 2	CR _I _{BW} 2 CR _I _L 0	Gebinde stehen in Auffangwanne; Abzug	RI _{BW} RI _L 2 1
Lackieranlage	8 (Anstrichstoff)	1 20 kg	WGK 2 HGK 2	ExI _{BW} 2 ExI _L 2	CR _I _{BW} 1 CR _I _L 1		RI _{BW} RI _L 1 1
	9 (Anstrichstoff)	1 50 kg	WGK 3 HGK 2	ExI _{BW} 2 ExI _L 0	CR _I _{BW} 2 CR _I _L 0		RI _{BW} RI _L 2 1
Beizanlage	11 (Salzsäure)	5 15 m ³	WGK 1 HGK 2	ExI _{BW} 2 ExI _L 2	CR _I _{BW} 3 CR _I _L 3	säurebeständige (Folie) Keramik-Auffangwanne doppelwandig mit Leckanzeige; Beizbecken abgedeckt;	RI _{BW} RI _L 2 2

Fortsetzung nächste Seite

Anlage	Stoff	MGI Menge	GK	ExI	CRI	Technisch-organisatorischer Zustand	RI
Gefahrstofflager							
Lager	5 (Reinigungsmittel)	2	WGK 1 HGK 0	ExI _{BW} 2 ExI _L 0	CR _I _{BW} 1 CR _I _L 0	Auffangbecken; Löschwasserrückhaltebecken; Zugangssicherung;	RI _{BW} RI _L 2 2
	6 (Reinigungsmittel)	2 105 l	WGK 1 HGK 0	ExI _{BW} 2 ExI _L 0	CR _I _{BW} 1 CR _I _L 0		RI _{BW} RI _L 2 1
VbF-Lager	8 (Anstrichstoff)	1 175 kg	WGK 2 HGK 2	ExI _{BW} 2 ExI _L 2	CR _I _{BW} 1 CR _I _L 1	Gefahrstofflager für brennbare Flüssigkeiten (VbF); Auffangbecken;	RI _{BW} RI _L 2 2
	9 (Anstrichstoff)	1 200 kg	WGK 3 HGK 2	ExI _{BW} 2 ExI _L 0	CR _I _{BW} 2 CR _I _L 0	Löschwasserrückhaltebecken; Zugangssicherung; Zwangsentlüftung;	RI _{BW} RI _L 2 1
	10 (Anstrichstoff)	3 375 kg	WGK 2 HGK 0	ExI _{BW} 2 ExI _L 2	CR _I _{BW} 2 CR _I _L 0	Ex-Schutzraum; Gaswarnanlage; Rauchmelder; Löschwasserrückhaltebecken;	RI _{BW} RI _L 2 1

Fortsetzung nächste Seite

Anlage	Stoff	MGI Menge	GK	ExI	CRI	Technisch-organisatorischer Zustand	RI
Abfallentsorgung							
Sondermülllager	Altöl	5 1600 l	WGK 2 HGK 0	ExI _{BW} 2 ExI _L 0	CRI _{BW} 3 CRI _L 0	Lager für Sonderabfälle; Auffangbecken;	RI _{BW} RI _L 4 1
	Altfett	4 360 l	WGK 2 HGK 0	ExI _{BW} 1 ExI _L 0	CRI _{BW} 2 CRI _L 0	Löschwasserrückhaltebecken; Zugangssicherung; Ex-Schutzraum	RI _{BW} RI _L 2 1
Altöltank	Altöl	5 5000 l	WGK 2 HGK 0	ExI _{BW} 2 ExI _L 0	CRI _{BW} 3 CRI _L 0	oberirdischer doppelwandiger Stahltank mit Leckanzeige; Betonwanne mit Abfluß (über Ölabscheider in Kanalisation)	RI _{BW} RI _L 2 1
	Geweremülllagerung	Spänebehälter	k.A.	WGK 2 HGK 0	ExI _{BW} 2 ExI _L 2	CRI _{BW} 2 CRI _L 0	KSS-beaufschlagte Späne; Behälter unter Dach in Wanne
Mischschrott		k.A.	WGK k. HGK A. k. A.	ExI _{BW} k. ExI _L A. k. A.	CRI _{BW} - CRI _L -	Behälter offen im Freien; ablaufendes, möglicherweise öhlaltiges Regenwasser gelangt in direkt benachbarten Bodeneinlauf (kein Leichtflüssigkeits- abscheider)	RI _{BW} RI _L 4 -

Erläuterung zu Tabelle 63:

KSS Kühleischmierstoff
k.A. keine Angaben

Tabelle 64: Anlagenbezogene Umweltgefährdungspotentiale ohne konkreten Stoffbezug für das Fallbeispiel

Anlage	Stoff	Menge MGI	Bemerkung	Technisch-organisatorischer Zustand	RI
Abwasserreinigung					
Ultrafiltrationsanlage	Abwasser	6m ³ 5	Durchlaufanlage für die Behandlung von Altemulsion	Trüblemelder; Druckabschaltung bei Fehlfunktion; tägliche Meßwertkontrolle; einwandiger Kunststofftank in gemauerter Auffangwanne; Befüllen der Tanks über Rohrleitung; bei Anlagenfehlfunktion direkter Abfluß in Kanalisation möglich;	RI _{BW} 2 RI _L 1
Flockungs-/ Sedimentationsanlage (Lackieranlage)	Abwasser	7m ³ 5	Chargenanlage zur Behandlung von Abwässern aus Entfettung/ Phosphatierung und Lackieranlage; z. T. Kreislauf	Chargenanlage mit ph-Endkontrolle und Trüblemelder; Auffangschacht für evtl. Leckagen; Boden beschichtet;	RI _{BW} 2 RI _L 1
Anlage zur Neutralisation/ Sedimentation	Abwasser	5m ³ 5	Chargenanlage zur Behandlung von Abwässern aus der Beizanlage; z. T. Kreislauf	Chargenanlage mit ph-Endkontrolle; Behälter in Auffangwanne, gekachelter Raum; Charge kann nicht unbehandelt abfließen;	RI _{BW} 2 RI _L 1
Leichtflüssigkeitsabscheider	Abwasser	k.A.	1 x Koaleszenzabscheider 1 x Fettabscheider 3 x Ölabscheider	Wartung erfolgt halb- bis vierteljährlich; bei voller Abscheidekammer kein Abfluß möglich; bei Anlagenfehlfunktion direkter Abfluß in Kanalisation möglich;	RI _{BW} 2 RI _L 1

Fortsetzung nächste Seite

Anlage	Stoff	Menge MGI	Bemerkung	Technisch-organisatorischer Zustand	RI
Abluftanlagen					
Abluftanlagen Lackieranlage	Lösemittel	4000 kg/a	Abluft aus Spritz-, Lackierkabinen und Mischraum gelangt über Filter ins Freie; Filterung der Lackbestandteile; Lösungsmittel entweicht;	Toxizität der Lösemittel HGK 2 ¹⁸³	RI _{BW} 1 RI _L 3
Kanalisation					
Kanalisation	Abwasser	k.A.	teilweise sehr alte Kanali- sation mit Erweiterungen und Neubau	Kanal-TV-Untersuchungen für viele (rele- vante) Bereiche durchgeführt, andere Be- reiche werden in laufender Untersuchung erfaßt; Schadensklassen 1 und 2 saniert; durch Notauslaufschieber besteht bei Hoch- wasser die Möglichkeit einer direkten Ein- leitung von Abwasser in den Vorfluter;	RI _{BW} 4 RI _L 1

¹⁸³ Ermittlung erfolgt aus den eingesetzten Stoffen

Tabelle 65: Anlagenübergreifende Aspekte der Umweltrisikobetrachtung für das Fallbeispiel

Aspekt	Technisch-organisatorischer Zustand	RI
Hochwasser	die Begrenzung des Betriebsgeländes zum Vorfluter schließt mit einem Damm und einer Hochwasserschutzmauer ab, die sich am Stand des 100 jährigen Hochwassers orientiert	RI 2
Sicherheit	Brand- und Unfallschutz durch Werkfeuerwehr; Brandschutzpläne vorhanden; Brandmeldeanlagen im gesamten Betrieb	RI 2
Altlasten	historische Altlastenrecherche ergab einige Altlastenverdachtsflächen; akuter Handlungsbedarf wurde jedoch nicht festgestellt	RI 4
Zugang	Betriebsgelände durch Zäune, Hallenwände und Vorfluter gegen unberechtigten Zugang geschützt; ständig besetzte Pforte;	RI 2
Umweltmanagement	Umweltmanagementaktivitäten vorhanden (Zuständigkeiten, Betriebsanweisungen, etc.); Ausbau im Gange	RI 3

5.3. Naturräumliche Gegebenheiten im Untersuchungsraum und deren Bedeutung im Rahmen der Umweltrisikobetrachtung

Der Beispielbetrieb ist in einem Flußtal im Süden Deutschlands angesiedelt. Das Talbecken wird teilweise von steilen Flanken begrenzt. Im Norden sowie im Süden des Betriebsstandortes öffnet sich das Tal. Großmorphologisch ist der Untersuchungsraum dem Alpenvorland zuzuordnen.

5.3.1. Der Standort

Die Kernzone orientiert sich an den Grenzen des Produktionsstandortes. Zur Ermittlung der Abstandszone werden alle im Werk vorhandenen relevanten Anlagen nach dem nordrhein-westfälischen Abstandserlaß aufgelistet (siehe Tabelle 66).

Die Distanz der Abstandszone wird in Hinblick auf die worst-case-Prämisse nach der Anlage mit dem größten einzuhaltenden Mindestabstand ausgewiesen. Bei Betrieben mit einer großen Erstreckung ist darauf zu achten, daß die Abstandszone die Mindestabstände aller relevanten Anlagen umfaßt. Ist dies nicht der Fall, so sind die von der „wichtigsten“ Anlage nicht mitinbegriffenen Abstände gesondert zu berücksichtigen.

Tabelle 66: Anlagen nach dem nordrhein-westfälischen Abstandserlaß für das Fallbeispiel

Anlage	4. BImSchV		Abstandserlaß		
	Spalte	Nr.	Nr.	Klasse	Abstand
Beisanlage	2	3.10	-	VI	200 m
Abwasserbehandlungsanlage	-	-	135	V	300 m
Lackieranlage	-	-	183	VII	100 m
Schweißerei, Dreherei, Schleiferei, Schlosserei	-	-	181	VII	100 m

Die Ausbreitungszone ergibt sich nach dem maximalen Beurteilungsgebiet nach TA-Luft. Die größte Höhe, gemessen von der Geländeoberfläche, besitzt der Schornstein der Feuerungsanlage mit 43 m. Es ergibt sich ein Radius von 2150 m. Anhand der Hauptbodenwindrichtung wird noch zusätzlich die Ausbreitungsrichtung mit der größten Wahrscheinlichkeit angegeben (siehe Abbildung 12).

5.3.2. Klimatische Verhältnisse im Untersuchungsraum

Mit einer Jahresdurchschnittstemperatur von 7 - 8°C und einer durchschnittlichen jährlichen Niederschlagsmenge von 950 mm ist die klimatische Situation des Standortes als mäßig warm und niederschlagsreich zu bezeichnen. Die Hauptbodenwindrichtung ist südwest. Trotz der Lage des Tales (N-S) im Verhältnis zur Hauptwindrichtung ist bei windreichen Wetterlagen ein ausreichender Luftmassenaustausch gewährleistet, da das Tal von seiner Morphologie her windoffen ist.

Die klimatische Situation des Tales ist stark durch lokalklimatische Phänomene geprägt. Die umliegenden höhergelegenen Gebiete weisen im Jahresdurchschnitt ca. 1°C kältere Temperaturen auf und dienen dem Tal als Kaltluftentstehungsgebiete. In windarmen Strahlungsnächten sammelt sich dann die von den höhergelegenen benachbarten Gebieten abfließende schwerere Kaltluft im Talbecken an. Begünstigt wird diese Kaltluftansammlung durch das äußerst geringe Gefälle des Talbeckens in Richtung des Talverlaufes. Die Folge der Kaltluftansammlung im Tal ist neben der hohen Nebelhäufigkeit im Winterhalbjahr, die Ausbildung von Inversionen und damit ein behinderter Luftmassenaustausch.

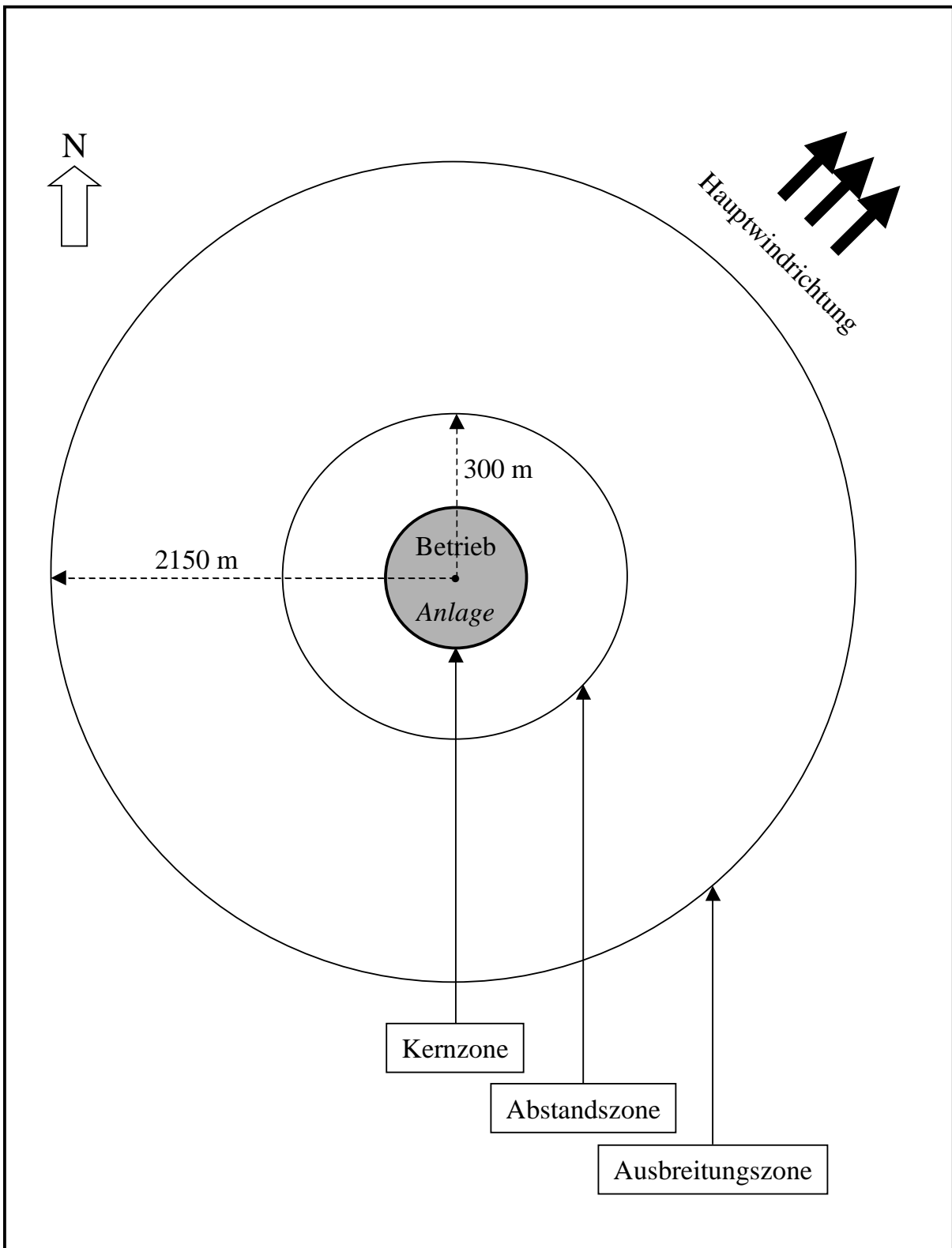


Abbildung 12: Idealisierte Darstellung der Abgrenzung des Standortes für das Fallbeispiel

Die Beständigkeit und die Höhenlage der Inversionen sind stark jahreszeitenabhängig. In sommerlichen Strahlungsnächten bilden sich häufig nur flache Kaltluftansammlungen aus, die sich meist am anderen Morgen aufgrund der Einstrahlung und der dadurch entstehenden Thermik wieder auflösen. Im Winterhalbjahr dagegen kommt es häufig zur Bildung großer Kaltluftseen, die sich teilweise wochenlang halten können. Solche Kaltluftseen erreichen im Mittel eine Höhe von 70 - 90 m über dem Talgrund, so daß auch die über den Talrändern gelegenen Bereiche vor allem im Westen noch unter dem Einfluß dieser Inversionen stehen. Bezüglich der Schadstoffausbreitung ist die Höhenlage der Inversionsuntergrenze von besonderer Bedeutung. Liegt die Inversionsuntergrenze noch innerhalb des Tales, so ist die Verteilung der Schadstoffe stark behindert. Bei Höheninversionen hingegen ist die Konzentration der Schadstoffe aufgrund des größeren Verdünnungseffektes geringer.

Für die klimatische Standortempfindlichkeit ergibt sich aus diesen Gegebenheiten und der Auswertung der Topographischen Karte die in Tabelle 67 schattiert dargestellte Situation. Insgesamt ist daher aufgrund der Inversionshäufigkeit eine hohe klimatische Standortempfindlichkeit gegeben.¹⁸⁴

Tabelle 67: Bewertung der klimatischen Empfindlichkeit im Untersuchungsraum

Kriterium	Empfindlichkeitsindex Klima				
	1	2	3	4	5
Durchlüftungszahl	D > 15		D = 8 – 15	D < 8	
Inversionshäufigkeit	selten		k.A.	häufig	
Kaltluft (BZ)	≤ 25	26 – 31	32 – 38	44 – 49	≥ 50
Orographie	offene, ebene Landschaft	flach- wellige Landschaft	weites Tal	enges Tal	tiefes, enges Tal

5.3.3. Geologische Verhältnisse im Untersuchungsraum

Wie bereits erwähnt, ist der Untersuchungsraum Teil des deutschen Alpenvorlandes. Das heutige Erscheinungsbild der Landschaft ist durch die erdgeschichtlichen Vorgänge seit dem Tertiär geprägt.

Im Tertiär vollzog sich die Hauptphase der Alpenbildung. In dieser Zeit war das heutige Alpenvorland als Geosynklinale ausgebildet. Diese Senke wurde seit dem Oligozän mit der sogenannten Molasse, dem Abtragungsschutt der sich heraushebenden Alpen verfüllt. Die Sedimentationsbedingungen wechselten in

¹⁸⁴ Quellen: Topographische Karte und Flächennutzungsplan für den Untersuchungsraum

Abhängigkeit von Meerestrans- und –regressionen, so daß marine und limnisch-fluviale Schichtfolgen in der Molasse auftreten. In chronologischer Reihenfolge sind dies die Untere Meeresmolasse, die Untere Süßwassermolasse, die Obere Meeresmolasse und die Obere Süßwassermolasse.¹⁸⁵

Diese Molasseschichten bilden den tieferen Untergrund im Untersuchungsraum. Die Obere Süßwassermolasse ist an verschiedenen Stellen im Untersuchungsraum aufgeschlossen und tritt vorwiegend als Sandstein auf; stellenweise ist auch Tonmergel anzutreffen.

Den größten Einfluß auf das heutige Landschaftsbild hatte ohne Zweifel das Pleistozän mit seinen mehrmaligen Vorstößen der alpinen Gletscher ins Vorland. Innerhalb des Untersuchungsgebietes treten an pleistozänen Ablagerungen an der Oberfläche ausschließlich solche aus der letzten Eiszeit, der Würmeiszeit auf. Aufgrund dieser Situation und aufgrund der im Rahmen dieser Arbeit nur kurzen Übersicht über die Geologie des Gebietes sollen die früheren pleistozänen Vorgänge hier nicht weiter dargestellt werden.

Der würmeiszeitliche Vorlandgletscher bedeckte während des Würmhochglazials den gesamten Untersuchungsraum. Das Tal stellt ein ehemaliges Zungenbecken des Gletschers dar. An Sedimenten hinterließ der Gletscher zunächst Geschiebemergel und –lehme, die sowohl östlich als auch westlich des Tales die oberste geologische Schicht bilden. Im Talbecken kam es vor dem abschmelzenden Gletscher immer wieder zur Bildung von Eisstauseen, die im Süden durch den Gletscher selbst, im Norden durch die zuvor aufgeschütteten Endmoränenwälle, im Osten und im Westen durch die Beckenwände aufgestaut wurden. In den Eisstauseen kam es zur Ablagerung feinkörniger Sedimente wie Feinsande, Schluffe und Beckentone und im Mündungsbereich von Schmelzwasserflüssen zu Deltaschüttungen. Im Talbereich sind diese glazialen Sedimente von postglazialen Ablagerungen überdeckt. Es handelt sich hierbei meist um Flußalluvionen, wie Kiese, Sande oder Tallehme.

Im Gebiet des Betriebsstandortes ergibt sich folgendes Bild des Untergrundes: Die spätglazialen Ablagerungen sind in Form von feinkörnigen Beckensedimenten ausgebildet und erreichen Mächtigkeiten von bis zu 30 m. Im Anschluß folgen postglaziale Sedimente wie Kiese und Sande, die teilweise von geringmächtigen Lagen an Flutsedimenten durchsetzt sind. Diese postglazialen Ablagerungen sind zwischen 6 und 8 m mächtig. Als oberste natürliche Schicht sind Auelehme sowie auch in ehemaligen Altarmen des Vorfluters Seesedimente anzutreffen, die schließlich von anthropogenen Auffüllungen überlagert werden.¹⁸⁶

¹⁸⁵ vgl. HABBE 1994

¹⁸⁶ Quellen: Topographische Karte, Geologische Karte, Moorkarte, Flächennutzungsplan für den Untersuchungsraum

5.3.4. Bodenverhältnisse im Untersuchungsraum

Die Bodenverhältnisse im Untersuchungsraum lehnen sich eng an die geologischen Voraussetzungen an. Lediglich die Böden der Auenbereiche sind durch den Wassereinfluß überprägt.

In den Geschiebemergeln und -lehmen der Grundmoränen findet man meist Bodenarten von lehmigem Sand bis sandigem Lehm vor. Im östlichen Bereich des Untersuchungsraumes trifft man stellenweise steinig sandige Bodenarten an. An Bodentypen sind Parabraunerden zu erwarten. Im allgemeinen sind gute bis mittlere Nährstoffverhältnisse anzutreffen.

Der Molassesandstein tritt im Untersuchungsraum nur an wenigen Stellen bodenbildend auf. Das Verwitterungsprodukt ist ein leichter sandig lehmiger Boden, der aufgrund der häufigen Vorkommen meist kolluvial geprägt ist.

Neben geringen Anteilen an Grundmoränen- und Fluvioglazialböden dominieren im Tal alluviale Böden. Im näheren Untersuchungsraum sind alluviale Tallehme anzutreffen, die als Kolluvien und Auenablagerungen vorliegen. Die Bodenart ist ein sandiger Lehm mit humosem Oberboden. Die Böden sind tiefgründig und nährstoffreich. Bezüglich der Ausbildung der Bodentypen sind in diesem Bereich vor allem die Wasserverhältnisse maßgebend, so daß hier neben Kolluvien auch Gleye, Auengleye und Anmoore zu erwarten sind. Zudem treten stark moorige Böden auf.¹⁸⁷

Die künstlichen Anschüttungen der Kernzone besitzen nur eine sehr geringe Empfindlichkeit (Bodenempfindlichkeitsindex: 1). Die Auswertung der Reichsbodenschätzung ergab folgende Kenndaten:

- Abstandszone (Bodenempfindlichkeitsindex: 5) → Zustandsstufen: II, 4, 5; Bodenarten: sL, L, lS
- Ausbreitzzone (Bodenempfindlichkeitsindex: 5) → Zustandsstufen: II, 4, 5; Bodenarten: LT, L, sL, lS, SL.

5.3.5. Grundwasserverhältnisse im Untersuchungsraum

Im Talbereich sind zwei grundwasserleitende Schichten vorhanden. Der obere Aquifer befindet sich innerhalb der postglazialen Kiese und Sande. Die darunterliegende wasserstauende Schicht sind die Beckentone und -schluffe. Da über den Kiesen und Sanden häufig Auelehme anzutreffen sind, kann hier, je nach Stand des Grundwasserspiegels, gespanntes Grundwasser vorliegen.

Neben den Kiesen ist noch ein weiterer tiefer gelegener Aquifer vorhanden. Dieser befindet sich innerhalb der Grundmoräne. Nach oben hin wird dieser durch die feinkörnigen Beckensedimente abgeriegelt, weshalb sich kein freier Grundwasserspiegel einstellen kann. Die Tiefenlage des Grundwasserspiegels

¹⁸⁷ Quelle: Geologische Karte für den Untersuchungsraum

ist unterschiedlich, wobei teilweise sogar der Flußwasserspiegel überschritten wird, so daß in diesen Fällen artesisch gespanntes Grundwasser vorliegt.

Obwohl die Großregion von Verwerfungen durchzogen ist, sind im Untersuchungsraum keine bedeutenden Klüfte oder Verwerfungsspalten nachgewiesen. Es ist also davon auszugehen, daß es sich bei den vorhandenen Aquiferen um Porengrundwasserleiter handelt.

Die Grundwassersituation im Bereich des Betriebsgeländes gestaltet sich wie folgt. Das Grundwasservorkommen und die Grundwasserfließrichtung in den Kiesen wird in seinem Verhalten durch den Wasserstand des Vorfluters geprägt. Bei Hochwasser des Vorfluters oder einer starken Entnahme von Grundwasser ist auch eine Grundwasseranreicherung durch Wasser des Vorfluters nicht auszuschließen. Da der Flurabstand im Mittel 2,5 m beträgt, kann das Grundwasser zeitweise in gespannter Form vorliegen.

Das Grundwasser im Bereich des Firmengeländes unterliegt der betrieblichen Nutzung. Mittels einiger Brunnen wurde das Grundwasservorkommen erschlossen. Die Fördermenge liegt im Bereich von 2 – 10 l/s. Jährlich werden ca. 75000 m³ Wasser entnommen.¹⁸⁸

Die Grundwasserempfindlichkeit wird zonenübergreifend ermittelt. Da die Kernzone eine hohe Empfindlichkeit aufweist und außerdem den Bereich darstellt in welchem eine direkte Belastung erfolgen kann, wird die Kernzone zur Bestimmung der Grundwasserempfindlichkeit herangezogen. Die Datenbasis zur Bewertung der Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung liefert der Flurabstand (2,5 m) und folgendes Bodenprofil¹⁸⁹:

- 0 – 30 cm → Us, Beimengungen (org. Substanz, Bruchstücke)
- 30 – 150 cm → Ut2, sandig, geringe organische Beimengungen, steif
- 150 – 250 cm → Su2, locker-mitteldicht.

Daraus ergibt sich folgende Einstufung:

- nutzbare Feldkapazität: $\Sigma n_{FK} = 204 \text{ mm} \Rightarrow B = 500$
- Sickerwassermenge: $NS - ETP_{\text{pot.}} = 950 \text{ mm/a} - 550 \text{ mm/a} = 400 \text{ mm/a}$
 $\Rightarrow W = 0,75$
- Gesteinsart: $G_L = 130$.

Der Zuschlag aufgrund der gespannten Druckverhältnisse kann nicht vergeben werden, da eine Durchörterung der Auelehme im Zuge von Baumaßnahmen nicht ausgeschlossen werden kann. Somit ergibt sich eine sehr geringe Gesamtschutzfunktion ($S_g = 472,5$) für die Grundwasserüberdeckung. Die Gesamtbewertung der Grundwasserempfindlichkeit ist in Tabelle 68 wiedergegeben.

¹⁸⁸ Quellen: Geologische Karte für den Untersuchungsraum, eigene Erhebungen

¹⁸⁹ Quelle: Baugutachten

Tabelle 68: Bewertung der Grundwasserempfindlichkeit im Untersuchungsraum

Kriterium	Empfindlichkeitsindex Grundwasser				
	1	2	3	4	5
Schutzfunktion Grundwasser-überdeckung	sehr hoch	hoch	mittel	gering	sehr gering
Hydraulische Charakterisierung	kein Grundwasser oder unbedeutend	1 (unbedeutende Mengen)	1 (bedeutende Mengen), 2a	2b, 3a, 3b	3c, 4

5.3.6. Gewässerverhältnisse im Untersuchungsraum

Der Vorfluter durchfließt den Untersuchungsraum in Nord-Südrichtung. Der Vorfluter unterliegt einer schnellen und starken Beeinflussung durch das regionale Niederschlagsverhalten. Der mittlere Niedrigwasserabfluß beträgt 2,4 m³/s.

Der Vorfluter ist im Untersuchungsraum stark vom Menschen verändert worden. Durch technischen Ausbau und Laufveränderungen ist der Vorfluter in seiner Physiognomie anthropogen überprägt. Im Untersuchungsraum ist der Vorfluter kanalförmig ausgebaut und der Böschungsfuß mit Wasserbausteinen befestigt. Auch in bezug auf die Wasserqualität ist die Naturnähe nicht mehr vorhanden, so wird der Vorfluter nach dem System der Gewässergüteklassen als „kritisch belastet“ (Gewässergüte II - III) angegeben.¹⁹⁰

Ein weiterer Punkt im Zusammenhang mit der direkten Nachbarschaft des Beispielbetriebes zum Vorfluter ist die mögliche Hochwassergefährdung. Aus diesem Grund ist eine Hochwasserschutzmauer errichtet worden, deren Dimension am 100 jährigen Hochwasserstand ausgerichtet wurde.

Für die Bewertung des Gewässers ergibt sich nach Tabelle 69 eine mittlere Empfindlichkeit für alle Zonen.

¹⁹⁰ Quellen: Geologische Karte, Gewässergütekarte für den Untersuchungsraum, Pegeldaten des Vorfluters, eigene Erhebungen

Tabelle 69: Bewertung der Gewässerempfindlichkeit im Untersuchungsraum

Kriterium	Empfindlichkeitsindex Fließgewässer				
	1	2	3	4	5
Gewässergüte	III-IV, IV	III	II-III	II	I, I-II
Natürlichkeitsgrad	extrem naturfern	sehr naturfern	naturfern	bedingt naturnah	natürlich, naturnah
Durchmischung	> 55		55 - 45	< 45 - 25	< 25
Fließgeschwindigkeit	schnell fließend			langsam fließend	stehend

5.3.7. Die Biosphäre im Untersuchungsraum

Die Auswertung der Topographischen Karte und der Moorkarte ergab folgende Beurteilung:

- Kernzone → sehr geringe Empfindlichkeit
- Abstandszone → mittlere Empfindlichkeit: Landwirtschaftsflächen
- Ausbreitungszone → hohe Empfindlichkeit: Biotope.

5.3.8. Die Anthroposphäre im Untersuchungsraum

Die Stadtlage des Betriebes weist in Ausbreitungszone sehr empfindliche Nutzungen auf, wie z. B. Kindergärten, Spielplätze und Kliniken. Die Abstandszone besitzt aufgrund der dort befindlichen Schrebergärten eine hohe Empfindlichkeit. Lediglich die Kernzone ist nur sehr gering empfindlich.

5.4. Die Beurteilung der lokalen Umweltrisiken

Die einzelnen Ergebnisse der Standortempfindlichkeitsbewertung für das Fallbeispiel sind in Tabelle 70 dargestellt. Diese Ergebnisse werden in die Konfliktmatrix übertragen. In der Konfliktmatrix spiegelt die Reihenfolge der Empfindlichkeitsindizes die Zuordnung zu den einzelnen Belastungszonen wider, so steht die erste Stelle für die Kern-, die zweite Stelle für die Abstands- und die dritte Stelle für die Ausbreitungszone (z. B. 1-3-5).

Tabelle 70: Ergebnisse der Standortempfindlichkeitsbewertung für das Fallbeispiel

Umweltsphäre	Empfindlichkeitsindex		
	Kernzone	Abstandszone	Ausbreitungszone
Boden	1	5	5
Grundwasser	5		
Gewässer	3	3	3
Luft	4		
Biosphäre	1	3	4
Anthroposphäre	1	4	5

Die Begründung für die Einstufung der (indirekten) Einwirkungsausmaße (siehe Tabelle 71) sind den Beschreibungen der Kapitel 5.3.2. - 5.3.8. in Zusammenhang mit Tabelle 55 zu entnehmen.

Tabelle 71: Einstufung der Einwirkungsbeziehungen für das Fallbeispiel

	Boden	Grundwasser	Gewässer	Klima/Luft	Bio-sphäre	Anthroposphäre
Boden	3		2	2	1	1
Grundwasser	2	3	3	1	2	2
Gewässer	2	2	3	2	3	3
Klima/Luft	2	1	1	3	3	3

Die Bewertung der Umweltrisiken für das Fallbeispiel erfolgt anhand der Konfliktmatrix (siehe Tabelle 72). Es ist zu beachten, daß für Konflikte mit Boden, Grundwasser und Gewässer die Kernzone herausragende Bedeutung besitzt, während für Luft, Bio- und Anthroposphäre alle Zonen gleich bedeutend sind. Durch die hohen bis sehr hohen Empfindlichkeiten von Grundwasser, Luft, Bio- und Anthroposphäre sind starke Konfliktmöglichkeiten bereits ohne die Betrachtung der betrieblichen Umweltgefährdungspotentiale wahrscheinlich. Aufgrund der sehr hohen Bodenempfindlichkeit in der Abstands- und Ausbreitungszone ist den indirekten Bodenbelastungsmöglichkeiten besondere Beachtung zu schenken.

Tabelle 72: Konfliktmatrix für das Fallbeispiel

			Standortempfindlichkeit					
			Boden	Grundwasser	Gewässer	Luft	Biosphäre	Anthroposphäre
			1-5-5	5	3-3-3	4	1-3-4	1-4-5
Instandhaltung	RI _{BW} 2	Boden	1-3-3					
		Grundwasser		3				
		Gewässer			1-1-1			
	RI _L 1	Luft				2	1-1-2	1-2-2
Mechanische Bearb.	RI _{BW} 4	Boden	2-5-5					
		Grundwasser		5				
		Gewässer			4-4-4			
	RI _L 1	Luft				2	1-1-2	1-2-2
Montage	RI _{BW} 2	Boden	1-3-3					
		Grundwasser		3				
		Gewässer			1-1-1			
	RI _L 1	Luft				2	1-1-2	1-2-2
Oberflächentechnik	RI _{BW} 2	Boden	1-3-3					
		Grundwasser		3				
		Gewässer			1-1-1			
	RI _L 2	Luft				2	1-1-2	1-2-3
Gefahrstofflager	RI _{BW} 2	Boden	1-3-3					
		Grundwasser		3				
		Gewässer			1-1-1			
	RI _L 2	Luft				2	1-1-2	1-2-3

Fortsetzung nächste Seite

			Standortempfindlichkeit					
			Boden	Grundwasser	Gewässer	Luft	Biosphäre	Anthroposphäre
			1-5-5	5	3-3-3	4	1-3-4	1-4-5
Abfallentsorgung	RI _{BW} 4	Boden	2-5-5					
		Grundwasser		5				
		Gewässer			4-4-4			
	RI _L 1	Luft				2	1-1-2	1-2-2
Abwasserreinigung	RI _{BW} 2	Boden	1-3-3					
		Grundwasser		3				
		Gewässer			1-1-1			
	RI _L 1	Luft				2	1-1-2	1-2-2
Abluftanlagen	RI _{BW} 1	Boden	1-2-2					
		Grundwasser		2				
		Gewässer			1-1-1			
	RI _L 3	Luft				4	1-3-4	1-4-4
Kanalisation	RI _{BW} 4	Boden	2-5-5					
		Grundwasser		5				
		Gewässer			4-4-4			
	RI _L 1	Luft				2	1-1-2	1-2-2
Altlasten							RI	4
Hochwasser							RI	2
Sicherheit (Brand- und Unfallschutz)							RI	2
Zugang							RI	2
Umweltmanagement							RI	3

6. Zusammenfassung

Die durch die Aktivitäten von Betrieben verursachten Umweltbelastungen können zu Auswirkungen in unterschiedlichen räumlichen Größenordnungen führen. Für die Beurteilung von Umweltrisiken ergeben sich in Abhängigkeit der räumlichen Dimension unterschiedliche Beurteilungsansätze. Während für die direkte Umgebung eines Betriebes die jeweilige Standortempfindlichkeit ermittelt werden kann, ist die Beurteilung regionaler und großräumiger Umweltbelastungen unter Abstraktion eines konkreten Standortes vorzunehmen.

Der Bewertung von Umweltrisiken wird ein Verursacher-Akzeptoren-Konzept zugrundegelegt. Als Hauptursachen der betrieblichen Umweltbelastung werden die Emissionen des Normal- und des Störfallbetriebes betrachtet. Die Umweltsphären, also Anthro-, Bio- und Geosphäre, stellen die Akzeptoren der Umweltbelastung dar. Das Ausmaß des betrieblichen Umweltgefährdungspotentials und die Empfindlichkeit der Umweltsphären entscheiden über die Höhe des Umweltrisikos.

Der Anspruch der Praxisrelevanz der vorliegenden Bewertungsmethodik und die Tatsache, daß jede Bewertung subjektive Elemente enthält, bedingen ein Vorschalten von Prämissen vor die eigentliche Bewertung. Die Subjektivität von Bewertungen macht eine Offenlegung der Beurteilungsgrundlagen und -kriterien notwendig. Auf diese Weise wird die Transparenz und Nachvollziehbarkeit gewährleistet und willkürliche Einstufungen vermieden. Die Praxisnähe des Verfahrens berücksichtigt den meist beschränkten zeitlichen und finanziellen Rahmen bei der Durchführung von Umweltrisikoprüfungen. Der Rückgriff auf eine in der Regel verfügbare, z. T. umweltrechtlich verankerte Datenbasis und die Anwendung von aussagekräftigen Indikatorgrößen im Rahmen von Schnellansprachen tragen dieser Voraussetzung Rechnung.

Die Ermittlung der regionalen bis großräumigen Umweltauswirkungen erfolgt anhand der 'Eco-Indicator'-Methode. Dabei werden die betrieblichen Emissionen quantitativ erfaßt und den jeweiligen, durch diese Emissionen mitverursachten, Umwelteffekten (z. B. Treibhauseffekt) zugeordnet. Danach werden die Substanzen entsprechend ihrem Wirkungspotential am jeweiligen Umwelteffekt gewichtet. Die Bestimmung der potentiellen großräumigen Auswirkungen, die durch diese Umwelteffekte bedingt werden, erfolgt auf Grundlage einer Szenarienstudie. Zusätzlich wird das Verhältnis des potentiellen Schadens zu einem definierten tolerierbaren Schaden ermittelt und daraus die Bewertung abgeleitet.

Die Analyse der lokalen Umweltrisiken erfolgt zunächst durch eine getrennte Ermittlung der betrieblichen Umweltgefährdungspotentiale und der Standortempfindlichkeit. Die Umwelrelevanz der eingesetzten Chemikalien und die technisch-organisatorischen Maßnahmen zum Umgang mit diesen Substanzen

bestimmen das Umweltgefährdungspotential des Betriebes. Die Standortempfindlichkeit wird anhand geowissenschaftlicher und ökologischer Kriterien für die einzelnen Umweltsphären getrennt ermittelt. Die einzelnen Einstufungen von betrieblichen Umweltgefährdungspotentialen und Empfindlichkeiten der Akzeptoren, welche mittels Risiko- bzw. Empfindlichkeitsindizes ausgedrückt werden, münden schließlich in der Betrachtung der Schnittstelle Betrieb - Standort. Aus der Gegenüberstellung der betrieblichen Risikoindizes und den Empfindlichkeitsindizes der Umweltsphären werden dann entsprechende Konfliktpotentiale zugeordnet. Die Schnittstelle wird in Form einer Konfliktmatrix dargestellt, welcher die direkten Konfliktpotentiale und die in Betracht zu ziehenden indirekten Umweltauswirkungen zu entnehmen sind.

Durch den schematischen Verfahrensablauf werden die in der Praxis bedeutendsten Umweltrisiken erfaßt. Weitere Umweltrisiken sind gegebenenfalls im Rahmen des vorgestellten Verursacher-Akzeptoren-Konzeptes zu erkennen und verbal-argumentativ zu bewerten.

Der transparente Aufbau des Bewertungsverfahrens erlaubt eine problemlose Rückverfolgbarkeit der einzelnen Bewertungsbegründungen, so daß die Bewertungsergebnisse direkt zur Ableitung von Abhilfemaßnahmen herangezogen werden können. Somit eignet sich das vorliegende Bewertungskonzept als Basisinstrument zur Durchführung eines umweltschutzbezogenen Soll-Ist-Abgleiches wie dieser unter anderem im Rahmen der EG-Öko-Audit-Verordnung gefordert wird.

Anhang A: Abkürzungsverzeichnis

Abkürzungen:

Abs.	Absatz
AOX	adsorbierbare Halogenkohlenwasserstoffe
BauNVO	Baunutzungsverordnung
BImSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz
BImSchV	Verordnung zur Durchführung des Bundes- Immissionsschutzgesetzes
BNatSchG	Bundes-Naturschutzgesetz
BSB ₅	biochemischer Sauerstoffbedarf in 5 Tagen
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
CKW	<u>C</u> hlor- <u>K</u> ohlen <u>w</u> asserstoffe
CRI _{BW}	Chemikalienrisikoindex bezüglich der Umweltkompartimente Boden und Wasser
CRI _L	Chemikalienrisikoindex bezüglich des Umweltkompartiments Luft
CSB	chemischer Sauerstoffbedarf
etc.	et cetera
evtl.	eventuell
ExI _{BW}	Expositionsindex für Boden und Wasser
ExI _L	Expositionsindex für Luft
f.	folgende
FCKW	<u>F</u> luor- <u>C</u> hlor- <u>K</u> ohlen <u>w</u> asserstoffe
ff.	fortfolgende
FKW	<u>F</u> luor- <u>K</u> ohlen <u>w</u> asserstoffe
GAU	größter anzunehmender Unfall
GefStoffV	Gefahrstoffverordnung
GGVS	Gefahrgutverordnung Straße
GK	Gefährdungsklasse
HGK	Humangefährdungsklasse
i. d. F.	in der Fassung
k.A.	keine Angaben
k _f -Wert	Durchlässigkeitsbeiwert
KrW-/AbfG	Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz
KSS	Kühlschmierstoff
LPDM	Lagrangesches Partikeldispersionsmodell
MGI	Mengen-Gebinde-Index für die Störfallanalyse
MNQ	mittlerer Niedrigwasserabfluß
N	Nord
NE	Nordost

NE	Nicht-Eisen (nur in Tabelle 4)
nFK	nutzbare Feldkapazität
NN	Normal Null
NNE	Nordnordost
NO _x	Stickoxide
NS	Niederschlag
NW	Nordwest
PAN	Peroxiacetylnitrat
P _{tot}	Gesamtphosphorgehalt
R-Satz	Hinweis auf besondere Gefahren bei Chemikalien
RI _{BW}	Betrieblicher Risikoindex für Boden und Wasser
RI _L	Betrieblicher Risikoindex für Luft
S	Süd
S.	Seite/n
TA-Luft	Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft
TOC	organischer Gesamtkohlenstoff
u. a.	unter anderem
UmweltHG	Umwelthaftungsgesetz
usw.	und so weiter
VbF	Verordnung über brennbare Flüssigkeiten
vgl.	vergleiche
VOC	(volatile organic compounds) flüchtige organische Substanzen
WGK	Wassergefährdungsklasse
WHG	Wasserhaushaltsgesetz
wS	wassergefährdende Stoffe
z. B.	zum Beispiel
z. T.	zum Teil

Anhang B: Gefahrstoffe - Hinweise auf besondere Gefahren

Gefahrstoffverordnung vom 26.10.1993 -

Anhang I Nr. 2: Hinweise auf besondere Gefahren (R-Sätze):

- R 1 In trockenem Zustand explosionsgefährlich
- R 2 Durch Schlag, Reibung, Feuer oder andere Zündquellen explosionsgefährlich
- R 3 Durch Schlag, Reibung, Feuer oder andere Zündquellen besonders explosionsgefährlich
- R 4 Bildet hochempfindliche explosionsgefährliche Metallverbindungen
- R 5 Beim Erwärmen explosionsfähig
- R 6 Mit und ohne Luft explosionsfähig
- R 7 Kann Brand verursachen
- R 8 Feuergefahr bei Berührung mit brennbaren Stoffen
- R 9 Explosionsgefahr bei Mischung mit brennbaren Stoffen
- R10 Entzündlich
- R 11 Leichtentzündlich
- R 12 Hochentzündlich
- R 14 Reagiert heftig mit Wasser
- R 15 Reagiert mit Wasser unter Bildung hochentzündlicher Gase
- R 16 Explosionsgefährlich in Mischung mit brandfördernden Stoffen
- R 17 Selbstentzündlich an der Luft
- R 18 Bei Gebrauch Bildung explosionsfähiger/leichtentzündlicher Dampf-/Luftgemische
- R 19 Kann explosionsfähige Peroxide bilden
- R 20 Gesundheitsschädlich beim Einatmen
- R 21 Gesundheitsschädlich bei Berührung mit der Haut
- R 22 Gesundheitsschädlich beim Verschlucken
- R 23 Giftig beim Einatmen
- R 24 Giftig bei Berührung mit der Haut
- R 25 Giftig beim Verschlucken
- R 26 Sehr giftig beim Einatmen
- R 27 Sehr giftig bei Berührung mit der Haut
- R 28 Sehr giftig beim Verschlucken
- R 29 Entwickelt bei Berührung mit Wasser giftige Gase
- R 30 Kann bei Gebrauch leicht entzündlich werden
- R 31 Entwickelt bei Berührung mit Säure giftige Gase
- R 32 Entwickelt bei Berührung mit Säure sehr giftige Gase
- R 33 Gefahr kumulativer Wirkungen
- R 34 Verursacht Verätzungen
- R 35 Verursacht schwere Verätzungen
- R 36 Reizt die Augen

- R 37 Reizt die Atmungsorgane
- R 38 Reizt die Haut
- R 39 Ernste Gefahr irreversiblen Schadens
- R 40 Irreversibler Schaden möglich
- R 41 Gefahr ernster Augenschäden
- R 42 Sensibilisierung durch Einatmen möglich
- R 43 Sensibilisierung durch Hautkontakt möglich
- R 44 Explosionsgefahr bei Erhitzen unter Einschluß
- R 45 Kann Krebs erzeugen
- R 46 Kann vererbare Schäden erzeugen
- R 48 Gefahr ernster Gesundheitsschäden bei längerer Exposition
- R 49 Kann Krebs erzeugen beim Einatmen
- R 50 Sehr giftig für Wasserorganismen
- R 51 Giftig für Wasserorganismen
- R 52 Schädlich für Wasserorganismen
- R 53 Kann in Gewässern längerfristig schädliche Wirkungen haben
- R 54 Giftig für Pflanzen
- R 55 Giftig für Tiere
- R 56 Giftig für Bodenorganismen
- R 57 Giftig für Bienen
- R 58 Kann längerfristig schädliche Wirkungen auf die Umwelt haben
- R 59 Gefährlich für die Ozonschicht
- R 60 Kann die Fortpflanzungsfähigkeit beeinträchtigen
- R 61 Kann das Kind im Mutterleib schädigen
- R 62 Kann möglicherweise die Fortpflanzungsfähigkeit beeinträchtigen
- R 63 Kann das Kind im Mutterleib möglicherweise schädigen
- R 64 Kann Säuglinge über die Muttermilch schädigen

Kombination der R-Sätze

R 14/15	Reagiert heftig mit Wasser unter Bildung hochentzündlicher Gase
R 15/29	Reagiert mit Wasser unter Bildung giftiger und hochentzündlicher Gase
R 20/21	Gesundheitsschädlich beim Einatmen und bei Berührung mit der Haut
R 20/22	Gesundheitsschädlich beim Einatmen und Verschlucken
R 20/21/22	Gesundheitsschädlich beim Einatmen, Verschlucken und Berührung mit der Haut
R 21/22	Gesundheitsschädlich bei Berührung mit der Haut und beim Verschlucken
R 23/24	Giftig beim Einatmen und bei Berührung mit der Haut
R 23/25	Giftig beim Einatmen und Verschlucken
R 23/24/25	Giftig beim Einatmen, Verschlucken und Berührung mit der Haut
R 24/25	Giftig bei Berührung mit der Haut und beim Verschlucken
R 26/27	Sehr giftig beim Einatmen und bei Berührung mit der Haut
R 26/28	Sehr giftig beim Einatmen und Verschlucken
R 26/27/28	Sehr giftig beim Einatmen, Verschlucken und Berührung mit der Haut
R 27/28	Sehr giftig bei Berührung mit der Haut und beim Verschlucken
R 36/37	Reizt die Augen und die Atmungsorgane
R 36/38	Reizt die Augen und die Haut
R 36/37/38	Reizt die Augen, Atmungsorgane und die Haut
R 37/38	Reizt die Atmungsorgane und die Haut
R 39/23	Giftig: ernste Gefahr irreversiblen Schadens durch Einatmen
R 39/24	Giftig: ernste Gefahr irreversiblen Schadens bei Berührung mit der Haut
R 39/25	Giftig: ernste Gefahr irreversiblen Schadens durch Verschlucken
R 39/23/24	Giftig: ernste Gefahr irreversiblen Schadens durch Einatmen und bei Berührung mit der Haut
R 39/23/25	Giftig: ernste Gefahr irreversiblen Schadens durch Einatmen und durch Verschlucken
R 39/24/25	Giftig: ernste Gefahr irreversiblen Schadens bei Berührung mit der Haut und durch Verschlucken
R 39/23/24/25	Giftig: ernste Gefahr irreversiblen Schadens durch Einatmen, Berührung mit der Haut und durch Verschlucken

- R 39/26 Sehr giftig: ernste Gefahr irreversiblen Schadens durch Einatmen
- R 39/27 Sehr giftig: ernste Gefahr irreversiblen Schadens bei Berührung mit der Haut
- R 39/28 Sehr giftig: ernste Gefahr irreversiblen Schadens durch Verschlucken
- R 39/26/27 Sehr giftig: ernste Gefahr irreversiblen Schadens durch Einatmen und bei Berührung mit der Haut
- R 39/26/28 Sehr giftig: ernste Gefahr irreversiblen Schadens durch Einatmen und durch Verschlucken
- R 39/27/28 Sehr giftig: ernste Gefahr irreversiblen Schadens bei Berührung mit der Haut und durch Verschlucken
- R 39/26/27/28 Sehr giftig: ernste Gefahr irreversiblen Schadens durch Einatmen, Berührung mit der Haut und durch Verschlucken
- R 40/20 Gesundheitsschädlich: Möglichkeit irreversiblen Schadens durch Einatmen
- R 40/21 Gesundheitsschädlich: Möglichkeit irreversiblen Schadens bei Berührung mit der Haut
- R 40/22 Gesundheitsschädlich: Möglichkeit irreversiblen Schadens durch Verschlucken
- R 40/20/21 Gesundheitsschädlich: Möglichkeit irreversiblen Schadens durch Einatmen und bei Berührung mit der Haut
- R 40/20/22 Gesundheitsschädlich: Möglichkeit irreversiblen Schadens durch Einatmen und durch Verschlucken
- R 40/21/22 Gesundheitsschädlich: Möglichkeit irreversiblen Schadens bei Berührung mit der Haut und durch Verschlucken
- R 40/20/21/22 Gesundheitsschädlich: Möglichkeit irreversiblen Schadens durch Einatmen, Berührung mit der Haut und durch Verschlucken
- R 42/43 Sensibilisierung durch Einatmen und Hautkontakt möglich
- R 48/20 Gesundheitsschädlich: Gefahr ernster Gesundheitsschäden bei längerer Exposition durch Einatmen
- R 48/21 Gesundheitsschädlich: Gefahr ernster Gesundheitsschäden bei längerer Exposition durch Berührung mit der Haut
- R 48/22 Gesundheitsschädlich: Gefahr ernster Gesundheitsschäden bei längerer Exposition durch Verschlucken
- R 48/20/21 Gesundheitsschädlich: Gefahr ernster Gesundheitsschäden bei längerer Exposition durch Einatmen und durch Berührung mit der Haut
- R 48/20/22 Gesundheitsschädlich: Gefahr ernster Gesundheitsschäden bei längerer Exposition durch Einatmen und durch Verschlucken

- R 48/21/22 Gesundheitsschädlich: Gefahr ernster Gesundheitsschäden bei längerer Exposition durch Berührung mit der Haut und durch Verschlucken
- R 48/20/21/22 Gesundheitsschädlich: Gefahr ernster Gesundheitsschäden bei längerer Exposition durch Einatmen, Berührung mit der Haut und durch Verschlucken
- R 48/23 Giftig: Gefahr ernster Gesundheitsschäden bei längerer Exposition durch Einatmen
- R 48/24 Giftig: Gefahr ernster Gesundheitsschäden bei längerer Exposition durch Berührung mit der Haut
- R 48/25 Giftig: Gefahr ernster Gesundheitsschäden bei längerer Exposition durch Verschlucken
- R 48/23/24 Giftig: Gefahr ernster Gesundheitsschäden bei längerer Exposition durch Einatmen und durch Berührung mit der Haut
- R 48/23/25 Giftig: Gefahr ernster Gesundheitsschäden bei längerer Exposition durch Einatmen und durch Verschlucken
- R 48/24/25 Giftig: Gefahr ernster Gesundheitsschäden bei längerer Exposition durch Berührung mit der Haut und durch Verschlucken
- R 48/23/24/25 Giftig: Gefahr ernster Gesundheitsschäden bei längerer Exposition durch Einatmen, Berührung mit der Haut und durch Verschlucken
- R 50/53 Sehr giftig für Wasserorganismen, kann in Gewässern längerfristig schädliche Wirkungen haben
- R 51/53 Giftig für Wasserorganismen, kann in Gewässern längerfristig schädliche Wirkungen haben
- R 52/53 Schädlich für Wasserorganismen, kann in Gewässern längerfristig schädliche Wirkungen haben

Anhang C: Ermittlung der nutzbaren Feldkapazität

Tabelle C1: Nutzbare Feldkapazität (nFK) in Abhängigkeit von Bodenart und effektiver Lagerungsdichte (Ld^{191}) bzw. Torfart, Zersetzungsstufe (z) und Substanzvolumen (SV) in mm/dm bzw. Vol.-%

Bodenart bzw. Torfart und Zersetzungsstufe	nFk pF 4,2 - 1,8 (Poren \varnothing 0,2 - 50 μ m)		
	Kurzzeichen	Ld/SV-Stufe	
		1-2	3
Sande			
gS	6	6	6
mSfs	10	9	9
fS	16	12	12
Su	21	18	17
S12	20	16	14
Slu	24	19	17
S13	23	17	15
S14	23	16	14
St2	18	14	13
St3	20	15	13
Schluffe			
U	28	25	23
Us	26	22	19
U12, Ut2	27	25	21
U1s	26	22	20
U13, Ut3	27	24	20
U14, Ut4	26	21	19

¹⁹¹ Ld 1 = sehr geringe effektive Lagerungsdichte, Ld 2 = geringe effektive Lagerungsdichte, Ld 3 = mittlere effektive Lagerungsdichte, Ld 4 = hohe effektive Lagerungsdichte, Ld 5 = sehr hohe effektive Lagerungsdichte (vgl. ARBEITSGRUPPE BODENKUNDE 1982, S. 126 f.)

Bodenart bzw. Torfart und Zersetzungsstufe	nFk pF 4,2 - 1,8 (Poren Ø 0,2 - 50 µm)		
Kurzzeichen	Ld/SV-Stufe		
	1-2	3	4-5
Lehme			
Ls2 (Lsu)	23	17	14
Ls3	22	17	14
Ls4	22	17	14
Lu	24	19	16
Lt2	19	15	12
Lt3	19	15	12
Ltu	21	17	12
Lts	22	16	12
Tone			
Tu4	21	17	12
Tu3	19	15	12
Tl, Tu2	20	14	11
T	20	15	11
extrem humose (anmoorige) Schichten			
S bis Sl	37		
L, U, T	37		
Torfe und Mudden			
Hh z1, z2	55	60	40
Hh z3	55	60	45
Hh z4, z5	75	75	45
Hn z1, z2	60	60	50
Hh z3	65	60	40
Hh z4, z5	-	55	35

(QUELLE: ARBEITSGRUPPE BODENKUNDE 1982,
S. 146 f.)

Tabelle C2: Zuschläge zu nutzbarer Feldkapazität (nFK) aufgrund höherer Gehalte an organischer Substanz (Humus) in Abhängigkeit vom Tongehalt

Tongehalt %	Organische Substanz %	Zuschläge zur nFK in mm/dm bzw. in Vol.-%
< 5	2	2
	4	4
	6	7
	8	10
	10	12
	12	14
	14	16
5 - 12	2	1
	4	3
	6	5
	8	8
	10	10
	12	13
	14	15
12 - 17	4	2
	6	5
	8	8
	10	10
	12	12
	14	15
17 - 35	4	1
	6	4
	8	6
	10	8
	12	10
	14	12
35 - 65	6	2
	8	3
	10	4
	12	6
	14	8
> 65	6	2
	8	3
	10	4
	12	5
	14	6

(QUELLE: ARBEITSGRUPPE BODENKUNDE 1982, S. 148 f.)

Literatur

- ARBEITSGRUPPE BODENKUNDE (1982): Bodenkundliche Kartieranleitung.- 3. Aufl., Hannover
- ARBEITSGRUPPE BODENKUNDE (1994): Bodenkundliche Kartieranleitung.- 4. Aufl., Hannover
- BARNDT, G.; BOHN, B.; KÖHLER, E. (1989): Biologische und chemische Gütebestimmung von Fließgewässern.- (= Schriftenreihe der Vereinigung Deutscher Gewässerschutz e.V. (VDG), Bd. 53), Bonn, Berlin
- BAUER, J. (1985): Limnologische Untersuchungen über die Bedeutung von Makrophyten für die Selbstreinigung und den Stoffhaushalt in stehenden Gewässern.- In: Schadstoffbelastung und Ökosystemschutz im aquatischen Bereich. BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR WASSERFORSCHUNG, Hrsg., 1985 (= Münchener Beiträge zur Abwasser-, Fischerei- und Flußbiologie, Bd. 39, S. 431 - 464), München, Wien, Oldenbourg
- BAUER, H. J. (1990): Bewertungsverfahren für ökologische Auswirkungen der Wasserwirtschaft.- Wasserwirtschaft, Jg. 80, S. 129 - 134
- BAUER, H. J. (1992): Ökologische Bewertungsmaßstäbe für Projektbewertungen in der Wasserwirtschaft.- In: Bewertung wasserwirtschaftlicher Maßnahmen - Ergebnisse eines Rundgesprächs vom 10. und 11. Oktober 1988. SCHULTZ, G., Hrsg., 1992 (= Mitteilung der Kommission für Wasserforschung/ Deutsche Forschungsgemeinschaft, Bd. 10, S. 103 - 122), Weinheim
- BEIRAT BEIM BUNDESMINISTER FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT LTWS (1991a): Katalog wassergefährdender Stoffe.- (= LTwS, Nr. 12), Berlin
- BEIRAT BEIM BUNDESMINISTER FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT LTWS (1991b): Überlegungen zur Ermittlung der Standortcharakteristik und Ermittlung der Nutzungscharakteristik.- (= LTwS, Nr. 26), Berlin
- BERGER, C. (1995): Bodenbewertung in Umweltverträglichkeitsuntersuchungen.- UVP-Report, 1/95, S. 10 - 14
- BÖHNKE, B. (1988): Zwischenbilanz des Umweltprogramms der Bundesregierung für die deutschen Gewässer.- In: Gewässergüte und Gewässerschutz. BÖHNKE, B., Hrsg., 1988, S. 1 - 16. Aachen

- BÖNI, H. (1989): Bewertung von Biotopkomplexen.- In: Raumverträglichkeitsprüfung von Reststoffdeponien - Band 2: Methodische Berichte zur Bewertung bei Umwelt- und Raumverträglichkeitsprüfungen. INSTITUT FÜR ORTS-, REGIONAL- UND LANDESPLANUNG ETH ZÜRICH, Hrsg., 1989 (= ORL-Bericht 69/1989, Bd. 2), Zürich
- BÖNING, R. (1995): Betriebsstörungen auf Kläranlagen - Ursachen und Vermeidung am Beispiel des Erftverbandes.- Wasser & Boden, Jg. 47, S. 19 - 26
- BÖTTGER, K. (1986): Zur Bewertung der Fließgewässer aus der Sicht der Biologie und des Naturschutzes.- Landschaft + Stadt, Jg. 18, S. 77 - 82
- BUCKSTEEG, K. (1993): Vorstellungen der Wasserwirtschaft zur Fließwasserqualität.- In: Auswirkungen von Abwassereinleitungen auf die Gewässerökologie. BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR WASSERFORSCHUNG, Hrsg. 1993 (= Münchener Beiträge zur Abwasser-, Fischerei- und Flußbiologie, Bd. 47, S. 12 - 38), 1993. München, Wien, Oldenbourg
- BUNDESUMWELTMINISTERIUM; UMWELTBUNDESAMT (Hrsg., 1995): Handbuch Umweltcontrolling.- München
- CANSIER, D. (1993): Umweltökonomie.- (= UTB Uni Taschenbücher, 1749), Stuttgart
- CERWENKA, P. (1984): Ein Beitrag zur Entmythologisierung des Bewertungshokuspokus.- Landschaft + Stadt, Jg. 16, S. 220 - 227
- DARIMONT, T. (1988a): Abschätzung des Verhaltens von Stoffen im Untergrund und Bewertung des Gefährdungspotentials.- In: 1. Boden-/Grundwasser-Forum Berlin. LÜHR, H.-P., Hrsg., 1988 (= IWS-Schriftenreihe, Bd. 3, S. 83 - 102), Berlin
- DARIMONT, T. (1988b): Bewertung des Risikos aus der Lagerung und dem Transport wasser- und bodengefährdender Stoffe - ein Beurteilungsschema.- In: Bodenschutz - ergänzbares Handbuch der Maßnahmen für Schutz, Pflege und Sanierung von Böden, Landschaft und Grundwasser. ROSENKRANZ, D.; EINSELE, G.; HARREß, H.-M., Hrsg., Kap. 5460, S. 1 - 21, Berlin
- DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG e.V., Normenausschuß Bauwesen (NABau) (1987): Baugrund und Grundwasser - Benennen und Beschreiben von Boden und Fels (DIN 4022).- Ausgabe vom September 1987, Berlin

- DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG e.V., Normenausschuß Grundlagen des Umweltschutzes (NAGUS) (1996): Umweltmanagementsysteme - Spezifikation mit Anleitung zur Anwendung (DIN EN ISO 14001).- Ausgabe vom Oktober 1996, Berlin
- EIPPER, C. (1995): Die Bewertung des Umweltrisikos von Gewerbe- und Industriebetrieben - ein Verfahren zur praxisorientierten Durchführung von Umweltrisikoprüfungen auf der Grundlage von Risikostudien für die Versicherungswirtschaft.- (=Trierer Geographische Studien, Heft 12), Trier
- EWERS, H.-J. (1988): Möglichkeiten der Früherkennung von umweltbelastenden Technologien - denkbare politische Strategien.- In: Produktionsprozesse und Umweltverträglichkeit. EWERS, H.-J.; FINKE, L.; MARX, D.; THIEL, E.; SCHMIDT, A., Hrsg., 1988 (= Veröffentlichungen der Akademie für Raumforschung und Landesplanung, Bd. 104, S. 75 - 86), Hannover
- FELLENBERG, G. (1992): Chemie der Umweltbelastung.- (= Teubner Studienbücher Chemie). 2. Aufl., Stuttgart
- FICHTER, K. (Hrsg., 1995): Die EG-Öko-Audit-Verordnung - Mit Öko-Controlling zum zertifizierten Umweltmanagementsystem.- (= Ökologische Unternehmensführung), München, Wien
- FISCHER, B. (1983): Bewertungsansätze für ökologische Belange in der räumlichen Planung.- (=Ireus Schriftenreihe, Bd. 7), Stuttgart
- FOKUHL, C. (1994): Rechtliche Situation und Entwicklung des Bodenschutzes in Deutschland.- Naturschutz und Landschaftsplanung, Jg. 26, S. 49 - 52
- FÖRSTNER, U. (1995): Umweltschutztechnik.- 5. Aufl., Berlin, Heidelberg
- FRÄNZLE, O.; BRUHM, I.; GRÜNBERG, K.-U.; JENSEN-HUß, K.; KUHN, D.; KUHN, G.; MICH, K. MÜLLER, F.; REICHE, E.-W. (1989): Darstellung der Vorhersagemöglichkeiten der Bodenbelastung durch Umweltchemikalien.- (= Umweltbundesamt, Texte 34/89), Berlin
- FRÄNZLE, O.; JENSEN-HUSS, K.; DASCHKEIT, A.; HERTLING, T.; LÜSCHOW, R.; SCHRÖDER, W. (1993): Grundlagen zur Bewertung der Belastung und Belastbarkeit von Böden als Teilen von Ökosystemen.- (= Umweltbundesamt, Texte 59/93), Berlin
- FRIEDRICH, G. (1988): Ökologischer Gewässerzustand und „Wirkparameter“ von Fließgewässern.- In: Gewässergüte und Gewässerschutz. BÖHNKE, B., Hrsg., 1988, S. 439 - 447. Aachen

- GOEDKOOPT, M. (1995): The Eco-indicator 95 - Final report.- Amersfoort (The Netherlands)
- GREFEN, K.; HEINZ, J.; HELBER, J.; PETERS, F. (1984): Ermittlung, Bewertung und Beurteilung der Emissionen und Immissionen umweltgefährdender Schwermetalle und weiterer persistenter Stoffe.- Düsseldorf
- GÜNTHER, K.-O. (1981): Erkennung der Umweltgefährlichkeit von Stoffen.- In: Umweltschutz und Arbeitssicherheit (=Ullmanns Encyklopädie der technischen Chemie, Bd. 6, S. 51 - 63). 4. Aufl., Weinheim
- GUSTEDT, E.; KNAUER, P.; SCHOLLES, F. (1989): Umweltqualitätsziele und Umweltstandards für die Umweltverträglichkeitsprüfung.- Landschaft + Stadt, Jg. 21, S. 9 - 14
- HABBE, K. A. (1994): Das deutsche Alpenvorland.- In: Physische Geographie Deutschlands. LIEDKE, H; MARCINEK, J., Hrsg., 1994, S. 439 - 475. Gotha
- HABER, W. (1993): Ökologische Grundlagen des Umweltschutzes.- (=Umweltschutz: Grundlagen und Praxis, Bd. 1). Bonn
- HABERLAND, W. (1992): Bodenschutz.- In: Beiträge zur Geoökologie. KUHNT, G.; ZÖLITZ-MÖLLER, R., Hrsg., 1992 (=Kieler Geographische Schriften, Bd. 85, S. 294 - 311), Kiel
- HAHN, J. (1988): Ökologisch relevante Meßverfahren im Zusammenhang mit den Anforderungen an die Abwasserbeschaffenheit nach § 7a des Wasserhaushaltgesetzes.- In: Gewässergüte und Gewässerschutz. BÖHNKE, B., Hrsg., 1988, S. 449 - 470. Aachen
- HALLAY, H.; PFRIEM, R. (1993): Funktion und Aufbau ökologischer Informationssysteme.- In: Mehr Ökologie durch Ökonomie? STEGER, U; TIMMERMANN, M., Hrsg., 1993, Ladenburger Diskurs, S. 57 - 72. Berlin, Heidelberg
- HENN, K.-P. (1993): Die Organisation des Umweltschutzes in Unternehmen - EG-Verordnung zum Umweltmanagement und Öko-Audit.- In: Umweltschutz-Management und Öko-Auditing. SIETZ, M.; VON SALDERN, A., Hrsg., 1993, S. 19 - 43. Berlin, Heidelberg
- HESSISCHE LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ (Hrsg., 1994): Vergleich von Ausbreitungsberechnungen mit der Modellkombination FITNAH/Lagrangesches Partikeldispersionsmodell und dem Verfahren nach TA Luft.- (= Umweltplanung, Arbeits- und Umweltschutz, Heft 173), Wiesbaden

- HEUßNER, S. (1988): Schadstoffe in der Luft - Eine Untersuchung zur Schadstoffverteilung in Stadtgebieten.- (= Wissenschaft aktuell, Bd. 6), Hamburg
- HITZLER, R. (1994): Wissen und Wesen des Experten - Ein Annäherungsversuch - zur Einleitung.- In: Expertenwissen - die institutionalisierte Kompetenz zur Konstruktion von Wirklichkeit. HITZLER, R.; HONER, A.; MAEDER, C., Hrsg., 1994, S. 13 - 30. Opladen
- HÖLTING, B.; HAERTLÉ, T.; HOHBERGER, K.-H.; NACHTIGALL, K. H.; VILLINGER, E.; WEINZIERN, W.; WROBEL, J.-P. (1995): Konzept zur Ermittlung der Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung.- Geologisches Jahrbuch, Jg. 63, S. 5 - 24
- INTERNATIONAL CHAMBER OF COMMERCE (Hrsg., 1991): Effective environmental auditing.- Paris
- JAPP, K. P. (1990): Das Risiko der Rationalität für technisch-ökologische Systeme.- In: Riskante Entscheidungen und Katastrophenpotentiale - Elemente einer soziologischen Risikoforschung. HALFMANN, J; JAPP, K. P., Hrsg., 1990, S. 34 - 60
- KAPS, E. (1955): Zur Frage der Durchlüftung von Tälern im Mittelgebirge.- Meteorologische Rundschau, Jg. 8, Heft 3/4, S. 61 - 65
- KELLER, A. (1995): Umwelt-Risikoanalyse - Ein Verfahren zur Erfassung, Strukturierung und Bewertung von Umweltrisiken.- Chemie Technik (Sonderausgabe: Chemie Umwelt Technik) 1995/96, S. 66 - 68
- KERN, K. (1994): Grundlagen naturnaher Gewässergestaltung - Geomorphologische Entwicklung von Fließgewässern.- Berlin, Heidelberg, New York
- KINNER, U.; NICLAUß, M.; KÖTTER, L.; DODT, J. (1986): Branchentypische Inventarisierung von Bodenkontaminationen - ein erster Schritt zur Gefährdungsabschätzung für ehemalige Betriebsgelände.- (= Umweltbundesamt-Texte, 31/86), Berlin
- KOCH, R. (1989): Umweltchemikalien - Physikalische-chemische Daten, Toxizitäten, Grenz- und Richtwerte, Umweltverhalten.- Weinheim
- KOLAR, J. (1990): Stickstoffoxide und Luftreinhalteung - Grundlagen, Emissionen, Transmission, Immissionen, Wirkungen.- Berlin, Heidelberg
- KORTE, F. (Hrsg., 1992): Lehrbuch der Ökologischen Chemie - Grundlagen und Konzepte für die ökologische Beurteilung von Chemikalien.- 3. Aufl., Stuttgart, New York

- KROISS, H. (1991): Wassergüteaspekte wasserbaulicher Maßnahmen.- In: UVP in Wasserwirtschaft und Wasserbau - (Technik und Management). INSTITUT FÜR WASSERGÜTE UND LANSCHAFTSWASSERBAU (ABT. FÜR GEWÄSSERREGULIERUNG) DER TECHNISCHEN UNIVERSITÄT WIEN, Hrsg., 1991 (= Landschaftswasserbau, Bd. 11, S. 137 - 152). Wien
- KUHNT, G. (1987): Die ökosystemare Erfassung der Verteilung von Umweltchemikalien.- In: Geoökologische Umweltbewertung - Wissenschaftstheoretische und methodische Beiträge zur Analyse und Planung. FRÄNZLE, O., Hrsg., 1987, S. 109 - 122. Kiel
- KUMM, H. (1995): Vergleichsrechnungen mit dem TA-Luft-Modell und mit FITNAH/ LPDM.- ÖKO-Institut, KGV-Rundbrief 2/95, S. 4 - 5
- LAHMANN, E. (1990): Luftverunreinigung Luftreinhalteung - eine Einführung in ein interdisziplinäres Wissensgebiet.- Berlin, Hamburg
- LAMPERT, W.; SOMMER, U. (1993): Limnoökologie.- Stuttgart
- LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER (LAWA) (Hrsg., 1991): Grundlagen für die Beurteilung von Kühlwassereinleitungen.- 3. Aufl., Berlin
- LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG (Hrsg., 1994): Umweltmanagement in der metallverarbeitenden Industrie - Leitfaden zur EG-Umwelt-Audit-Verordnung.- Karlsruhe
- LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG (Hrsg., 1995): Der Weg zur Zertifizierung nach der EG-Öko-Audit-Verordnung.- 3. Aufl., Karlsruhe
- LASSONCZYK, B.; GRUPE, M. (1993): Umweltaudit aus Sicht des Bodenschutzes.- In: Umweltschutz-Management und Öko-Auditing. SIETZ, M.; VON SALDERN, A., Hrsg., 1993, S. 133 - 141. Berlin, Heidelberg
- LÜHR, H.-P. (1988a): Bewertung des Gefährdungspotentials von Stoffen/Produkten aus Sicht des Grundwasserschutzes - Die Arbeiten der Bewertungskommission für wassergefährdende Stoffe.- In: 1. Boden-/Grundwasser-Forum Berlin. LÜHR, H.-P., Hrsg. 1988 (=IWS-Schriftenreihe, Bd. 3, S. 205 - 218). Berlin
- LÜHR, H.-P. (1988b): Präventive Maßnahmen zum Grundwasserschutz beim Umgang mit wassergefährdenden Stoffen.- In: Gewässergüte und Gewässerschutz. BÖHNKE, B., Hrsg., 1988, S. 71 - 84. Aachen

- LÜHR, H.-P. (1989): Grundzüge der Bewertung von Verdachtsflächen.- In: Altlasten - Teil 1: Anforderungen an die Bearbeitung von Verdachtsflächen.- (= IWS-Schriftenreihe, Bd. 7, S. 9-26). Berlin
- MACIEJEWSKI, J. (1988): Anforderungen an Anlagen zum Herstellen, Behandeln und Verwenden wassergefährdender Stoffe - was bringt der neue § 19 WHG für die Betriebe?- In: 1. Boden-/Grundwasser-Forum Berlin. LÜHR, H.-P., Hrsg. 1988 (= IWS-Schriftenreihe, Bd. 3, S. 297 - 302), Berlin
- MARKS, R.; MÜLLER, M. J.; LESER, H.; KLINK, H.-J. (Hrsg., 1989): Anleitung zur Bewertung des Leistungsvermögens des Landschaftshaushaltes (BA LVL).- (= Forschungen zur deutschen Landeskunde, Bd. 229), Trier
- MILDE, G.; MILDE, K. (1988): Konsequenzen hydrogeologischer Gegebenheiten für die Ausweisung von Wasserschutzgebieten.- In: Gewässergüte und Gewässerschutz. BÖHNKE, B., Hrsg., 1988, S. 195 - 227. Aachen
- MINISTERIUM FÜR UMWELT BADEN-WÜRTTEMBERG (Hrsg., 1988): Altlasten-Handbuch, Teil I: Altlastenbewertung, Teil II: Untersuchungsgrundlagen.- (=Wasserwirtschaftsverwaltung, Heft 18, 19), Stuttgart
- MOOG, O. (1991): Biologische Parameter zum Bewerten der Gewässergüte von Fließgewässern.- In: UVP in Wasserwirtschaft und Wasserbau - (Technik und Management). INSTITUT FÜR WASSERGÜTE UND LANDSCHAFTSWASSERBAU (ABT. FÜR GEWÄSSERREGULIERUNG) DER TECHNISCHEN UNIVERSITÄT WIEN, Hrsg., 1991 (=Landschaftswasserbau, Bd. 11, S. 235 - 266). Wien
- NIP, M. I.; DE HAES, H. A. U. (1995): Environmental Auditing - Ecosystem Approaches to Environmental Quality Assessment.- Environmental Management, S. 135 - 145
- OSTERKAMP, G. (1991): Altlasten und Grundwasser - Ein Expertensystem zur Einschätzung und Bewertung des Gefährdungspotentials von Altablagerungen.- (=Geowissenschaftliche Texte, Bd. 8), Berlin
- PAUTMEIER, L. T. (1995): Bewertung der Umweltauswirkungen - Entwicklung eines geeigneten Leitfadens für das EG „Öko-Audit“- Esch-sur-Alzette
- PÖPPELBAUM, M.; BÜTOW, E.; LÜHR, H.-P.; WEGENER, I. (1989): Empfehlungen zur Verdachtsflächenbewertung für den Teilbereich Grundwasser.- (=Umweltbundesamt Texte, 22/89), Berlin

- RAT VON SACHVERSTÄNDIGEN FÜR UMWELTFRAGEN (Hrsg., 1995): Dauerhaft-umweltgerechte Entwicklung - Leitbegriff zur Ableitung von Umweltqualitätszielen und Umweltindikatoren.- Geowissenschaften, Jg. 13, S. 68 - 73
- ROSE, U. (1990): Beurteilung von Fließgewässerstrukturen aus ökologischer Sicht - Ergebnisse und Erfahrungen mit einer einfachen Methode.- Wasserwirtschaft, Jg. 80, S. 236 - 242
- ROSE, U. (1992): Beurteilung des strukturellen Zustands von Fließgewässern mit einer einfachen Methode.- In: Ökologische Bewertung von Fließgewässern. FRIEDRICH, G.; LACOMBE, J., Hrsg., 1992, S. 167 - 174. Stuttgart, Jena, New York
- RUDOLPH, P.; BOJE, R. (1986): Ökotoxikologie - Grundlagen für die ökotoxikologische Bewertung von Umweltchemikalien nach dem Chemikaliengesetz.- (=Angewandter Umweltschutz), Landsberg/ Lech
- RUPPERT, H. (1992): Bewertung von Gefährdungspotentialen und Sanierungszielen bei Altlasten.- WLB - Wasser, Luft und Boden, S. 62 - 67
- SÄGER, S. (1995): Erfassung und Auswertung von Störfällen in der Bundesrepublik Deutschland.- UTA - Umwelt Technologie Aktuell, S. 319 - 329
- SCHEDLER, K. (1994): Handbuch Umwelt - Technik, Recht, Luftreinhaltung, Abfallwirtschaft, Gewässerschutz, Lärmschutz, Umweltschutzbeauftragte, EG-Umweltrecht.- 3. Aufl., Renningen-Malmsheim
- SCHEFFER, F.; SCHACHTSCHABEL, P. (1992): Lehrbuch der Bodenkunde.- Stuttgart
- SCHIEMER, F. (1991): Aquatische Ökosysteme: Funktionelle Gesichtspunkte und Regelmechanismen.- In: UVP in Wasserwirtschaft und Wasserbau - (Technik und Management). INSTITUT FÜR WASSERGÜTE UND LANDSCHAFTSWASSERBAU (ABT. FÜR GEWÄSSERREGULIERUNG) DER TECHNISCHEN UNIVERSITÄT WIEN, Hrsg., 1991 (=Landschaftswasserbau, Bd. 11, S. 163 - 176). Wien
- SCHIRMER, H.; BUSCHNER, W.; CAPPEL, A.; MATTHÄUS, H. G.; SCHLEGEL, M. (1989): Wie funktioniert das? Wetter und Klima.- (= Wie funktioniert das?), Mannheim

- SCHMIDT, K. (1988): Pufferwirkung der Untergrundpassage - Leistungsfähigkeit und Grenzen der Uferfiltration und künstlichen Grundwasseranreicherung bei der Eliminierung von Schadstoffen.- In: Gewässergüte und Gewässerschutz. BÖHNKE, B., Hrsg., 1988, S. 181-193. Aachen
- SCHULZ, E.; SCHULZ, W (1993): Umweltcontrolling in der Praxis - Ein Ratgeber für Betriebe.- München
- SCHULZ, E.; SCHULZ, W (1994): Ökomanagement.- (= Beck-Wirtschaftsberater), München
- SCHWOERBEL, J. (1987): Einführung in die Limnologie.- (= UTB, Bd. 31), 6. Aufl., Stuttgart
- SIETZ, M.; MICHAHELLES, R. (1989): Umwelt-Checklisten für Manager - Schneller Überblick und Rat für Unternehmer und Führungskräfte in Fragen des Umweltschutzes.- Taunusstein
- SIGG, L.; STUMM, W. (1991): Aquatische Chemie - eine Einführung in die Chemie wässriger Lösungen und in die Chemie natürlicher Gewässer.- 2. Aufl., Stuttgart, Zürich
- SPINDLER, E. A. (1993): Vom UVP-Gedanken zum Umweltmanagement.- In: Umweltschutz-Management und Öko-Auditing. SIETZ, M.; VON SALDERN, A., Hrsg., 1993, S. 9 - 18. Berlin, Heidelberg
- SPRANGER, T. (1992): Methoden zur Erfassung und ökosystemaren Bewertung der atmosphärischen Deposition.- In: Beiträge zur Geoökologie. KUHNT, G.; ZÖLITZ-MÖLLER, R., Hrsg., 1992 (= Kieler Geographische Schriften, Bd. 85, S. 1 - 21), Kiel
- STEGER, U. (1993): Das „Ladenburger Modell“.- In: Mehr Ökologie durch Ökonomie?, STEGER, U.; TIMMERMANN, M., Hrsg., 1993, Ladenburger Diskurs, S. 19 - 26. Berlin, Heidelberg
- STEINMETZ, J. (1993): Betriebliche Sicherheitsorganisation in Anlagen zur Gefahrstofflagerung.- W&S, S. 460 - 468
- STORM, P.-C. (Hrsg., 1994): Umweltrecht - wichtige Gesetze und Verordnungen zum Schutz der Umwelt.- (= Beck-Texte, Nr. 5533), 8. Aufl., München
- SUTER II, G. W. (1993): Ecological Risk Assessment.- Chelsea
- TÜV RHEINLAND (1995a): Emissionsfaktoren für nicht genehmigungsbedürftige Feuerungsanlagen (Bezugsjahr 1990) - bundeseinheitlich abgestimmt mit dem Arbeitskreis Emissionskataster des LAI.- private Mitteilung, Stand: April 1992

- TÜV RHEINLAND (1995b): Teilemissionsfaktoren und Teilkraftstoffverbräuche für Solofahrzeuge nach Klassen der zulässigen Gesamtmasse.- private Mitteilung
- URLAUB, G. (1992): Die Beurteilung von Umweltrisiken - Eine Methode zur Ermittlung und Bewertung der Risiken einer schädlichen Veränderung der Umweltmedien durch umweltgefährdende Stoffe in technischen Anlagen unter dem Aspekt des Umwelthaftungsgesetzes.- Dissertation an der TU Wuppertal, Wuppertal
- VDI-KOMMISSION REINHALTUNG DER LUFT (Hrsg., 1988): Stadtklima und Luftreinhaltung - Ein wissenschaftliches Handbuch für die Praxis in der Umweltplanung.- Berlin, Heidelberg, New York, London, Paris, Tokyo
- VERBAND DER CHEMISCHEN INDUSTRIE e.V. (Hrsg., 1993): Konzept zur Zusammenlagerung von Chemikalien. Frankfurt a. M.
- WERNER, G. (1977): Zur Funktion von Umweltindikatoren und Umweltmodellen - historischer Abriss.- In: Umweltindikatoren als Planungsinstrumente. INSTITUT FÜR UMWELTSCHUTZ DER UNIVERSITÄT DORTMUND, Hrsg., 1977 (= Beiträge zur Umweltgestaltung, Heft B 11, S. 9 - 15), Berlin
- WIEDEMANN, B.; BERNER, K. (1991): Kartierung von Standortbedingungen für Schadstoffausbreitung im Boden.- WLB - Wasser, Luft, Boden, S. 89 - 93
- WIEGLEB, G. (1989): Theoretische und praktische Überlegungen zur ökologischen Bewertung von Landschaftsteilen, diskutiert am Beispiel der Fließgewässer.- Landschaft + Stadt, Jg. 21, S. 15 - 20
- WIETING, J.; HAMM, A. (1988): Einfluß der luftverfrachteten Schadstoffe auf Boden und Grundwasser - Möglichkeiten der Schadensreduzierung.- In: 1. Boden-/Grundwasser-Forum Berlin. LÜHR, H.-P., Hrsg., 1988 (=IWS-Schriftenreihe, Bd. 3, S. 231 - 253), Berlin
- WILHELM, F. (1993): Hydrogeographie.- (= Das Geographische Seminar), 2. Aufl., Braunschweig
- ZENTRALE MELDE- UND AUSWERTESTELLE FÜR STÖRFÄLLE UND STÖRUNGEN IN VERFAHRENSTECHNISCHEN ANLAGEN (ZEMA); UMWELTBUNDESAMT (Hrsg., 1995): Jahresbericht 1994.- Berlin
- ZIESCHANK, R.; VAN NOUHUYS, J. (1995): Umweltindikatoren als politisches und geoökologisches Optimierungsproblem.- Geowissenschaften, Jg. 13, S. 73 - 80

-
- ZIMMERMANN, P. C. (1995): Mitarbeiter ökologisch motivieren.- Umwelt, S. 260 - 261
- ZIPFEL, K. (1988): Modellmäßige Erfassung der Ausbreitung von Stoffen im Grundwasser.- In: 1. Boden-/Grundwasser-Forum Berlin. LÜHR, H.-P., Hrsg., 1988 (=IWS-Schriftenreihe, Bd. 3, S. 103-118), Berlin

Verwendete Gesetzestexte

- Elfte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Emissionserklärungsverordnung - 11. BImSchV) vom 12. Dezember 1991 (BGBl. I S. 2213, geändert durch VO vom 26.10.1993, BGBl. I S. 1782)
- Gesetz über Naturschutz und Landschaftspflege (Bundesnaturschutzgesetz - BNatschG) i.d.F. vom 12. März 1987 (BGBl. I S. 889, geändert durch G vom 18.08.1997, BGBl. I S. 2081)
- Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz - BImSchG) i. d. F. vom 14. Mai 1990 (BGBl. I S. 880, geändert durch G am 18.04.1997, BGBl. I S. 808)
- Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Beseitigung von Abfällen (Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz – KrW-/AbfG) vom 27. September 1994 (BGBl. I. S. 2705, geändert durch G vom 12.09.1996, BGBl. I. S. 1365)
- Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz - WHG) i. d. F. vom 12. November 1996 (BGBl. I S. 1695)
- Richtlinie der Kommission zur Festlegung der Einzelheiten eines besonderen Informationssystems für gefährliche Zubereitungen gemäß Artikel 10 der Richtlinie 88/379/EWG des Rates (91/155/EWG) vom 5. März 1991 (ABl. Nr. L 76, S.35) 91 L 155, geändert durch: 93 L 112 vom 10.12.1993 (ABl. Nr. L 314, S. 38)
- Runderlaß des Ministers für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen „Abstände zwischen Industrie- bzw. Gewerbegebieten und Wohngebieten im Rahmen der Bauleitplanung (Abstandserlaß - AbstErl)“ vom 21. März 1990 (Mbl. NW S. 504), geändert durch Gem. RdErl. Am 22.09.1994 (MBl. NW Nr. 72, S. 1330)
- Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft - TA Luft) vom 27. Februar 1986 (GMBI. S. 95, ber. 202)
- Umwelthaftungsgesetz (UmweltHG) vom 10. Dezember 1990 (BGBl. I S. 2634)

- Verordnung (EWG) Nr. 1836/93 des Rates vom 29. Juni 1993 über die freiwillige Beteiligung gewerblicher Unternehmen an einem Gemeinschaftssystem für das Umweltmanagement und die Umweltbetriebsprüfung (Abl. der Europäischen Gemeinschaft Nr. L 168/1 vom 10.07.1993)
- Verordnung über Anforderungen an das Einleiten von Abwasser in Gewässer und zur Anpassung der Anlage an das Abwasserabgabengesetz (Abwasserverordnung - AbwV) vom 21. März 1997 (BGBl. I S. 566)
- Verordnung über Anlagen zur Lagerung, Abfüllung und Beförderung brennbarer Flüssigkeiten zu Lande (Verordnung über brennbare Flüssigkeiten - VbF) vom 27. Februar 1980 (BGBl. I S. 173), i. d. F. vom 13. Dezember 1996 (BGBl. I S. 1914, ber. BGBl. I 1997 S. 447)
- Verordnung über die bauliche Nutzung der Grundstücke (Baunutzungsverordnung - BauNVO) vom 23. Januar 1990 (BGBl. I S. 132, geändert durch IWG vom 22.04.1993)
- Verordnung über die innerstaatliche und grenzüberschreitende Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße (Gefahrgutverordnung Straße - GGVS) vom 12. Dezember 1996 (BGBl. I S. 1886)
- Vierte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen - 4. BImSchV) vom 14. März 1997 (BGBl. I S. 504, S. 548; geändert durch VO vom 20.04.1998, BGBl. I S. 723)
- Verordnung zum Schutz vor gefährlichen Stoffen (Gefahrstoffverordnung - GefStoffV) vom 26. Oktober 1993 (BGBl. I S. 1782, ber. S. 2049, geändert am 15.04.1997 (BGBl. I S. 313, BGBl. I S. 783)
- Zwölfte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Störfall-Verordnung - 12. BImSchV) i. d. F. vom 20. September 1991 (BGBl. I S. 1891; 1993 S. 1782, 2049; geändert durch VO vom 20.04.1998, BGBl. I S. 723)

Berichtigung

zu Seite 29:

der Querverweis im Text „(siehe Abbildung 9)“ bezieht sich auf Abbildung 8

zu Seite 100:

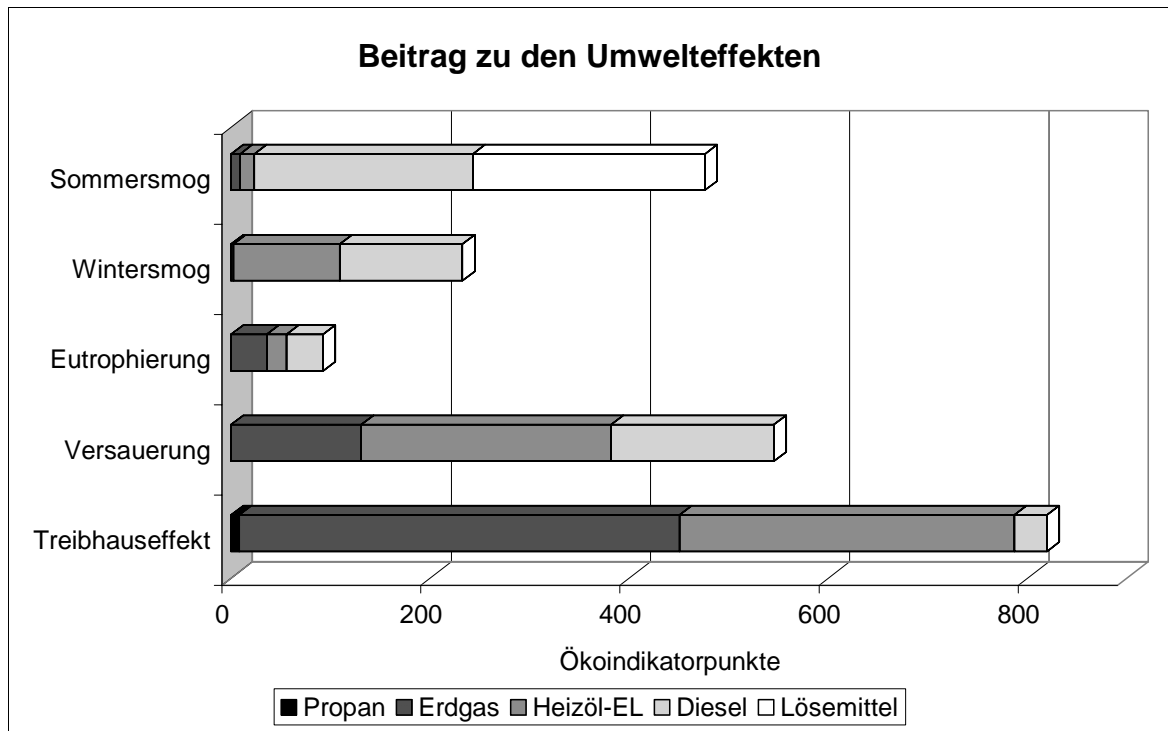


Abbildung 11: Effektbezogene Ökoindikatorpunkte und deren Verursacher

zu Seiten 104 - 107:

Tabelle 63: Anlagen-/stoffbezogene Umweltgefährdungspotentiale für das Fallbeispiel

Anlage	Stoff	MGI Menge	GK	ExI	CRI	Technisch-organisatorischer Zustand	RI
Instandhaltung						betonierter Hallenboden; keine Bodeneinläufe	RI_{BW} 2 RI_L 1
Abteilung	2 (Schmieröl)	2 100 l	WGK 2 HGK 0	ExI _{BW} 2 ExI _L 0	CRI _{BW} 1 CRI _L 0	Gebinde stehen in Auffangwanne; Abfüllen über Zapfhähne mit Tropfenfang (Auffangwanne);	RI _{BW} 2 RI _L 1
	1 (Schmieröl)	3 200 l	WGK 2 HGK 0	ExI _{BW} 2 ExI _L 0	CRI _{BW} 2 CRI _L 0		RI _{BW} 2 RI _L 1
Mechanische Bearbeitung						betonierter Hallenboden; Bodeneinläufe vorhanden;	RI_{BW} 4 RI_L 1
Dreherei	3 (Kühlschmierstoff)	8x2 25-60 l	WGK 2 HGK 0	ExI _{BW} 2 ExI _L 2	CRI _{BW} 1 CRI _L 0	einwandige KSS-Behälter, keine Sicherung gegen Leckageverluste	RI _{BW} 2 RI _L 1
	3 (Kühlschmierstoff)	3x4 600-1000 l	WGK 2 HGK 0	ExI _{BW} 2 ExI _L 2	CRI _{BW} 3 CRI _L 0		RI _{BW} 4 RI _L 1
	3 (Kühlschmierstoff)	2x5 1,2-1,8 m ³	WGK 2 HGK 0	ExI _{BW} 2 ExI _L 2	CRI _{BW} 3 CRI _L 0		RI _{BW} 4 RI _L 1

Fortsetzung nächste Seite

Anlage	Stoff	MGI Menge	GK	ExI	CRI	Technisch-organisatorischer Zustand	RI
Montage						betonierter Hallenboden; Bodeneinläufe vorhanden;	RI_{BW} 2 RI_L 1
Abteilung	7 (Kaltreiniger)	3 200 l	WGK 1 HGK 0	ExI _{BW} 2 ExI _L 2	CRI _{BW} 2 CRI _L 0	Gebinde stehen in Auffangwanne	RI _{BW} 2 RI _L 1
	12 (Reinigungsmittel)	2 30 l	WGK 1 HGK 2	ExI _{BW} 2 ExI _L 0	CRI _{BW} 1 CRI _L 0	Gebinde stehen in Auffangwanne	RI _{BW} 1 RI _L 1
	4 (Reinigungsmittel)	2 25 l	WGK 1 HGK 0	ExI _{BW} 2 ExI _L 2	CRI _{BW} 1 CRI _L 0	Gebinde stehen in Auffangwanne	RI _{BW} 1 RI _L 1
Oberflächentechnik						Lackieranlage: betonierter Hallenboden; Bodeneinläufe vorhanden	RI_{BW} 2 RI_L 2
Mischraum	10 (Anstrichstoff)	3 425 kg	WGK 2 HGK 0	ExI _{BW} 2 ExI _L 2	CRI _{BW} 2 CRI _L 0	Gebinde stehen in Auffangwanne; Abzug	RI _{BW} 2 RI _L 1
Lackieranlage	8 (Anstrichstoff)	1 20 kg	WGK 2 HGK 2	ExI _{BW} 2 ExI _L 2	CRI _{BW} 1 CRI _L 1		RI _{BW} 1 RI _L 1
	9 (Anstrichstoff)	1 50 kg	WGK 3 HGK 2	ExI _{BW} 2 ExI _L 0	CRI _{BW} 2 CRI _L 0		RI _{BW} 2 RI _L 1
Beizanlage	11 (Salzsäure)	5 15 m ³	WGK 1 HGK 2	ExI _{BW} 2 ExI _L 2	CRI _{BW} 3 CRI _L 3	säurebeständige (Folie) Keramik-Auffangwanne doppelwandig mit Leckanzeige; Beizbecken abgedeckt;	RI _{BW} 2 RI _L 2

Fortsetzung nächste Seite

Anlage	Stoff	MGI Menge	GK	ExI	CRI	Technisch-organisatorischer Zustand	RI
Gefahrstofflager							RI_{BW} 2 RI_L 2
Lager	5 (Reinigungsmittel)	2 96 l	WGK 1 HGK 0	ExI _{BW} 2 ExI _L 0	CRI _{BW} 1 CRI _L 0	Auffangbecken; Löschwasserrückhaltebecken;	RI _{BW} 2 RI _L 1
	6 (Reinigungsmittel)	2 105 l	WGK 1 HGK 0	ExI _{BW} 2 ExI _L 0	CRI _{BW} 1 CRI _L 0	Zugangssicherung;	RI _{BW} 2 RI _L 1
VbF-Lager	8 (Anstrichstoff)	1 175 kg	WGK 2 HGK 2	ExI _{BW} 2 ExI _L 2	CRI _{BW} 1 CRI _L 1	Gefahrstofflager für brennbare Flüssigkeiten (VbF);	RI _{BW} 2 RI _L 2
	9 (Anstrichstoff)	1 200 kg	WGK 3 HGK 2	ExI _{BW} 2 ExI _L 0	CRI _{BW} 2 CRI _L 0	Auffangbecken; Löschwasserrückhaltebecken; Zugangssicherung; Zwangsentlüftung;	RI _{BW} 2 RI _L 1
	10 (Anstrichstoff)	3 375 kg	WGK 2 HGK 0	ExI _{BW} 2 ExI _L 2	CRI _{BW} 2 CRI _L 0	Ex-Schutzraum; Gaswarnanlage; Rauchmelder; Löschwasserrückhaltebecken;	RI _{BW} 2 RI _L 1

Fortsetzung nächste Seite

Anlage	Stoff	MGI Menge	GK	ExI	CRI	Technisch-organisatorischer Zustand	RI
Abfallentsorgung							RI_{BW} 4 RI_L 1
Sondermülllager	Altöl	5 1600 l	WGK 2 HGK 0	ExI _{BW} 2 ExI _L 0	CRI _{BW} 3 CRI _L 0	Lager für Sonderabfälle; Auffangbecken; Löschwasser-rückhaltebecken; Zugangs-sicherung; Ex-Schutzraum	RI _{BW} 2 RI _L 1
	Altfett	4 360 l	WGK 2 HGK 0	ExI _{BW} 1 ExI _L 0	CRI _{BW} 2 CRI _L 0	rückhaltebecken; Zugangs-sicherung; Ex-Schutzraum	RI _{BW} 2 RI _L 1
Altöltank	Altöl	5 5000 l	WGK 2 HGK 0	ExI _{BW} 2 ExI _L 0	CRI _{BW} 3 CRI _L 0	oberirdischer doppelwandiger Stahltank mit Leckanzeige; Betonwanne mit Abfluß (über Ölabscheider in Kanalisation)	RI _{BW} 2 RI _L 1
Gewerbemüll-lagerung	Spänebehälter	k.A.	WGK 2 HGK 0	ExI _{BW} 2 ExI _L 2	CRI _{BW} 2 CRI _L 0	KSS-beaufschlagte Späne; Behälter unter Dach in Wanne	RI _{BW} 2 RI _L 1
	Mischschrott	k.A.	WGK k.A. HGK k.A.	ExI _{BW} k.A. ExI _L k.A.	CRI _{BW} - CRI _L -	Behälter offen im Freien; ablaufendes, möglicherweise ölhaltiges Regenwasser gelangt in direkt benachbarten Bodeneinlauf (kein Leichtflüssigkeitsabscheider)	RI _{BW} 4 RI _L -

Erläuterung zu Tabelle 63:

KSS Kühlschmierstoff

k.A. keine Angaben

