

Texte

**42**  
**07**

ISSN  
1862-4804

**Schutz von neuen und bestehenden Anlagen und Betriebsbereichen gegen natürliche, umgebungsbedingte Gefahrenquellen, insbesondere Hochwasser (Untersuchung vor- und nachsorgender Maßnahmen)**

**Umwelt  
Bundes  
Amt**



**Für Mensch und Umwelt**

UMWELTFORSCHUNGSPLAN DES  
BUNDESMINISTERIUMS FÜR UMWELT,  
NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT

Forschungsbericht 203 48 362  
UBA-FB 001047



**Schutz von neuen und bestehenden  
Anlagen und Betriebsbereichen gegen  
natürliche, umgebungsbedingte  
Gefahrenquellen, insbesondere  
Hochwasser (Untersuchung vor- und  
nachsorgender Maßnahmen)**

von

**Dipl.-Ing. Hanns-Jürgen Warm**

Warm engineering, Freilassing

**Dr. rer. nat. Karl-Erich Köppke**

Ingenieurbüro Dr. Köppke, Bad Oeynhausen

unter Mitarbeit von

**Prof. Dr. W.B. Krätzig**

**Dr.-Ing. H. Beem**

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

Diese Publikation ist ausschließlich als Download unter  
<http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3326.pdf>  
verfügbar.

Die in der Studie geäußerten Ansichten  
und Meinungen müssen nicht mit denen des  
Herausgebers übereinstimmen.

Herausgeber: Umweltbundesamt  
Postfach 14 06  
06813 Dessau-Roßlau  
Tel.: 0340/2103-0  
Telefax: 0340/2103 2285  
Internet: <http://www.umweltbundesamt.de>

Redaktion: Fachgebiet III 1.2  
Roland Fendler

Dessau-Roßlau, Oktober 2007

<b>1. Berichtsnummer</b> UBA-FB-001047	<b>2.</b>	<b>3.</b>
<b>4. Titel des Berichts</b>  Schutz von neuen und bestehenden Anlagen und Betriebsbereichen gegen natürliche, umgebungsbedingte Gefahrenquellen, insbesondere Hochwasser (Untersuchung vor- und nachsorgender Maßnahmen)		
<b>5. Autor(en), Name(n), Vorname(n)</b>  Dipl.-Ing. Warm, Hanns-Jürgen Dr.rer.nat. Dipl.-Ing. Köppke, Karl-Erich		<b>8. Abschlussdatum</b> Mai 2007
		<b>9. Veröffentlichungsdatum</b>
<b>6. Durchführende Institution (Name, Anschrift)</b>  Warm engineering <a href="mailto:ibw@warm-engineering.com">ibw@warm-engineering.com</a> Mittlere Feldstraße 1 83395 Freilassing		<b>10. UFOPLAN – Nr.</b> 203 48 362
		<b>11. Seitenzahl</b> 657
		<b>12. Literaturangaben</b> 244
<b>7. Fördernde Institution (Name, Anschrift)</b>  Umweltbundesamt Wörlitzer Platz 1 06844 Dessau		<b>13. Tabellen u. Diagramme</b> 28
		<b>14. Abbildungen</b> 202
<b>15. Zusätzliche Angaben</b>		
<b>16. Kurzfassung</b>  An konkreten Beispielen in verschiedenen Modellregionen in NRW, Sachsen und Sachsen-Anhalt wurde untersucht, wie Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen nach § 19g WHG, Betriebsbereiche, die der 12. BImSchV unterliegen, sowie Anlagen zur Lagerung von brennbaren Gasen in der Praxis vor Hochwasser geschützt werden. Für Betriebsbereiche wurden darüber hinaus auch die Gefahrenquellen Erdbeben, Sturm und Bergsenkungen näher untersucht. Auf Basis der Untersuchungen in den Modellregionen, der Analyse der rechtlichen Anforderungen sowie dem gegenwärtigen Stand der Technik bzw. Sicherheitstechnik wurden zahlreiche Vorschläge zur Fortschreibung des relevanten Umweltrechts und der Regelwerke erarbeitet, um die Sicherheit der betrachteten Anlagenarten und Betriebsbereiche zu verbessern.		
<b>17. Schlagwörter</b>  Hochwasser, Überschwemmungsgebiet, überschwemmungsgefährdetes Gebiet, Sturm, Erdbeben, Bergsenkung, Störfallverordnung, VAWS-Anlage, Betriebsbereich, Hochwasserschutz, Sicherheitstechnik, Alarm- und Gefahrenabwehrplanung		
<b>18. Preis</b>	<b>19.</b>	<b>20.</b>

<b>1. Report No.</b> UBA-FB-001047	<b>2.</b>	<b>3.</b>
<b>4. Report Title</b>  Safety of new and existing facilities and establishments against natural environmental hazards, especially flood		
<b>5. Author(s), Family Name(s), First Name</b> Dipl.-Ing. Warm, Hanns-Jürgen Dr.rer.nat. Dipl.-Ing. Köppke, Karl-Erich		<b>8. Report Date</b> May 2007
<b>6. Performing Organisation (Name, Address)</b>  Warm engineering <a href="mailto:ibw@warm-engineering.com">ibw@warm-engineering.com</a> Mittlere Feldstr. 1 83 395 Freilassing  Ingenieurbüro Dr. Köppke <a href="mailto:dr.koeppke@t-online.de">dr.koeppke@t-online.de</a> Elisabethstr. 31 32545 Bad Oeynhausen		<b>9. Publication Date</b>
		<b>10. UFOPLAN – Ref. No.</b> 203 48 362
		<b>11. No. of Pages</b> 657
		<b>12. No. of References</b> 244
<b>7. Sponsoring Agency (Name, Address)</b>  Federal Environment Agency Wörlitzer Platz 1 06844 Dessau		<b>13. No. of Tables, Diagr.</b> 28
		<b>14. No. of Figures</b> 202
<b>15. Supplementary Notes</b>		
<b>16. Abstract</b>  In different model areas in North Rhine-Westphalia, Saxony and Saxony-Anhalt the protection against flood was investigated for facilities for handling substances constituting a hazard to water according to § 19g Water Management Act, establishments according to the Major Accidents Ordinance and storage tanks for inflammable gases. Moreover the impacts caused by storm, earthquake and mining settlement were also regarded for establishments. On the basis of the results of the investigations in the model areas, the analysis of the legal requirements and the analysis of the state-of-the-art numerous proposals were elaborated to develop the relevant environmental regulations and standards to improve the safety of the regarded plants and establishments.		
<b>17. Keywords</b>  flood, flood planes, flood-prone zones, storm, earthquake, mining settlement, Major Accidents Ordinance, Facilities for Handling Substances Constituting a Hazard to Water, establishment, flood protection, safety technique, emergency management		
<b>18. Price</b>	<b>19.</b>	<b>20.</b>

## Inhaltsverzeichnis

1	AUSGANGSSITUATION UND AUFGABENSTELLUNG .....	1
1.1	Ausgangssituation .....	1
1.2	Aufgabenstellung .....	5
1.2.1	Sachstandsanalyse .....	5
1.2.2	Projektevaluation .....	7
1.2.3	Ermittlung des Standes der Technik und von Nachrüstungs- möglichkeiten .....	7
1.2.4	Ergebnisse .....	8
2	ZUSAMMENFASSUNG .....	9
2.1	Situationsbeschreibung für die Gefahrenquelle Hochwasser.....	10
2.2	Ergänzungs- und Novellierungsbedarf der rechtlichen Grundlagen zum Hochwasserschutz .....	12
2.2.1	Bemessungsansatz für die Ermittlung von über- schwemmungsgefährdeten Gebieten .....	12
2.2.2	Anpassung der VAwS-Anlagenverordnungen an das WHG.....	15
2.2.3	Mögliche Anforderungen an Anlagen und Betriebsbereiche in überschwemmungsgefährdeten Gebieten .....	16
2.2.3.1	VAwS-Anlagen sowie Aspekte eines Deich- versagens .....	16
2.2.3.2	Betriebsbereiche gemäß der Störfall-Verordnung ....	19
2.2.3.3	Flüssiggasbehälter .....	24
2.2.4	Erfassung von kleinen privaten Heizöltanks und Flüssiggas- behältern .....	26
2.3	Fortschreibung von Verordnungen und technischen Regelwerken für die Gefahrenquelle Hochwasser .....	27
2.4	Sachstandsanalyse in den Modellregionen.....	27
2.5	Stand der Technik zum Hochwasserschutz .....	30
2.6	Schutz vor Sturm und Erdbeben .....	33
2.7	Bergsenkungen.....	36
2.8	Alarm- und Gefahrenabwehrplanung, Katastrophenschutz .....	38
2.9	Vorschläge für Vollzugshilfen und für die Öffentlichkeitsarbeit .....	40
3	RECHTLICHE GRUNDLAGEN, VERORDNUNGEN UND TECHNISCHE REGELWERKE .....	42
3.1	Vorgaben des WHG zum vorbeugenden Hochwasserschutz .....	45
3.2	Vorbeugender Hochwasserschutz in den Landeswassergesetzen.....	49
3.2.1	Nordrhein-Westfalen .....	49

3.2.2	Sachsen-Anhalt .....	51
3.2.3	Sachsen .....	54
3.2.4	Zusammenfassender Vergleich der Landeswassergesetze .....	56
3.3	Hochwassernachrichtendienst .....	58
3.3.1	Nordrhein-Westfalen .....	58
3.3.2	Sachsen-Anhalt .....	59
3.3.3	Sachsen .....	60
3.4	Empfehlungen der Flussgebietskommissionen .....	61
3.4.1	IKSE .....	62
3.4.2	IKSR .....	67
3.4.2.1	Nasse Vorsorge .....	69
3.4.2.2	Trockene Vorsorge .....	71
3.4.3	Zusammenfassende Bewertung der Empfehlungen der Flussgebietskommissionen .....	74
3.5	Anlagenverordnungen der Länder (VAwS) .....	75
3.5.1	Begriffsbestimmungen .....	75
3.5.2	Grundsatzanforderungen für VAwS-Anlagen .....	76
3.5.3	Sonderregelungen für bestimmte Anlagen .....	77
3.5.4	Prüfpflicht in den Modellgebieten .....	78
3.5.5	Besondere Anforderungen der VAwS an Anlagen in Über- schwemmungsgebieten .....	79
3.5.6	Bestandschutz .....	82
3.5.7	Alarmpläne aufgrund der VAwS .....	84
3.6	Bauplanungsrechtliche Instrumente des vorbeugenden Hochwasser- schutzes .....	84
3.7	Instrumente der Störfall-Verordnung .....	85
3.7.1	Anwendungsbereich der Störfall-Verordnung .....	85
3.7.1.1	Pflichten und Anforderungen gemäß der Störfall- Verordnung .....	86
3.7.1.2	Grundpflichten .....	87
3.7.1.3	Erweiterte Pflichten .....	88
3.7.2	Aussagekraft der Störfall-Verordnung in Bezug auf die Berücksichtigung umgebungsbedingter Gefahrenquellen .....	89
3.7.3	Erläuterungen zur Umweltschutzgesetzgebung auch in Bezug auf genehmigungsbedürftige Anlagen nach dem BImSchG unter dem Aspekt des Vorsorgeprinzipes .....	90
3.7.4	Sicherheitstechnischen Auslegungskriterien .....	91
3.8	Regelwerke und Verordnungen zum Schutz von Anlagen und Betriebsbereichen gegen umgebungsbedingte Gefahrenquellen .....	92

3.8.1	Allgemeine Übersicht, Anwendungskriterien .....	92
3.8.2	Anforderungen gegen Gefahren durch und verbunden mit Hochwasser in technischen Regelwerken .....	94
3.8.3	Zusammenstellung und Auswertung für den Hochwasser- schutz relevanter Regelwerken und Verordnungen.....	95
3.8.4	Bewertung der Regelwerke und Verordnungen hinsichtlich Hochwasserschutzanforderungen .....	125
4	HEIZÖL- UND FLÜSSIGGASLAGERUNG IN ÜBERSCHWEMMUNGS- UND ÜBERSCHWEMMUNGSGEFÄHRDETEN GEBIETEN .....	126
4.1	Mögliche Gefahren bei Heizöllagerung .....	126
4.2	Prüfung der Heizöllagerung durch Sachverständige .....	128
4.3	Stand der Technik zum Schutz von Anlagen zum Lagern von Heizöl...	128
4.4	Mögliche Gefahren bei Flüssiggaslagerung .....	130
4.4.1	Genehmigungspflicht, Genehmigungsbefreiung.....	132
4.4.2	Prüfung der Flüssiggaslagerung durch Sachkundige und Sachverständige.....	134
4.4.3	Stand der Technik zum Schutz von Flüssiggaslagieranlagen ...	134
5	HOCHWASSERMANAGEMENT ZUR GEFAHRENABWEHR UND GEFAHRENMINIMIERUNG .....	137
5.1	Kurzdarstellung wasserwirtschaftlicher Grundbegriffe .....	142
5.2	Auswertung statistischer Daten .....	143
5.3	Hochwassersimulationssysteme .....	145
5.4	Erarbeitung von Gefahrenkarten.....	150
5.5	Visualisierung von Hochwasserereignissen am Beispiel des Neckars .	152
5.6	Einsatz von dreidimensionalen Visualisierungstechniken .....	157
5.7	Vorhersage und Vorwarnzeit .....	159
5.8	Zusammenfassung und Vorschläge zum Hochwassermanagement ....	163
6	SACHSTANDSANALYSE DER HOCHWASSERGEFÄHRDUNG VON BETRIEBSBEREICHEN UND VAWS-ANLAGEN.....	164
6.1	Auswahl von Modellregionen .....	164
6.2	Vorgehensweise und Arbeitsprogramm .....	165
6.3	Ursachen von Hochwasserereignissen am Rhein und im Einzugs- gebiet der Elbe.....	167
6.3.1	Flussgebietscharakteristik des Rheins .....	168
6.3.2	Ursachen der Hochwasserereignisse am Rhein.....	170
6.3.3	Flussgebietscharakteristik der Elbe .....	174



6.3.4	Flussgebietscharakteristiken der Nebenflüsse aus dem Erzgebirge .....	176
6.3.5	Flussgebietscharakteristik der Mulde .....	178
6.3.6	Meteorologische Situation während des Hochwassers 2002 ...	180
6.4	Ermittlung von hochwassergefährdeten Gebieten und Schadenspotenzialen .....	182
6.4.1	Niederrhein – NRW .....	182
6.4.1.1	Ermittlung von hochwassergefährdeten Gebieten...	182
6.4.1.2	VAWS-Anlagen und Betriebsbereiche.....	184
6.4.2	Sachsen-Anhalt.....	187
6.4.2.1	Ermittlung von hochwassergefährdeten Gebieten...	187
6.4.2.2	VAWS-Anlagen und Störfallanlagen.....	191
6.4.3	Sachsen .....	191
6.4.3.1	Ermittlung von hochwassergefährdeten Gebieten...	191
6.4.3.2	VAWS-Anlagen und Betriebsbereiche.....	191
6.5	Modellregionen in Nordrhein-Westfalen.....	194
6.5.1	Modellregion Emmerich.....	195
6.5.2	Produktionsanlagen der KAO Chemicals .....	197
6.5.2.1	Lage des Produktionsstandortes .....	197
6.5.2.2	Produktion .....	199
6.5.2.3	Defizitanalyse .....	199
6.5.3	Produktionsanlagen der Uniqema .....	201
6.5.3.1	Lage des Produktionsstandortes .....	201
6.5.3.2	Hochwasserschutzkonzept der Stadt Emmerich .....	203
6.5.3.3	Defizitanalyse .....	203
6.5.4	Hochwassergefährdung am Chemiestandort Leverkusen.....	205
6.5.4.1	Lage des Chemiestandortes.....	205
6.5.4.2	Hochwasserschutzkonzept.....	206
6.5.4.3	Defizitanalyse .....	214
6.6	Modellregionen in Sachsen-Anhalt .....	214
6.6.1	Modellregion Chemiepark Bitterfeld/Wolfen .....	215
6.6.1.1	Lage des Chemieparks Bitterfeld/Wolfen .....	215
6.6.1.2	Hochwassersituation 2002 .....	216
6.6.1.3	Analyse der technischen und organisatorischen Maßnahmen zum Schutz von Betriebsbereichen .....	219
6.6.1.4	Analyse der betrieblichen Maßnahmen zum Schutz von Betriebsbereichen .....	221
6.6.1.5	Folgewirkungen des Hochwassers .....	223
6.6.1.6	Hochwasserkonzept für die Mulde.....	223

6.6.1.7	Defizitanalyse .....	227
6.6.2	Modellregion Dessau.....	230
6.6.2.1	Hochwasserereignisse im August 2002.....	230
6.6.2.2	Defizitanalyse .....	234
6.6.3	Modellregion Schönebeck (Elbe).....	235
6.6.3.1	Lage der Hermania Schirm AG .....	235
6.6.3.2	Produktion .....	236
6.6.3.3	Hochwasserereignisse im August 2002.....	237
6.6.3.4	Analyse der technischen Maßnahmen zum Schutz von Betriebsbereichen und Anlagen für wassergefährdende Stoffe.....	240
6.6.3.5	Betrieblicher Alarm und Gefahrenabwehrplan .....	242
6.6.3.6	Einschätzung der Hochwassergefährdung der Hermania Schirm AG.....	243
6.6.3.7	Defizitanalyse .....	245
6.7	Modellregionen in Sachsen.....	245
6.7.1	Auswahl der Modellregionen .....	245
6.7.2	Modellregion Dohna .....	246
6.7.2.1	Örtliche Lage der Fluorchemie in Dohna .....	246
6.7.2.2	Produktionsanlagen der Fluorchemie .....	247
6.7.2.3	Hochwasserereignisse im August 2002.....	248
6.7.2.4	Hochwasserschutzkonzept der Landestalsperrenverwaltung .....	252
6.7.2.5	Notfall- sowie Alarm- und Gefahrenabwehrplanung (Stand Frühjahr 2004) .....	256
6.7.2.6	Defizitanalyse (Stand Frühjahr 2004) .....	257
6.7.3	Modellregion Dresden .....	260
6.7.3.1	Hochwasserereignisse im August 2002.....	260
6.7.3.2	Sanierung von bestehenden Anlagen zum Lagern von Heizöl.....	262
6.7.3.3	Gefährdung durch Grundwasser und Rückstau im Kanalsystem .....	266
6.7.3.4	Hochwassersicherung von KFZ-Tankstellen .....	267
6.7.3.5	Überprüfung durch Sachverständige .....	267
6.7.3.6	Anlagen zur Lagerung von brennbaren Gasen in Behältern (Flüssiggaslagerung).....	267
6.7.3.7	Defizitanalyse .....	268
6.8	Übergreifende Ergebnisdarstellung mit Defizitanalyse .....	269
6.8.1	Umsetzung der technischen Regelwerke .....	269

6.8.1.1	Betriebsbereiche.....	269
6.8.1.2	VAWS-Anlagen .....	271
6.8.1.3	Private Flüssiggasbehälter .....	272
6.8.2	Sicherheit gegen Strömungskräfte und Treibgut .....	273
6.8.3	Sicherung der Einlaufbauwerke.....	273
6.8.4	Informationsfluss zwischen Behörden und Anlagen- betreibern .....	274
6.8.5	Handeln im Hochwasserfall .....	274
6.8.6	Defizitanalyse bei Hochwasserschutzzielen .....	276
7	STAND DER TECHNIK ZUM ANLAGENBEZOGENEN HOCHWASSER- SCHUTZ MIT NACHRÜSTUNGSMÖGLICHKEITEN SOWIE BERECH- NUNG VON SCHADSTOFFFREISETZUNGEN UND -AUSBREITUNGEN .....	277
7.1	Einführung .....	277
7.1.1	Generelle Aussagen zum Stand der Technik .....	277
7.1.2	Technische Regelwerke zum Hochwasserschutz für Kom- ponenten und Teile von Betriebsbereichen gemäß StörfallV ...	280
7.2	Technische Maßnahmen zum vorbeugendem Hochwasserschutz.....	281
7.2.1	Stand der Technik zur trockenen Vorsorge .....	284
7.2.1.1	Stationäre Maßnahmen .....	285
7.2.1.2	Instationäre Maßnahmen.....	290
7.2.1.3	Beispiele von auf dem Markt verfügbaren Pro- dukten zum technischen mobilen Hochwasser- schutz und zu Nachrüstungsmöglichkeiten .....	303
7.2.2	Stand der Technik zur nassen Vorsorge .....	312
7.2.3	Möglichkeiten der Nachrüstung .....	319
7.2.3.1	Umstellung der privaten Wärmeversorgung .....	319
7.2.3.2	Nachrüstung durch Maßnahmen zur trockenen Vorsorge .....	320
7.2.3.3	Nachrüstung von Anlagen zur nassen Vorsorge .....	321
7.3	Organisatorische Maßnahmen zur Hochwasservorsorge .....	322
7.3.1	Informationsbeschaffung .....	322
7.3.2	Erarbeitung eines Hochwasserschutzkonzeptes .....	323
7.3.3	Erarbeitung von Alarm- und Gefahrenabwehrplänen .....	326
7.3.4	Abstimmung des internen Alarm- und Gefahrenabwehrplans mit dem Katastrophenschutzplan der Behörden.....	328
7.3.5	Erprobung der internen Alarm- und Gefahrenabwehr- planung .....	328
7.3.6	Kommunikation mit den Katastrophenschutzämtern .....	328

7.4	Zusammenfassung des Standes der Technik zum vorbeugendem Hochwasserschutz.....	329
7.5	Technische Maßnahmen zur Begrenzung von Freisetzen.....	329
7.5.1	Maßnahmen an der Austrittsstelle.....	329
7.5.2	Maßnahmen auf dem Gewässer .....	330
7.6	Hinweise und Ansätze zur Ermittlung von Störfallauswirkungen bei Stofffreisetzungen und mögliche Maßnahmen im Falle von Freisetzungen .....	335
7.6.1	Erkennen von störfall- bzw. schadensbedingten Freisetzungen von gefährlichen Stoffen .....	336
7.6.2	Methoden zur Abschätzung der Freisetzungsmengen .....	337
7.6.2.1	Leckagen oberhalb der Wasserlinie .....	338
7.6.2.2	Leckagen unterhalb der Wasserlinie .....	341
7.6.3	Methoden zur Abschätzung der Folgen einer Freisetzung .....	343
7.6.3.1	Ausbreitungsrechnung für Schadstoffe auf dem Luftpfad .....	344
7.6.3.2	Verdampfungs- und Verdunstungsvorgänge von freigesetzten flüssigen Medien in Luft .....	351
7.6.3.3	Ausbreitungsrechnung für gelöste Schadstoffe auf dem Wasserpfad .....	357
7.6.3.4	Ausbreitungsbetrachtung für feste Stoffe im Wasser .....	366
7.7	Bewertung der Wirkung von Freisetzungen .....	367
7.7.1	Methodik zur Risikobewertung bei Schadstofffreisetzungen in die Atmosphäre .....	367
7.7.2	Methodik zur Risikobewertung von Schadstofffreisetzungen in Gewässer .....	368
8	STURM UND ERDBEBEN ALS GEFAHRENQUELLEN FÜR BETRIEBSBEREICHE .....	370
8.1	Grundbegriffe der Tragwerksdynamik.....	372
8.1.1	Tragwerksreaktionen.....	372
8.1.2	Dämpfung.....	378
8.1.3	Nichtlineares dynamisches Tragverhalten.....	380
8.2	Sachstandsanalyse: Sturmteinwirkungen auf Tragwerke .....	383
8.2.1	Mögliche Defizite bei Produktionsanlagen.....	383
8.2.2	Grundbegriffe der Tragwerksaerodynamik .....	384
8.2.3	Kurzübersicht über DIN E 1055-4.....	389

8.2.3.1	Gefährdungspotenzial von Stürmen: Windzonen, Referenzgeschwindigkeiten und maßgebende Staudrücke .....	389
8.2.3.2	Schwingungsanfällige und nicht-schwingungsanfällige Tragwerke .....	390
8.2.3.3	Windeinwirkungen auf nicht-schwingungsanfällige Tragwerke .....	393
8.2.3.4	Aerodynamische Druck- und Kraftbeiwerte .....	393
8.2.3.5	Schwingungsanfällige Tragwerke .....	394
8.2.3.6	Böenerregte Tragwerksschwingungen .....	395
8.3	Sachstandsanalyse: Erdbebeneinwirkungen auf Tragwerke .....	397
8.3.1	Mögliche Defizite bei Produktionsanlagen .....	397
8.3.2	Grundbegriffe des Erdbebeningenieurwesens .....	398
8.3.3	Kurzübersicht über DIN 4149 (04/2005) .....	410
8.3.3.1	Standard-Nachweisverfahren für linear elastische Tragwerke .....	411
8.3.3.2	Erdbebensicherheitsnachweise nach DIN 4149 und Standardverfahren .....	414
8.3.3.3	Seismisches Gefährdungspotenzial gemäß DIN 4149 .....	416
8.3.3.4	Regeldarstellung der Antwortspektren in DIN 4149 .....	420
8.3.3.5	Schutzziele der DIN 4149 .....	422
8.3.3.6	Bauweisenorientierte Zusatzregelungen .....	423
8.4	Ausgewählte Modellregion: Luftzerlegungsanlage der Linde AG in Stolberg .....	424
8.4.1	Konstruktion .....	425
8.4.2	Statische Unterlagen .....	427
8.4.3	Standicherheit .....	427
8.4.4	Betrachtung unter dem Gesichtspunkt der Anwendung der Störfall-Verordnung .....	428
8.5	Vorläufiges Fazit: Erkenntnis erster Defizitquellen .....	429
8.5.1	Baunormen unterschiedlichen Standes der Technik .....	429
8.5.1.1	DIN E 1055-4: Sturmgefährdung .....	430
8.5.1.2	DIN 4149: Erdbebengefährdung .....	430
8.5.2	Baurechtliche Mitgenehmigung von Tragwerken des Anlagenbaus .....	431
8.5.3	Gleiche Sicherheitsniveaus bei Kombinationsrisiken .....	432
8.5.4	Sicherheit und Investitionsmittel .....	433

8.5.5	Vorläufige Ergebnisbewertung .....	433
8.5.5.1	Praxis der Standsicherheitsprüfung in immis- sionsschutzrechtlichen Genehmigungsverfahren ....	433
8.5.5.2	Bauwerke .....	434
8.5.5.3	Technische Anlagen / überwachungsbedürftige Anlagen in Betriebsbereichen.....	434
8.5.5.4	Zusatzbetrachtung unter Aspekten der Anwen- dung der StörfallIV.....	435
8.5.5.5	Zusammenfassung .....	436
8.6	Sachstandsanalyse: Einheitliche Gefahrenabwehr baulicher Anlagen mit dem Eurocode-Sicherheitskonzept .....	436
8.6.1	Grundlagen und Einführung in Tragwerkszuverlässigkeit .....	436
8.6.2	Zuverlässigkeit, Dauerhaftigkeit und Robustheit .....	438
8.6.3	Grenzzustände und Partialsicherheiten.....	440
8.6.4	Methoden der Zuverlässigkeitsanalyse und Zuverlässig- keitsindices.....	441
8.6.5	Grenzzustandsfunktion und Sicherheitsindex $\beta$ .....	445
8.6.6	Nachweisformate nach den Eurocodes.....	447
8.6.7	Vereinfachte Nachweisformate für den Hochbau .....	449
8.6.7.1	Schutzziele der DIN 1055-100 (03/2001) .....	449
8.6.7.2	Superposition von Eigengewicht $G_k$ , $Q_{\text{Nutzlast}}$ , $Q_{\text{Wind}}$ und $Q_{\text{Schnee}}$ .....	450
8.6.7.3	Außergewöhnliche Kombination von $G_k$ , $A_d$ , $Q_{\text{Nutzlast}}$ und $Q_{\text{Wind}}$ .....	451
8.6.7.4	Superposition von $G_k$ , $A_{Ed}$ (Erdbeben) und $Q_{\text{Nutzlast}}$ .....	451
8.7	Bautechnische Anlagensicherheit: Schwachpunkte, Defizite und vorgeschlagene Maßnahmen .....	452
8.7.1	Rechtliche Gesichtspunkte und administrative Defizite .....	453
8.7.1.1	Die neue Europäische Generation von Bau- normen .....	453
8.7.1.2	Baurechtliche Sicherheitsdefizite durch BlmSchG-Mitgenehmigung .....	454
8.7.1.3	Baurechtliche Prüfung und immissionsschutz- rechtliche Genehmigung.....	457
8.7.1.4	Kombinierte Risiken (Combined Risks) .....	458
8.7.1.5	Wirksamwerden von Naturrisiken .....	460
8.7.2	Reduktion der Sturmgefährdung von Betriebsbereichen gemäß StörfallIV.....	462

8.7.2.1	Höhere Windgeschwindigkeiten gemäß neuer DIN 1055-4 (03, 2005).....	462
8.7.2.2	Kriterien für sturmsichere Auslegung von Produktionsanlagen?.....	465
8.7.2.3	Topographischer Umgebungseinfluss: Grenzschicht-Windkanäle.....	467
8.7.2.4	Tragwerkssicherheit gegen höhere lokale Sturmgeschwindigkeiten.....	469
8.7.2.5	Einfluss von Klimaänderungen? .....	471
8.7.2.6	Sturmschaden-Vorsorge durch Nachrüstmaß- nahmen .....	472
8.7.2.7	Beispiel: Sturmsicherheit einer Kraftwerks- komponente.....	474
8.7.3	Sicherheit von Betriebsbereichen gemäß StörfallIV gegen Erdbeben.....	478
8.7.3.1	Analyseverfahren zur seismischen Sicherheit gemäß DIN 4149 .....	478
8.7.3.2	Eignung der Schutzziele der DIN 4149.....	481
8.7.3.3	Die Regelungen des KTA – Kerntechnischen Ausschusses .....	483
8.7.3.4	Seismische Gefährdung, Duktilität und Vulnera- bilität .....	487
8.7.3.5	Seismische Vulnerabilität von Einzeltragwerken und verfahrenstechnischen Anlagen .....	489
8.7.3.6	Performance-based seismic design.....	494
8.7.3.7	Seismische Instrumentierung und Schadens- kontrollen.....	497
8.7.3.8	A-seismischer Entwurf, seismische Ertüchtigung durch Nachrüstung .....	499
8.7.3.9	Seismische Bodenverflüssigung.....	503
8.7.3.10	Maßnahmen nach Erdbeben .....	505
8.8	Zusammenfassung .....	506
9	BERGSENKUNGEN/BERGBAUINDUZIERTER BODENBEWEGUNGEN ALS GEFAHRENQUELLE FÜR BETRIEBSBEREICHE.....	507
9.1	Kenntnisstand über das Wirksamwerden von Bergsenkungen.....	508
9.1.1	Allgemeines zu den bergbaulichen Einwirkungen .....	508
9.1.2	Bewegungsvorgänge über Abbauen in größerer Teufe.....	508
9.1.2.1	Senkungstrog .....	510

9.1.2.2	Unstetigkeiten.....	514
9.1.3	Einwirkungen auf Gebäude, Anlagen und Betriebsbereiche ....	515
9.1.3.1	Einfluss einer Senkung .....	515
9.1.3.2	Einfluss einer Schieflage .....	516
9.1.3.3	Einfluss einer Krümmung .....	517
9.1.3.4	Einfluss einer Längenänderung (Zerrung und Pressung) .....	517
9.1.3.5	Einfluss konzentrierter Bodenbewegungen .....	517
9.1.3.6	Zusammenfassung .....	518
9.2	Stand der relevanten, gültigen Rechtsvorschriften und Regelwerke.....	520
9.2.1	Das Bundesberggesetz .....	520
9.2.2	Richtlinien.....	525
9.2.3	Technische Normen und Regelwerke .....	528
9.3	Stand der Forschung .....	528
9.3.1	Bergbauliche Baugrundverkürzungen .....	528
9.3.2	Bergbauliche Baugrundlängungen .....	529
9.3.3	Diskussion und Vergleich der Forschungsergebnisse .....	530
9.3.3.1	Bergbauliche Baugrundverkürzungen .....	530
9.3.3.2	Bergbauliche Baugrundlängungen .....	530
9.3.3.3	Unstetigkeiten.....	531
9.4	Maßnahmen gegen das Wirksamwerden von Bergsenkungen - Stand der Technik.....	531
9.4.1	Arten der Sicherung .....	531
9.4.2	Maßnahmen gegen Schieflagen.....	533
9.4.3	Maßnahmen gegen Baugrundkrümmungen .....	533
9.4.4	Maßnahmen gegen Baugrundlängungen (Zerrungen) .....	535
9.4.5	Maßnahmen gegen Baugrundkürzungen (Pressungen).....	536
9.4.6	Maßnahmen bei konzentrierten Bodenbewegungen .....	537
9.4.7	Möglichkeiten der Nachrüstung baulicher Anlagen .....	537
9.5	Ergebnisbewertung .....	539
9.5.1	Allgemeines zu den rechtlichen Regelungen.....	539
9.5.1.1	Geplanter Abbau unter einer bestehenden Industrieanlage .....	541
9.5.1.2	Errichtung einer neuen Industrieanlage bei aktivem Abbau.....	541
9.5.2	Zusammenfassung .....	542
9.6	Hochwasserschutzanlagen (Flussdeiche).....	543
9.6.1	Einwirkungen.....	543
9.6.2	Stand der relevanten Vorschriften .....	544



9.6.3	Maßnahmen zur Deichsicherung in Bergsenkungsgebieten ....	545
9.6.3.1	Planungstechnische Maßnahmen .....	545
9.6.3.2	Schäden und Instandsetzung .....	546
9.6.4	Zusammenfassung .....	549
9.7	Ausgewählte Modellregion Chemiepark Marl.....	549
9.7.1	Auswahlkriterien .....	549
9.7.2	Der Chemiepark Marl .....	555
9.8	Zusammenfassung .....	559
10	PLANUNG FÜR NOTFÄLLE / ALARM- UND GEFAHRENABWEHR- PLANUNG .....	561
10.1	Vorbemerkung .....	561
10.2	Grundlagen der Gefahrenabwehrplanung von Anlagenbetreibern.....	561
10.2.1	Pflichten der Betreiber nach Störfall-Verordnung .....	561
10.2.2	Erstellung von internen Alarm- und Gefahrenabwehrplänen für Betriebsbereiche .....	564
10.2.2.1	Alarm- und Gefahrenabwehrplanung für Betriebs- bereiche mit Grundpflichten gemäß der Störfall- Verordnung.....	565
10.2.2.2	Interne Alarm- und Gefahrenabwehrpläne für Betriebsbereiche mit erweiterten Pflichten gemäß Störfall-Verordnung .....	566
10.2.2.3	Interner Alarm- und Gefahrenabwehrplan (AGAP) ..	567
10.2.2.4	Wesentliche Aspekte der Alarm- und Gefahren- abwehrplanung .....	569
10.2.3	Pflichten der Behörden nach StörfallIV und aufgrund der Seveso-II-Richtlinie .....	569
10.2.4	Pflichten von VAwS-Anlagenbetreibern.....	571
10.2.5	Alarmplanung für VAwS-Anlagen .....	571
10.3	Vollzug der VAwS-Anlagendokumentation in den Bundesländern.....	573
10.4	Spezifische Planungen für Anlagen zum Umgang mit Heizölen und Kraftstoffen bei Hochwasserlagen .....	574
10.5	Notfall-, Alarm- und Gefahrenabwehrplanung sowie Organisations- strukturen der Länder.....	575
10.5.1	Nordrhein-Westfalen .....	575
10.5.2	Sachsen-Anhalt .....	580
10.5.3	Sachsen .....	582
10.6	Technische und organisatorische Anforderungen an die Betreiber zur Koordination von internen und externen Maßnahmen .....	584

10.7	Einbindung der Betreiber in die externe Gefahrenabwehrplanung in den Modellregionen .....	585
10.8	Berücksichtigung der spezifischen Gefahrenpotenziale.....	586
10.9	Feststellung von gefährdeten Betriebsbereichen durch Behörden gemäß § 15 StörfallV (Dominoeffekte).....	587
10.9.1	Anwendung des § 15 StörfallV .....	588
10.9.2	Verfahren zur Prüfung durch die Behörde .....	589
10.9.3	Ergebnis der Untersuchung in den Modellregionen.....	589
10.10	Vorhersage von Ereignissen, welche natürliche umgebungsbedingte Gefahren auslösen können .....	590
10.10.1	Verfahren und Strukturen .....	590
10.10.2	Verfahren zur Alarmierung vor natürlichen umgebungsbedingten Gefahrenquellen .....	591
11	ERKENNTNISSE UND SCHLUSSFOLGERUNGEN SOWIE FORSCHUNGS- UND HANDLUNGSBEDARF .....	592
11.1	Gefahrenquelle Hochwasser.....	592
11.1.1	Bemessungsgrundlage für überschwemmungsgefährdete Gebiete .....	593
11.1.2	Anpassung der Landeswassergesetze an das WHG .....	597
11.1.3	Überarbeitung der Anforderungen an VAWS-Anlagen.....	598
11.1.4	Anforderungen an VAWS-Anlagen in überschwemmungsgefährdeten Gebieten sowie Aspekte eines Deichversagens...	601
11.1.5	Schutzziel von Betriebsbereichen .....	611
11.1.6	Anforderungen an Betriebsbereiche in Überschwemmungsgebieten und überschwemmungsgefährdeten Gebieten .....	612
11.1.7	Anforderungen für brennbare Gase (Flüssiggase) .....	618
11.1.8	Erfassung von kleinen privaten Heizöltanks und Flüssiggasbehältern .....	620
11.1.9	Fortschreibung von Verordnungen und Regelwerken für die Gefahrenquelle Hochwasser .....	622
11.1.10	Möglichkeiten zur Verbesserungen des technischen Hochwasserschutzes.....	623
11.1.11	Methoden zur Ermittlung von Stofffreisetzungen und Stoffausbreitungen.....	624
11.2	Gefahrenquelle Sturm und Erdbeben .....	626
11.2.1	Untersuchungsergebnisse.....	626
11.2.2	Empfehlungen für die Fortschreibung von Gesetzen bzw. Verordnungen und technischen Regeln .....	628

11.2.3	Forschungs- und Entwicklungsbedarf .....	630
11.3	Gefahrenquelle Bergsenkungen .....	631
11.3.1	Gefahrenquelle Bodenbewegungen .....	631
11.3.2	Darlegungen zu Regelwerken und Gesetzen und Erkennt- nisse bei der Umsetzung .....	631
11.3.2.1	Geplanter Abbau unter einem bestehenden Betriebsbereich .....	633
11.3.2.2	Errichtung einer neuen Industrieanlage bei aktivem Abbau .....	634
11.3.3	Empfehlungen für rechtliche Maßnahmen und technische Regeln sowie Prüfverfahren .....	634
11.3.4	Forschungs- und Entwicklungsbedarf .....	635
11.4	Berücksichtigung umgebungsbedingter Gefahrenquellen in der Gesetzgebung .....	636
11.4.1	Berücksichtigung umgebungsbedingter Gefahrenquellen in der Störfall-Verordnung .....	636
11.4.2	Berücksichtigung der Gefahrenquelle Hochwasser in den Wassergesetzen – weitere Ansätze zur Fortschreibung .....	638
11.5	Alarm- und Gefahrenabwehrplanung, Katastrophenschutz .....	639
11.5.1	Alarm- und Gefahrenabwehrplanung für Betriebsbereiche gemäß den Grundpflichten .....	639
11.5.2	Zusammenarbeit von Betreibern und Behörden .....	640
12	LITERATURVERZEICHNIS .....	641
12.1	Literatur zu den Kapiteln 1 – 7 und 10 – 11 .....	641
12.2	Literatur zum Kapitel 8 .....	649
12.3	Literatur zum Kapitel 9 .....	657

## Anlagenverzeichnis

- Anlage I      Vorschlag für eine Vollzugshilfe hinsichtlich der Unterlagen und Darlegungen im Genehmigungsantrag nach dem BImSchG für Anlagen in Betriebsbereichen in Bezug auf die Gefahrenquellen Hochwasser, Sturm, Erdbeben sowie Bergsenkungen sowie den Prüfungsrahmen durch die Genehmigungsbehörde
- Anlage II      Vorschlag für eine Vollzugshilfe zur Prüfung eines Sicherheitsberichtes (SiB) gemäß der Störfall-Verordnung in Bezug auf die Gefahrenquellen Hochwasser, Sturm, Erdbeben und Bergsenkungen
- Anlage III      Vorschlag für eine Vollzugshilfe zur Durchführung von Inspektionen von Betriebsbereichen
- Anlage IV      Vorschlag für eine Vollzugshilfe zur Prüfung privater Heizöltanks und Flüssiggasbehälter bzgl. der Gefahrenquelle Hochwasser
- Anlage V      Mittel für die Öffentlichkeitsarbeit
- Anlage VI      Muster und Bausteine für einen internen Alarm- und Gefahrenabwehrplan Hochwasser (AGAP HW)

## Gewässerkundliche Hauptwerte

Der Wasserstand wird mit dem Symbol **W** gekennzeichnet und der Durchfluß mit dem Symbol **Q**. Aus den langjährigen Datenreihen an den Pegeln werden berechnet:

Wasser-stand	Wasser-abfluss	
HHW	HHQ	höchster bekannter Wert
HW	HQ	höchster Wert gleichartiger Zeitabschnitte einer Zeitspanne
MHW	MHQ	mittlerer höchster Wert gleichartiger Zeitabschnitte einer Zeitspanne
MW	MQ	Mittelwert gleichartiger Zeitabschnitte einer Zeitspanne
MNW	MNQ	mittlerer niedrigster Wert gleichartiger Zeitabschnitte einer Zeitspanne
NW	NQ	niedrigster Wert gleichartiger Zeitabschnitte einer Zeitspanne
NNW	NNQ	niedrigster bekannter Wert