

**Umweltforschungsplan
des Bundesministeriums für Umwelt,
Naturschutz und Reaktorsicherheit**

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

- Zusammenfassung -

Dipl.-Ing. Hanns-Jürgen Warm
Dr. rer. nat. Karl-Erich Köppke

im Auftrag des Umweltbundesamtes

Mai 2007

Inhaltsverzeichnis

1	EINLEITUNG	1
2	HOCHWASSERSCHUTZ	2
2.1	Darstellung der Hochwasserrisiken für VAWS-Anlagen und Betriebsbereiche nach der Störfall-Verordnung	2
2.2	Vorschlag für einen Bemessungsansatz für die Ermittlung von überschwemmungsgefährdeten Gebieten	4
2.3	Anforderungen an bestehende und neue VAWS-Anlagen in Überschwemmungsgebieten und überschwemmungsgefährdeten Gebieten mit besonderem Blick auf den privaten Sektor	6
2.4	Bemessungsgrundlage für bestehende oder neue Betriebsbereiche entsprechend der Störfall-Verordnung hinsichtlich Hochwassergefährdung.....	10
2.5	Risikoproportionale Anforderungen an Betriebsbereiche.....	11
2.6	Anforderungen an Flüssiggasbehälter, die nicht in den Geltungsbereich der Störfall-Verordnung fallen	14
2.7	Erfassung von kleinen privaten Heizöltanks und Flüssiggasbehältern ...	15
2.8	Fortschreibung der Regelwerke zum Hochwasserschutz	16
2.9	Sachstandsanalyse in den Modellregionen.....	16
2.10	Stand der Technik zum Hochwasserschutz	18
3	SCHUTZ VOR STURM UND ERDBEBEN	21
4	BERGSENKUNGEN	23
5	ALARM- UND GEFAHRENABWEHRPLANUNG, KATASTROPHENSCHUTZ	25
5.1	Informationspflichten.....	25
5.2	Überprüfung von Alarm- und Gefahrenabwehrplänen	26
5.3	Vorhersage von Ereignissen.....	26
6	VORSCHLÄGE FÜR VOLLZUGSHILFEN UND FÜR DIE ÖFFENTLICHKEITSARBEIT	27

1 Einleitung

Als Folge des Hochwassers 2002 an der Elbe hat die Bundesregierung ein Programm mit dem Titel „Arbeitsschritte zur Verbesserung des vorbeugenden Hochwasserschutzes“ beschlossen. In dem Forschungsvorhaben „Schutz von neuen und bestehenden Anlagen und Betriebsbereichen gegen natürliche, umgebungsbedingte Gefahrenquellen, insbesondere Hochwasser“ war der Hochwasserschutz für folgende Anlagen mit gefährlichen Substanzen zu betrachten:

- A Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen nach § 19g WHG (VAwS-Anlagen)
- B Anlagen zur Lagerung von brennbaren Gasen in Behältern
- C Betriebsbereiche und deren Anlagen, die in den Anwendungsbereich der 12. BImSchV fallen

In diesem Forschungsvorhaben des Umweltbundesamtes sollten folgende Schwerpunkte untersucht werden:

- Vorschriften für einen anlagenbezogenen Schutz
- Hochwasserschutz für VAwS-Anlagen und Betriebsbereiche in der Praxis
- Stand der Technik des Hochwasserschutzes (technische und organisatorische Maßnahmen)
- Alarm- und Gefahrenabwehrplanung, Katastrophenschutz

Darüber hinaus waren für Betriebsbereiche, die der Störfall-Verordnung (12. BImSchV) unterliegen, die Wirkungen der Gefahrenquellen Sturm, Erdbeben und Bergsenkungen zu betrachten. Auf der Basis dieser Untersuchungen wurden zahlreiche Defizite erkannt und Empfehlungen ausgearbeitet, die im Folgenden zusammengefasst werden.

Das Forschungsvorhaben wurde in Kooperation mit den Bundesländern Nordrhein-Westfalen, Sachsen und Sachsen-Anhalt durchgeführt, in denen zur Durchführung der Untersuchungen mehrere Modellregionen ausgewählt wurden.

2 Hochwasserschutz

2.1 Darstellung der Hochwasserrisiken für VAwS-Anlagen und Betriebsbereiche nach der Störfall-Verordnung

Zuerst ist herauszustellen, dass sich in Deutschland zunächst jeder selbst vor Hochwasser zu schützen hat (gemäß § 31a WHG). Dieses Prinzip gilt ebenso für die Betreiber von VAwS-Anlagen und Betriebsbereiche. Länder und Gemeinden sind dennoch frei, Deiche zum Schutze der Bevölkerung gegen Hochwasser zu errichten. **Abbildung 1** verdeutlicht die Problematik der Hochwasserrisiken für VAwS-Anlagen und Betriebsbereiche, wie sie sich in fast allen untersuchten Modellregionen dargestellt hat.

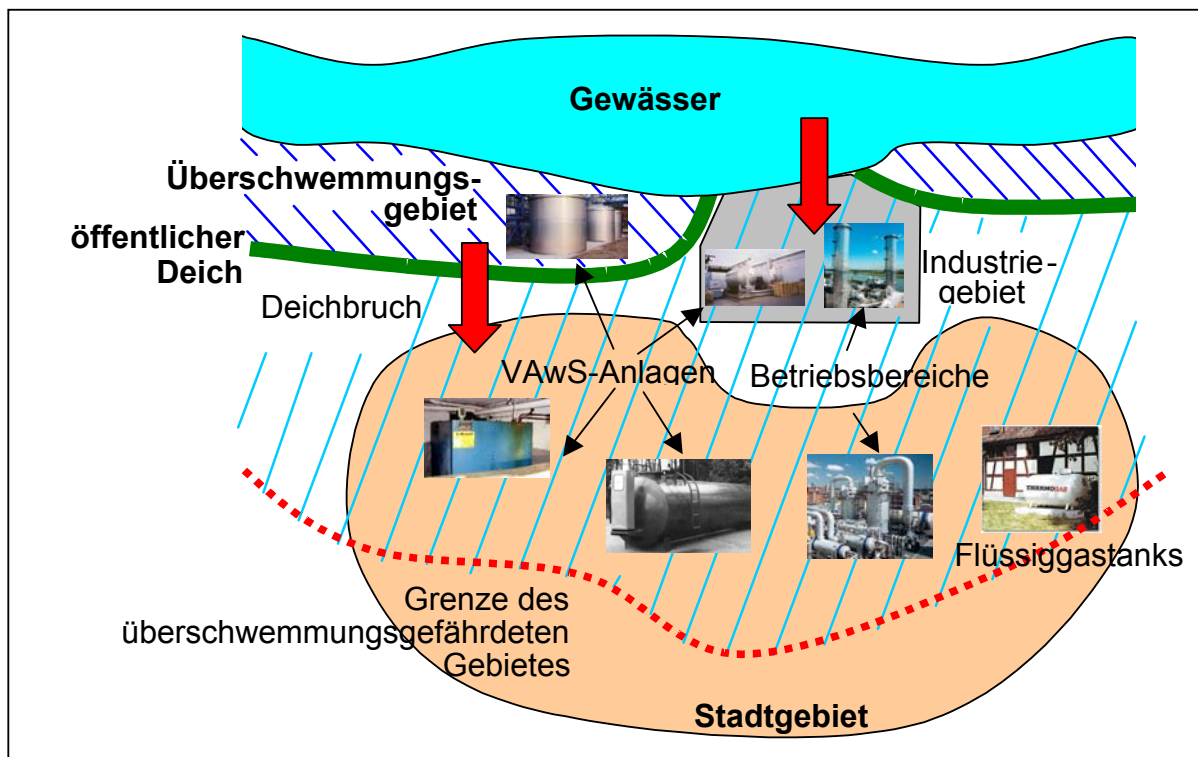


Abbildung 1: Gesamtsituation zum Hochwasserschutz in den meisten der untersuchten Modellregionen

Das Überschwemmungsgebiet, wie es im Wasserhaushaltsgesetz (WHG) definiert ist, ist das Gebiet zwischen Uferlinie und öffentlichem Deich, der für ein bestimmtes Schutzziel bemessen wurde. Dieses basiert auf einem behördlich festgelegten Bemessungshochwasser und orientiert sich u.a. am Schadenspotenzial hinter einem Deich sowie an den örtlichen Gegebenheiten entlang eines Flusses. In der Praxis

variieren die Schutzziele für Bemessungshochwässer zwischen HQ_{100} bis HQ_{500} .¹ Von den Betreibern von VAWS-Anlagen in Überschwemmungsgebieten müssen spezielle Anforderungen entsprechend der VAWS des jeweiligen Bundeslandes zum Hochwasserschutz erfüllt werden.

Hinter dem Deich befindet sich das überschwemmungsgefährdete Gebiet, das nach der Definition im WHG im Falle eines höheren Hochwassers, z.B. höher als HQ_{100} , oder im Falle eines Deichbruchs überschwemmt wird, wobei die Bemessungsgrundlage für die Ermittlung des überschwemmungsgefährdeten Gebietes bislang vom Gesetzgeber nicht festgelegt wurde. Zudem gibt es spezielle rechtliche Anforderungen an VAWS-Anlagen in überschwemmungsgefährdeten Gebieten nur in einzelnen Bundesländern (Baden-Württemberg).

Abbildung 1 zeigt, dass der öffentliche Deich im Bereich eines Industriegebietes unterbrochen ist. Nach der Störfall-Verordnung müssen alle relevanten Betriebsbereiche von den Betreibern mittels geeigneten technischen und/oder organisatorischen Maßnahmen gegen Hochwasser geschützt werden. Es wird bislang jedoch kein definiertes Schutzziel festgelegt, wie es für öffentliche Deiche besteht.

Aus dieser einfachen Grafik, die aus den Untersuchungen in den Modellregionen abgeleitet ist, ergeben sich folgende grundlegende Fragestellungen:

1. Auf welcher Bemessungsgrundlage soll im Wasserrecht das überschwemmungsgefährdete Gebiet festgelegt werden?
2. Welche materiellen Anforderungen ergeben sich hieraus für bestehende und neue VAWS-Anlagen mit besonderem Blick auf den privaten Bereich?
3. Auf welcher Bemessungsgrundlage müssen Betreiber im Rahmen ihrer Eigenvorsorge Maßnahmen ergreifen, um ihre neuen oder bestehenden Betriebsbereiche, die der Störfall-Verordnung unterliegen, zu schützen?
4. Welche materiellen Anforderungen sind an Betriebsbereiche zu stellen?
5. Welche materiellen Anforderungen sind an Anlagen zur Flüssiggaslagerung zu stellen, die nicht der Störfall-Verordnung unterliegen?

¹ HQ = max. Durchflussmenge; HQ_{100} = max. erwartete Durchflussmenge, die sich statistisch einmal in 100 Jahren ereignet; HQ_{500} = max. erwartete Durchflussmenge, die sich statistisch einmal in 500 Jahren ereignet. Die max. Durchflussmenge ist auf der Grundlage historischer Hochwasserereignisse, hydrologischer und wirtschaftlicher Faktoren berechnet.

Zum Verständnis der Gesamtproblematik ist anzumerken, dass VAWS-Anlagen dem anlagenbezogenen Wasserrecht und Betriebsbereiche der Störfall-Verordnung unterliegen. Des Weiteren ist zu beachten, dass VAWS-Anlagen und Flüssiggaslager auch Teile von Betriebsbereichen sein können.

2.2 Vorschlag für einen Bemessungsansatz für die Ermittlung von überschwemmungsgefährdeten Gebieten

Überschwemmungsgefährdete Gebiete sind Gebiete hinter dem Deich und können im Falle eines Deichbruchs oder durch ein Hochwasser, das größer als das Bemessungshochwasser (üblicherweise HQ_{100} , in speziellen Fällen bis HQ_{500}) ist, überschwemmt werden. Die Festlegung des Bemessungshochwassers, das die Grundlage zur Ermittlung der überschwemmungsgefährdeten Gebiete bilden soll, befindet sich derzeit noch in der Diskussion. Grundsätzlich sind zu Festlegung des Bemessungshochwassers 2 Ansätze denkbar:

1. Bundeseinheitlicher Bemessungsansatz von z.B. HQ_{200} oder HQ_{300}
Ein solcher Pauschalansatz berücksichtigt nicht, dass das Schadensausmaß z.B. im Falle eines Deichbruchs an den Flüssen sehr unterschiedlich ist. Vor diesem Hintergrund wird ein bundeseinheitlicher Pauschalansatz der Notwendigkeit zur Berücksichtigung von örtlichen Gegebenheiten nicht gerecht.
2. flexible Anpassung an die örtlichen Gegebenheiten
Weil die Schutzziele für die Deichbemessung in der Praxis zwischen HQ_{100} und HQ_{500} variieren (z.B. in einigen Gebieten entlang des Rheins) empfehlen die Berichterstatter ein Bemessungshochwasser zu wählen, das die örtlichen Gegebenheiten und unterschiedlichen Risikopotenziale berücksichtigt.

Neben der Festlegung eines Bemessungshochwassers ist auch die Methodik zur Ermittlung der überschwemmungsgefährdeten Gebiete von Bedeutung. Hierzu gibt es zwei Varianten (**Abbildung 2**):

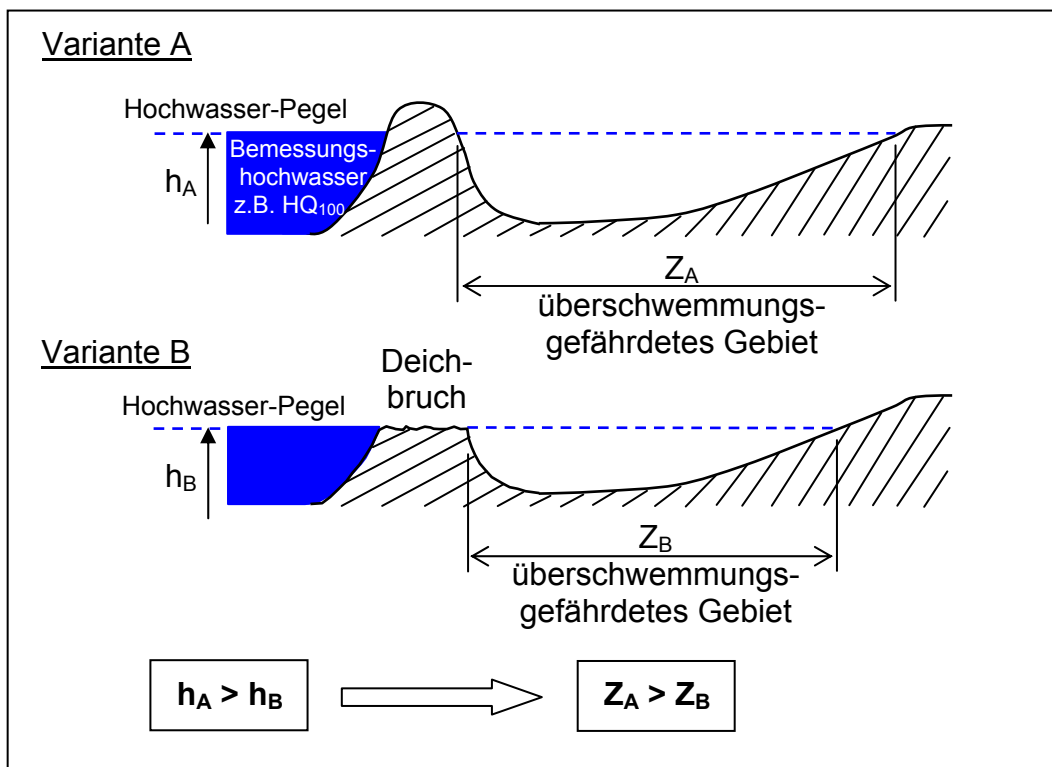


Abbildung 2: Varianten zur Ermittlung der überschwemmungsgefährdeten Gebiete²

Variante A) Die einfachste Variante ergibt sich aus dem Bemessungshochwasser in m^3/sec in Verbindung mit der örtlichen Flussmorphologie. Beide Faktoren bestimmen den örtlichen Pegelstand der Hochwasserwelle. Die horizontale Verschneidung dieser Pegelhöhe mit dem Gelände hinter den öffentlichen Schutzeinrichtungen ergibt die Fläche des überschwemmungsgefährdeten Gebietes. Diese Methodik zur Bestimmung der betroffenen Fläche ist relativ einfach. Sie kommt der Realität dann sehr nahe, wenn ein Deichbruch bei Bemessungshochwasser nur geringe Wirkung auf den Pegel des Hochwassers hat. Eine Überschätzung ist nur dann gegeben, wenn die Entlastung durch den Deichbruch eine Absenkung des Hochwasserpegels bewirken würde. Genau dieser Fall, wird bei der Variante B berücksichtigt.

Variante B) Bei dieser Variante wird die Wirkung eines Deichbruchs auf die Pegelhöhe in jedem Flussabschnitt bei dem jeweiligen Bemessungshochwasser bestimmt. Weil die maximale Pegelhöhe niedriger als in Variante A

² Variante A: Der Abstand zwischen Bemessungshochwasser und Deichkrone ist das „Freibord“ zur Berücksichtigung der Wirkungen von Wind und Wellen.

ist, ist auch die Größe des überschwemmungsgefährdeten Gebiets entsprechend kleiner. Diese Variante ist sehr viel aufwendiger, da sie einer Modellierung der Wirkung eines Deichbruchs für den jeweiligen Flussabschnitt bedarf.

Soll eine Obergrenze für die Festlegung überschwemmungsgefährdeter Gebiete gemäß § 31c WHG festgesetzt werden, so bietet sich die Variante A an, da sie einfacher und konservativ ist. Den Wasserbehörden (und ggf. den Betreibern von Betriebsbereichen) kann ermöglicht werden, engere Grenzen von überschwemmungsgefährdeten Gebieten festzusetzen bzw. anzunehmen, wenn diese im Einzelnen nach Variante B ermittelt wurden (Einzelfallnachweis).

2.3 Anforderungen an bestehende und neue VAWS-Anlagen in Überschwemmungsgebieten und überschwemmungsgefährdeten Gebieten mit besonderem Blick auf den privaten Sektor

Durch die Föderalismusreform im Jahr 2006 ist es der Bundesregierung möglich, eine bundeseinheitliche VAWS-Anlagenverordnung zu erlassen. Weil eine derartige Verordnung derzeit noch nicht erarbeitet wurde, besitzen nach wie vor die Verordnungen der Bundesländer Gültigkeit.

Für einen besseren Hochwasserschutz sollten die VAWS-Anlagenverordnungen in folgenden Punkten novelliert werden:

1. Übernahme der Empfehlungen der Internationalen Kommissionen zum Schutz der Elbe (IKSE) und des Rheins (IKSR)

Die Empfehlungen der IKSE und der IKSR zu Hochwasserschutz von Anlagen und Gebäuden sind in den Verordnungen aufzunehmen. Dies beinhaltet sowohl technische Anforderungen als auch organisatorische Maßnahmen im Hochwasserfall, z.B. das Entleeren von offenen Behältern.

2. Nachrüstung von vorhandenen privaten Heizölanlagen

Aufgrund des seit einigen Jahren durchgeführten Personalabbaus in den meisten Bundesländern müssen die Betreiber im Rahmen der Eigenvorsorge Nachrüstungen selbst veranlassen. Daher empfehlen die Berichtersteller, die

Umsetzung neuer Anforderungen durch Sachverständige im Rahmen von wiederkehrenden Prüfungen feststellen zu lassen.

3. Verbot der Errichtung neuer Heizölanlagen, soweit zur Schadenverminderung erforderlich, in überschwemmungsgefährdeten Gebieten.
4. Anforderungen an VAWS-Anlagen in überschwemmungsgefährdeten Gebieten müssen in den Verordnungen festgeschrieben werden. Diese Anforderungen sind den unterschiedlichen Risiken vor und hinter dem Deich entsprechend anzupassen (Risikoproportionalität).

Folgende zwei Möglichkeiten für die Risikoproportionalität sind zu betrachten:

1. Unterschiedliche Deichqualitäten

Für die Ermittlung von „überschwemmungsgefährdeten Gebieten“ legt das WHG in § 31c das Versagen von öffentlichen Hochwasserschutzeinrichtungen, verursacht durch Deichbruch oder Deichüberspülung, zugrunde. In Deutschland wird unterschieden zwischen Deichen entsprechend DIN 19 712 „Flussdeiche“ und Deichen, insbesondere Altdeichen, die nicht der DIN 19 712 entsprechen. Das Risiko eines Deichbruchs ist, wie die letzten großen Hochwasserereignisse gezeigt haben, bei einem Altdeich wesentlich größer als bei einem DIN-gerechten Deich. Daher ist es nicht erforderlich, technische oder organisatorische Anforderungen an VAWS-Anlagen hinter DIN-gerechten Deichen in die Verordnungen aufzunehmen.

Im Unterschied hierzu kann das erhöhte Risiko eines Deichbruches bei Deichen, die nicht der DIN 19 712 entsprechen, nicht akzeptiert werden. Zudem kann nicht vorausgesagt werden, wann und wo ein Deichbruch eintreten kann. Es muss im Falle eines Deichbruches daher davon ausgegangen werden, dass in den meisten Fällen keine ausreichende Vorwarnzeit besteht, um organisatorische Maßnahmen, wie z.B. das Auslagern von Stoffen, durchzuführen. Deshalb müssen die Betreiber von VAWS-Anlagen geeignete technische Maßnahmen zur Sicherung der Anlagen gegen Hochwasser durchführen. Konsequenterweise sind an Anlagen in überschwemmungsgefährdeten Gebieten die gleichen technischen Anforderungen wie an Anlagen in Überschwemmungsgebieten zu stellen.

Grundsätzlich ist für den Fall eines Deichbruchs festzustellen, dass Anforderungen, die an private und gewerbliche Anlagen in Abhängigkeit von der Qua-

lität öffentlicher Deiche festgelegt wurden, ein erhebliches Konfliktpotenzial in sich bergen, weil die betroffenen Anlagenbetreiber in diesem Falle immer auf die erforderliche Ertüchtigung der Altdeiche verweisen werden. Vor diesem Hintergrund sollte der Gesetzgeber noch einmal kritisch hinterfragen, ob das Szenarium „Deichbruch“ für die Ermittlung von überschwemmungsgefährdeten Gebieten und damit für die Ableitung von möglichen Anforderungen an VAWS-Anlagen geeignet ist.

2. Risikopotenzial für VAWS-Anlagen im Falle einer Deichüberspülung

Im Falle der Gefahr einer Deichüberspülung ist das Gefährdungspotenzial für VAWS-Anlagen ausschließlich von der Höhe des Deiches abhängig und nicht mehr von der Deichqualität. Je geringer die Jährlichkeit des Bemessungshochwassers für die Auslegung der Deiche angesetzt wird, desto geringer ist die Gefahr einer Überflutung der überschwemmungsgefährdeten Gebiete. Dieser einfache und pragmatische Ansatz bildete die Grundlage der VAWS-Anlagenverordnung des Landes Baden-Württemberg vom November 2005 für Anlagen in überschwemmungsgefährdeten Gebieten. Die VAWS BW fordert zunächst die Einhaltung des Standes der Technik für VAWS-Anlagen in überschwemmungsgefährdeten Gebieten. Die VAWS wählt dann durch Einteilung in verschiedene Gefährdungsstufen die Anlagen aus, die gegen Hochwasser zu schützen sind. Die Gefährdungsstufen ergeben sich aus der Wassergefährdungskategorie eines Stoffes und dessen Volumen (oder Masse) in einer Anlage.

Weil die Deichhöhe auf einem Bemessungshochwasser basiert, kombiniert die VAWS BW verschiedene Bemessungshochwasser mit der Gefährdungsstufe der VAWS-Anlagen. Je höher das Bemessungshochwasser, d.h. je höher die Deiche, desto geringer wird das Risiko einer Deichüberspülung. Die Anforderungen an VAWS-Anlagen beschränken sich dann auf solche Anlagen mit höheren Gefährdungsstufen. **Abbildung 3** verdeutlicht den Zusammenhang zwischen Bemessungshochwasser und Anforderungen an Anlagen mit unterschiedlichen Gefährdungsstufen. Die Risikoproportionalität ergibt sich aus der Gefährdungsstufe der Anlage und nicht aus einem abgestuften Technikniveau.

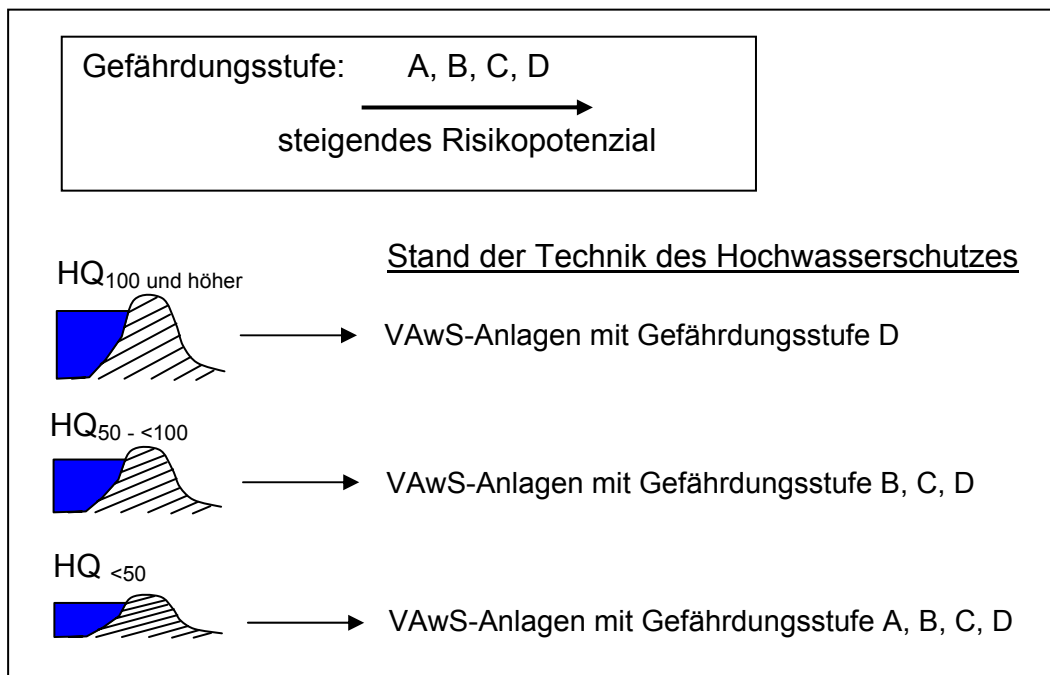


Abbildung 3: Zusammenhang zwischen Bemessungshochwasser und Anforderungen an die verschiedenen Gefährdungsstufen in der VAWS BW

Nach der VAWS von Baden-Württemberg kann der Betreiber die Anforderungen zum Hochwasserschutz durch geeignete technische oder organisatorische Maßnahmen erfüllen. Alle organisatorischen Maßnahmen setzen eine ausreichende Vorwarnzeit voraus. Diese ist in flacheren Regionen grundsätzlich eher gegeben als in Flusseinzugsgebieten mit größerem Gefälle. Aus den Erfahrungen, insbesondere nach dem Hochwasser 2002 an der Elbe mit ihren Nebenflüssen, wurden die Systeme zur Vorwarnung der Bevölkerung erheblich weiter entwickelt, so dass allein durch eine präzisere Wettervorhersage mit den entsprechenden Unwetterwarnungen die Vorwarnzeiten für alle Regionen in Deutschland verlängert werden konnten. Daher werden organisatorische Maßnahmen den technischen Anforderungen gleichgesetzt, wenn diese als geeignet zum Hochwasserschutz bewertet werden.

Für den Fall einer Deichüberspülung bietet die VAWS des Landes Baden-Württemberg einen praktikablen Ansatz für bundeseinheitliche Anforderungen an VAWS-Anlagen in überschwemmungsgefährdeten Gebieten.

2.4 Bemessungsgrundlage für bestehende oder neue Betriebsbereiche entsprechend der Störfall-Verordnung hinsichtlich Hochwassergefährdung

Grundsätzlich ist zunächst festzustellen, dass in der Störfall-Verordnung unter § 3, Abs. 2, Nr. 2 die Berücksichtigung von umgebungsbedingten Gefahrenquellen, wie Hochwasser oder Erdbeben, festgelegt ist, ohne allerdings konkrete Anforderungen an den Schutz von Betriebsbereichen nach den Grundpflichten sowie den erweiterten Pflichten zu stellen. Ergänzende Hinweise hierzu enthält die im März 2004 vom BMU herausgegebene Vollzugshilfe zur Störfall-Verordnung. Nach dieser Vollzugshilfe zur Umsetzung der Störfall-Verordnung sollten bei der Erstellung eines Sicherheitsberichtes nach § 9 der StörfallV umgebungsbedingte, auch naturbedingte Gefahrenquellen, insbesondere Hochwasser oder z.B. Erdbeben, berücksichtigt werden.

Zudem hat die Störfall-Verordnung bislang keinen direkten Bezug zu den nach Wasserrecht definierten überschwemmungsgefährdeten Gebieten. Mit der zukünftigen Kartierung von überschwemmungsgefährdeten Gebieten werden jedoch die Betreiber von dort gelegenen Betriebsbereichen zur Prüfung der Hochwassergefahr veranlasst werden, obwohl sich diese Pflicht nur indirekt aus der Störfall-Verordnung ableiten lässt. Zur Klarstellung dieser Pflicht wird von den Berichterstattern vorgeschlagen, einen direkten Bezug zu den kartierten überschwemmungsgefährdeten Gebieten in der Störfall-Verordnung zu verankern. Damit wäre auch gleichzeitig festgelegt, dass für Betriebsbereiche, die in diesen Gebieten liegen, die Gefahrenquelle Hochwasser grundsätzlich zu prüfen ist. Ergänzend sollte auch der Schutz von Betriebsbereichen vor Treibgut und Eisgang ausdrücklich genannt werden.

Wie Abbildung 1 zeigt, sind Betriebsbereiche in Gewässernähe oftmals nicht gegen Hochwasser durch öffentliche Deiche geschützt, so dass die Betreiber ihre Betriebsbereiche durch eigene Maßnahmen schützen müssen. Weil für Betriebsbereiche, die nicht durch einen öffentlichen Deich geschützt werden, bislang in der StörfallV keine Bemessungsgrundlage für Maßnahmen zum Hochwasserschutz besteht, schlagen die Berichterstatter vor, dass das Bemessungshochwasser zur Auslegung der öffentlichen Deiche oberhalb und unterhalb des zu betrachtenden Betriebsbereichs heranzuziehen ist.

2.5 Risikoproportionale Anforderungen an Betriebsbereiche

Analog der Diskussion bzgl. einer Stufung der Anforderungen an VAWS-Anlagen war auch für Betriebsbereiche zu prüfen, ob gestufte Anforderungen in Sinne einer Risikoproportionalität für Betriebsbereiche in überschwemmungsgefährdeten Gebieten einzuführen seien. Anders als im Wasserrecht wird ein Deichversagen als mögliche Gefahrenquelle in der Störfall-Verordnung nicht erwähnt. Dies bedeutet, dass zur Ableitung von geeigneten Maßnahmen zunächst eine Risikoanalyse durch z.B. probabilistische Methoden durchzuführen ist.

Für die Gefahrenquelle „Hochwasser“ sind im Einzelnen

- das Gefährdungspotenzial für einen Deich bei Hochwasser sowie
- das hieraus resultierende Gefährdungspotenzial für den Betriebsbereich im Falle eines Deichversagens

zu betrachten. In den Niederlanden wurde eine probabilistische Methode für das Gefährdungspotenzial von Hochwasserschutzanlagen entwickelt, um in Abhängigkeit von zahlreichen Versagensursachen die Wahrscheinlichkeit einer Überflutung eines Polders abzuschätzen. Die probabilistische Methode ermöglicht eine Bewertung von menschlichem Versagen, z.B. das Unterlassen des Schließens eines Schleusentores, in Kombination mit einem strukturellen Versagen der Hochwasserschutzanlagen. Dies wird von Fachleuten daher auch als besonderer Vorteil dieser Methode angesehen. Allerdings zeigte sich auch, dass mit der Durchführung der probabilistischen Methode zur Bewertung von Hochwasserschutzanlagen ein sehr hoher Aufwand verbunden ist und diese daher nur auf ausgewählte Deichabschnitte anwendbar ist. In Deutschland wurden für Flussdeiche sowie weiteren öffentlichen Hochwasserschutzanlagen nach den Recherchen der Berichterstatter bislang keine derartigen Untersuchungen vorgenommen. Somit fehlt den Betreibern von Betriebsbereichen, die der Störfall-Verordnung unterliegen, eine wesentliche Grundlage zur Bewertung des Gefahrenpotenzials durch Hochwasser für ihren Betriebsbereich.

Aus diesem Grunde erscheint es sinnvoller, analog der Diskussion über VAWS-Anlagen auch für Betriebsbereiche Fallunterscheidungen vorzunehmen, die unter bestimmten Randbedingungen verallgemeinerbar sind. Folgende Fallunterscheidungen können vorgenommen werden:

- Lage des Betriebsbereiches hinter einem öffentlichen Deich **oder** direkt am Gewässer ohne den Schutz durch öffentliche Hochwasserschutzanlagen (vgl. Abbildung 1)
- Deich nach DIN 19 712 **oder** nicht DIN-gerechter Deich

Auch bzgl. der Vorwarnzeiten kann eine Differenzierung vorgenommen werden. Bei Altdeichen, deren Standfestigkeit, wie die Ereignisse im Jahr 2002 belegen, unzureichend sein kann, muss aufgrund möglicher schnell eintretender Deichbrüche von einer nicht immer ausreichenden Vorwarnzeit ausgegangen werden. Im Gegensatz zu einem Deichbruch ist die Gefahr einer Deichüberspülung und Überflutung des Geländes durch die mittlerweile eingerichteten Frühwarnsysteme und Informationsmittel frühzeitig erkennbar, so dass meist eine Vorwarnzeit von mehreren Stunden bzw. Tagen gegeben ist.

Aus dieser Fallunterscheidung, die in **Abbildung 4** grafisch dargestellt ist, können konkrete Maßnahmen zur Sicherung von Betriebsbereichen gegen Hochwasser entwickelt werden. Weil eine Überspülung von Deichen nicht ausgeschlossen werden kann, müssen grundsätzlich alle Betriebsbereiche in überschwemmungsgefährdeten Gebieten die Gefahren durch Hochwasser betrachten. Dies gilt unabhängig davon, ob die Betriebsbereiche den Grundpflichten oder den erweiterten Pflichten unterliegen. Die Gefahr eines Deichbruchs ist zudem für diejenigen Betriebsbereiche zu berücksichtigen, die hinter einem nicht DIN-gerechten Deich in einem überschwemmungsgefährdeten Gebiet liegen. Weil für derartige Anlagen keine ausreichende Vorwarnzeit anzunehmen ist, ist ein Schutz der Betriebsbereiche durch stationäre Maßnahmen erforderlich. Grundsätzlich denkbar ist auch die „nasse Vorsorge“³, die jedoch praktisch kaum zum Einsatz kommt. Mobile Schutzsysteme und organisatorische Maßnahmen, wie z.B. das Auslagern von gefährlichen Stoffen, können ergänzend eingesetzt werden.

Bei allen anderen Betriebsbereichen, also solchen, die nicht durch einen Deichbruch gefährdet werden können, kann der Stand der Sicherheitstechnik zum Hochwasserschutz sowohl durch technische als auch durch organisatorische Maßnahmen sichergestellt werden, soweit im Einzelfall von einer ausreichenden Vorwarnzeit hierfür ausgegangen werden kann.

Welche Maßnahmen im Einzelnen für den jeweiligen Betriebsbereich am günstigsten sind, muss für den Einzelfall geprüft werden. Hierzu ist es nach Auffassung der Be-

³ „Nasse Vorsorge“ und „trockene Vorsorge“ vgl. 2.10

richterstatter notwendig, dass auch für Betriebsbereiche, die nur den Grundpflichten unterliegen, die Maßnahmen zum Hochwasserschutz in einem Alarm- und Gefahrenabwehrplan dargelegt werden, um die Prüffähigkeit durch die Behörden oder Sachverständige zu gewährleisten.

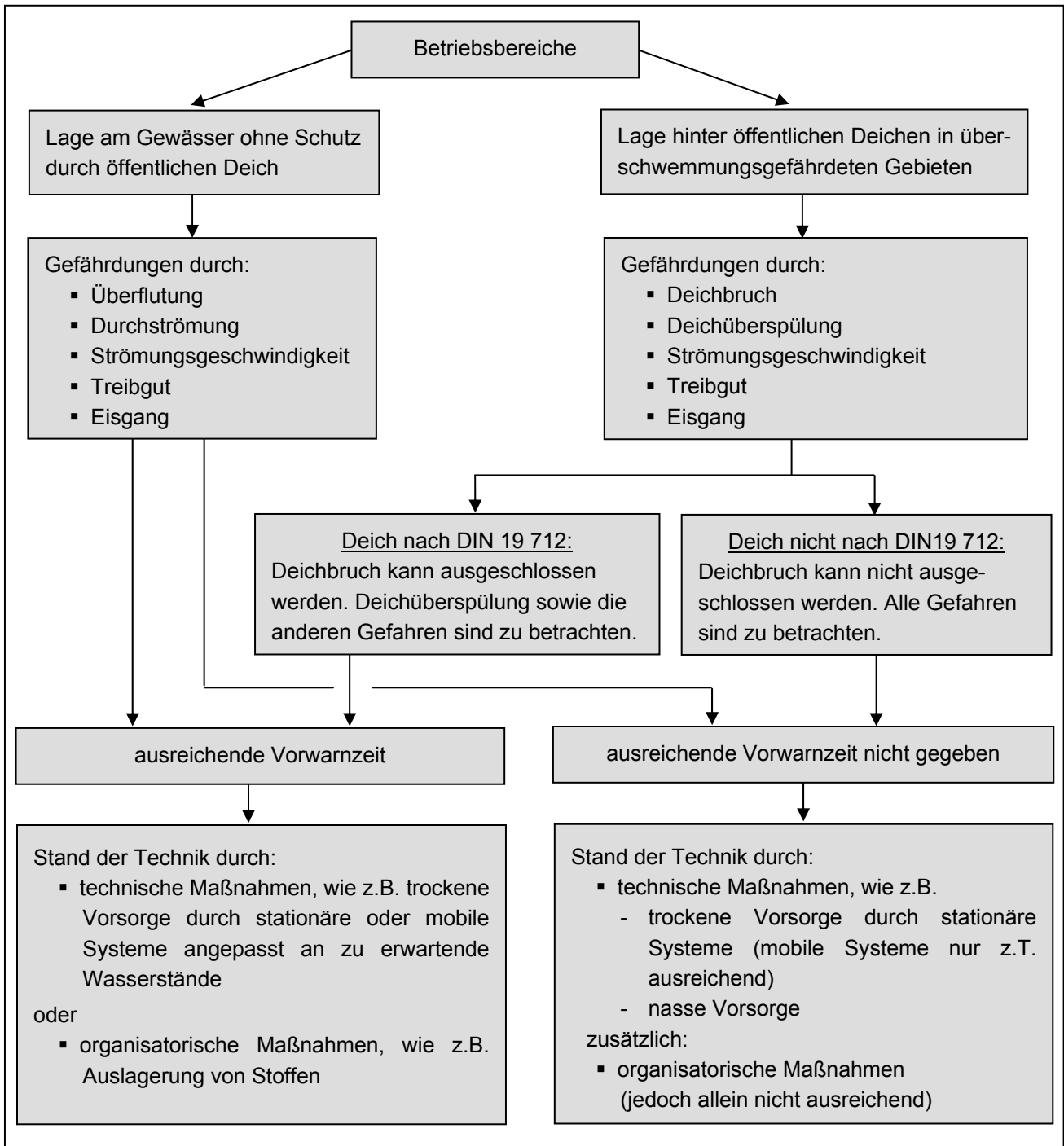


Abbildung 4: Fallunterscheidung zur Ableitung möglicher Anforderungen an Betriebsbereiche

Die in Abbildung 4 dargestellte Fallunterscheidung stellt, wie zuvor schon betont wurde, eine Verallgemeinerung dar, die auf plausiblen und nachvollziehbaren Unter-

scheidungsmerkmalen beruht. Der Gesetzgeber wäre auf dieser Grundlage in der Lage, risikoproportionale Anforderungen zu formulieren. Dennoch muss davon ausgegangen werden, dass es Einzelfälle gibt, die von dieser Fallunterscheidung abweichen. Dies ist jedoch individuell von den betroffenen Betreibern oder Sachverständigen zu untersuchen.

2.6 Anforderungen an Flüssiggasbehälter, die nicht in den Geltungsbereich der Störfall-Verordnung fallen

Die Anforderungen zur Lagerung von brennbaren Gasen sind in verschiedenen Regelwerken dargestellt. Ab 50 t Kapazität fallen die Anlagen in den Geltungsbereich der Störfall-Verordnung. Die Berichterstatter schlagen vor, in einer Verordnung die Anforderungen zum Hochwasserschutz an Flüssiggasbehälter analog den VAwS-Anlagen zu regeln. Die möglichen Anforderungen müssen bautechnische Maßnahmen für die Auftriebssicherheit sowie Schutzeinrichtungen vor Treibgut und Eisgang umfassen.

Analog zur Fallunterscheidung nach Abbildung 3 mit den entsprechenden Randbedingungen sollte auch für Flüssiggaslager folgende Differenzierung der möglichen Anforderungen vorgenommen werden:

Anlagen hinter nicht DIN-gerechten Deichen:

- Gefahren durch: Deichbruch
Deichüberspülung
Strömungsgeschwindigkeit
Treibgut
Eisgang
- Anforderungen: geeignete bautechnische Anforderungen
alternativ: stationäre Maßnahmen, wie z.B. Hochwasserschutzwand
nur z. T. ausreichend: mobile Schutzmaßnahmen

Anlagen hinter DIN-gerechten Deichen sowie Anlagen ohne Schutz durch öffentliche Deiche:

Gefahren durch: Deichüberspülung
Strömungsgeschwindigkeit
Treibgut
Eisgang

Anforderungen: geeignete bautechnische Anforderungen
alternativ: stationäre Maßnahmen, wie z.B. Hochwasserschutzwand sowie mobile Schutzmaßnahmen

Organisatorische Maßnahmen, wie z.B. das Auslagern, sind bei Flüssiggasbehältern allein schon aus sicherheitstechnischen Gründen nicht möglich. Daher sind organisatorische Maßnahmen bei Flüssiggastankanlagen auch keine Alternative zu den technischen Maßnahmen.

2.7 Erfassung von kleinen privaten Heizöltanks und Flüssiggasbehältern

Wie die Untersuchungen in den Modellregionen ergeben haben, ist die Erfassung von privaten Heizöltanks und Flüssiggasanlagen für die Vollzugsbehörden teilweise sehr schwierig. Private Heizöltanks unter 1.000 l unterliegen grundsätzlich keiner Anzeige- und Prüfpflicht und werden daher auch den Behörden nicht gemeldet. Anlagen in der Größe von 1.000 – 10.000 l unterliegen zwar einer Anzeigepflicht und Pflicht zu einmaligen Prüfung, werden aber den Behörden oftmals nicht gemeldet. Viele Heizölverbraucheranlagen sind zwar der zuständigen Baubehörde oder Stadt- bzw. Gemeindeverwaltung im Zuge von Baugenehmigungen gemeldet, die Wasserbehörden werden jedoch nicht darüber informiert.

Die Kenntnis von Heizöltanks wird besonders dann relevant, wenn sie in überschwemmungsgefährdeten Gebieten liegen, weil sie dann einer wiederkehrenden Prüfungspflicht unterliegen, die in der Regel alle 5 Jahre stattfinden sollte.

Problematisch ist auch die Lagerung von Flüssiggas in kleinen Mengen (< 5 m³ bzw. < 3 t), weil diese Anlagen keiner speziellen Genehmigungs- oder Anzeigepflicht unterliegen. Daher ist von keiner Behörde festzustellen, wie viele Flüssiggaslager tanks in welcher Größe wo aufgestellt sind. Lediglich Nordrhein-Westfalen bildet hier eine Ausnahme, da dort eine Anzeigepflicht besteht.

Die Berichtersteller empfehlen als Hilfe für den Vollzug die Umsetzung folgender Maßnahmen:

1. Meldepflicht von kleinen Heizöltanks und Flüssiggasanlagen für die Bauämter an die Wasserbehörden
2. Einführung einer Anzeigepflicht für Flüssiggasbehälter auch für kleine Anlagen

2.8 Fortschreibung der Regelwerke zum Hochwasserschutz

Eine intensive Sichtung der einschlägigen Regelwerke für Anlagen bzw. Betriebsbereiche nach der Störfall-Verordnung ergab, dass es nur sehr vereinzelte Hinweise oder Festlegungen bzgl. der Auslegung von Anlagen oder Anlagenkomponenten gegen Hochwasser gibt. Die vorhandenen Regelwerke und Verordnungen sind zur Gewährleistung eines adäquaten Hochwasserschutzes als Grundlage für die Planung und den Betrieb von Anlagen daher als unvollständig und unzureichend zu bewerten. Ein übergreifendes technisches Regelwerk zum Hochwasserschutz für Anlagen und Betriebsbereiche gibt es nicht. Aufgrund dieser Situation wird von den Berichterstellern empfohlen, ein gesondertes neues Regelwerk zum Hochwasserschutz für die Auslegung und zum Betrieb von sicherheits- und umweltrelevanten Komponenten in Betriebsbereichen gemäß der StörfallV, den Anlagen nach § 19g WHG sowie Anlagen zur Lagerung von Flüssiggas zu erstellen, welches auch übergreifend ganze Anlagenkomplexe erfassen sollte.

2.9 Sachstandsanalyse in den Modellregionen

Die Sachstandsanalyse in den einzelnen Modellregionen kann im Sinne einer grundsätzlichen Analyse wie folgt zusammengefasst werden:

1. Entscheidungsstrukturen

Die Entscheidungsstrukturen innerhalb der Chemieparks sind sehr unterschiedlich. In Leverkusen wurde für den gesamten Standort eine zentrale Leitstelle für den Katastrophenschutz eingerichtet. Für den Fall eines Hochwasserereignisses werden von der zentralen Leitstelle alle Informationen erfasst, ausgewertet und die notwendigen Entscheidungen getroffen. Es

existiert neben dem standortbezogenen Alarm- und Gefahrenabwehrplan ein separater Alarm- und Gefahrenabwehrplan nur für Hochwassergefahren, in welchem alle erforderlichen Informationen zur Bekämpfung von Hochwassergefahren dargelegt sind. Darüber hinaus stellen die Betreiber von Betriebsbereichen ihre eigenen Alarm- und Gefahrenabwehrpläne auf.

Andere Chemiestandorte, wie z.B. Bitterfeld, verfügen nicht über eine zentrale Leitstelle zur Koordination der Maßnahmen im Hochwasserfall. Der Chemiepark Bitterfeld ist von Anfang an als Summe einzelner Betriebe strukturiert worden, so dass eine übergeordnete Entscheidungsebene für den Gesamtstandort nie vorgesehen wurde. Aufgrund des Fehlens dieser Strukturen gibt es auch keinen standortbezogenen Alarm- und Gefahrenabwehrplan, auch nicht hinsichtlich der Bekämpfung von Hochwassergefahren.

In kleineren und mittleren Unternehmen liegen oftmals keine ausreichenden Alarm- und Gefahrenabwehrpläne bzgl. Hochwasser vor.

2. Handeln im Hochwasserfall

Wie die Analyse der Maßnahmen der Werksleitungen der untersuchten Betriebe gezeigt hat, ist bei keinem Unternehmen ein gravierender Fehler bzgl. der technischen und organisatorischen Maßnahmen während des Augusthochwassers 2002 erkennbar. Alle ergriffenen Maßnahmen können als vorausschauend und zielorientiert bewertet werden.

3. Informationsfluss und Planungen

Wie die Untersuchungen zeigten, wurden zahlreiche Maßnahmen zum Hochwasserschutz während des Hochwasserereignisses 2002 aufgrund eines unzureichenden Informationsaustausches zwischen Anlagenbetreibern und den Katastrophenschutzämtern nicht koordiniert, was zum Teil in Anbetracht des Ausmaßes dieser Naturkatastrophe noch verständlich erscheinen mag. Allerdings offenbart sich der unzureichende Informationsfluss und die zum Teil unterschiedlichen Interessenslagen von Anlagenbetreibern und Katastrophenschutzämtern auch in den derzeit durchgeführten Planungen zur Erneuerung öffentlicher Deiche. Das Fehlen einer Abstimmung der internen und externen Alarm- und Gefahrenabwehrpläne wurde als eines der Hauptdefizite im Rahmen der Untersuchungen erkannt.

4. Umsetzung der technischen Regelwerke

Im Rahmen der Beurteilung der Anlagen und Betriebsbereiche konnte festgestellt werden, dass von den Betreibern im Wesentlichen die einschlägigen Regelwerke umgesetzt wurden.

2.10 Stand der Technik zum Hochwasserschutz

Der Stand der Technik zum vorbeugenden Hochwasserschutz wird beschrieben durch

- die praktisch geeigneten Maßnahmen der trockenen Vorsorge sowie der nassen Vorsorge,
- die verfügbaren Maßnahmen, deren praktische Eignung gesichert erscheint,
- die technischen Möglichkeiten zur Nachrüstung sowie durch
- die organisatorischen Maßnahmen.

Stichwortartig umfassen die Maßnahmen zur trockenen Vorsorge im Einzelnen:

- Anheben des Geländeniveaus
- Eindeichung
- Errichtung von stationären oder mobilen Schutzsystemen
- Einbau von Kanalverschlüssen
- Errichtung von Speicherbehältern für Abwasser während des Hochwassers für abwasserrelevante Betriebsbereiche
- Sicherung der Energieversorgung
- Sicherung der Betriebsmittelversorgung für Betriebsbereiche
- Sicherung der Kommunikationswege für Betriebsbereiche

Die Maßnahmen zur nassen Vorsorge umfassen:

- Auftriebssicherheit von Behältern durch Verankerung in einer Bodenplatte bzw. Fundamenten oder durch ausreichende Überdeckung bei unterirdischen Anlagen

- Einsatz von zugelassen Tanks, welche dem äußeren Wasserdruck widerstehen
- Anordnung von Entlüftungen oberhalb der Wasserlinie
- Wasserdichte Ausführung von Anschlüssen, die unterhalb der Wasserlinie liegen
- Verzicht auf Untergeschossnutzung
- Sicherung der Energie- und Betriebsmittelversorgung
- Anordnung von gefährdeten Elektroeinrichtungen, wie z.B. Hauptschalter und Verteilungseinrichtungen, oberhalb der Wasserlinie
- Sicherung der Anlagen und Rohrleitungen vor Treibgut und Eisgang durch z.B. Leitbleche
- Hochlagerung von gefährlichen Stoffen auf Stahl- oder Betonkonstruktionen
- Einblocksysteme für Betriebsbereiche
- Einrichtung von geschützten Prozessleitsystemen zum sicheren Abfahren von Anlagen
- Sicherung der Kommunikationssysteme

Die Möglichkeiten der Nachrüstung zur Sicherheit bestehender Anlagen müssen grundsätzlich individuell geprüft werden, wobei den Maßnahmen zur trockenen Vorsorge immer der Vorzug gegeben werden sollte. Sind die Maßnahmen zur trockenen Vorsorge nicht einzurichten, sind die Möglichkeiten der nassen Vorsorge zu überprüfen. Die meisten der zuvor aufgezählten Maßnahmen der nassen Vorsorge sind auch als Nachrüstungsmaßnahme für Betriebsbereiche nach der Störfall-Verordnung, VAWS-Anlagen und Flüssiggasbehälter anwendbar.

Die organisatorischen Maßnahmen zum Hochwasserschutz umfassen aus Sicht der Betriebe oder der zuständigen Industrieparkgesellschaft folgende Aspekte:

- Informationsbeschaffung über:
 - mögliche Hochwasserstände,
 - Flusscharakteristiken und
 - behördliche Vorsorgemaßnahmen
- Erarbeitung eines Hochwasserschutzkonzeptes entsprechend den Möglichkeiten der trockenen und nassen Vorsorge
- Erarbeitung von internen Alarm- und Gefahrenabwehrplänen unter besonderer Berücksichtigung der Gefahren durch Hochwasser inkl. der Notfallplanung für

- Betriebsbereiche mit erweiterten Pflichten entsprechend der Störfall-Verordnung und Abstimmung der Planungen mit den Katastrophenschutzbehörden
- Koordination der internen und externen Alarm- und Gefahrenabwehrpläne mit den Katastrophenschutzbehörden
 - Erprobung der Alarm- und Gefahrenabwehrplanung mit den verantwortlichen Behörden
 - Im Ereignisfall:
 - Kommunikation mit den behördlichen Katastrophenschutzämtern
 - Bewertung eintreffender Informationen und
 - Veranlassung von Maßnahmen zum Hochwasserschutz
 - Organisation von Maßnahmen zur Verminderung der Umweltauswirkungen bei Schadstofffreisetzungen

Mit dem vorgelegtem Forschungsbericht werden auch die Möglichkeiten zur Verhinderung der Ausbreitung von Schadstoffen im Falle einer Leckage vorgestellt. Hierbei ist kritisch anzumerken, dass eine Rückhaltung von Schadstoffen im Hochwasserfall kaum möglich ist. Chancen bestehen allenfalls für die Rückhaltung aufschwimmender Stoffen, wie z.B. Heizöl, deren Ausbreitung unter bestimmten Umständen lokal durch Ölsperren verhindert werden kann.

Darüber hinaus werden auch zahlreiche Methoden zur Ausbreitungsrechnung von Schadstoffen auf dem Wasserpfad vorgestellt und kritisch diskutiert. Insgesamt ist in diesem Zusammenhang festzustellen, dass es derzeit keine Methode gibt, mit der die Ausbreitung von Schadstoffen, insbesondere von gelösten Verbindungen, auf dem Wasserpfad für den Hochwasserfall ausreichend genau ermittelt werden kann. Hierzu zählen auch die Alarmmodelle für den Rhein und für die Elbe, wobei es im Einzelnen qualitative Unterschiede gibt. Daher sind Forschungsanstrengungen erforderlich, um dieses Defizit zu beheben.

3 Schutz vor Sturm und Erdbeben

Der Stand der Technik zur bautechnischen Risikobestimmung und -eingrenzung ist heute in Deutschland hinsichtlich der Baunormen und der sonstigen Regelungsdichte sehr gut verfügbar. Dies schließt auch komplizierte computerbasierte Tragwerksanalysen ein. Dennoch ist die zuverlässige Ermittlung und Eingrenzung des Gesamtrisikos eines Betriebsbereiches gemäß der StörfallV dann kritisch zu hinterfragen, wenn bauliche und betriebliche Risiken gemeinsam negativ wirksam werden können. Durch die Berichtersteller konnten folgende Defizite im Rahmen von Genehmigungsverfahren festgestellt werden:

- Technische Sicherheitsdefizite:
 - Konzeptionelle Schwierigkeiten bei der Behandlung von Kombinationsrisiken, d.h. kombinierter baulicher und betrieblicher Risiken.
 - Höhere Auslegungsanforderungen nach der neuen DIN 1055-4 (Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 4: Windlasten; 2005) nördlich der Mittelgebirge, besonders relevant bei leichten Produktionsgerüsten.
 - Häufig unzutreffende Einschätzung der Sturmgefährdung durch Interferenzen infolge der Umgebungstopologie.
 - Unkenntnis der Schutzziele (Personenschutz) der DIN 4149; im Falle eines Erdbebens könnten nach der DIN 4149 erhebliche plastische Deformationen in Anlagenkomponenten auftreten und Emissionen in die Umwelt gelangen.
 - Derzeit unbekannte seismische Vulnerabilitäten für die meisten in deutschen Erdbebengebieten gelegenen Betriebsbereiche und Anlagen.
 - Nach Baurecht fehlende Regelungen betreffend Betriebsmaßnahmen nach einem Erdbeben.

- Sicherheitsdefizite im Rahmen des Verfahrens:
 - Baunormen unterschiedlichen Standes der Technik.
 - Bautechnische Sicherheitsdefizite bei der BImSchG-Mitgenehmigung von Bauwerken durch mangelnde Berücksichtigung der Baurechtsaspekte.
 - Systemische Sicherheitsdefizite durch verfahrensgemäße Koordinationsmängel, wie Nicht-Beachtung der baugesetzlichen Prüfberichte in den Prüfberichten nach BImSchG und den Sicherheitsberichten sowie deren Prüfberichte gemäß Störfall-Verordnung

- Mangelnde Kenntnis in den BImSchG-Prüfverfahren, insbesondere bei Betriebsbereichen nach der Störfall-Verordnung, von Schutzziele der Bau-normen.
- Wissenslücken zwischen Verfahreningenieuren bzw. Anlagenplanern und Bauingenieuren bei der Anlagenplanung und -prüfung.

Wegen der nicht ausreichenden Berücksichtigung der Gefahrenquellen Erdbeben und Sturm für eine optimale Gefahrenabwehr schlagen die Berichtersteller vor, eine Verpflichtung in die 9. BImSchV für die BImSchG-Behörden einzufügen, um die Zusammenarbeit mit der Baubehörde im Falle eines erhöhten bautechnischen Risikos, welches durch Erdbeben und Sturm verursacht wird, zu verbessern. Ziel ist es, die Prüf- und Abnahmeberichte der Bauaufsicht in die Prüfberichte und Sachverständigen-gutachten nach StörfallIV zu integrieren, um das Kombinations-Risikopotenzial eines Betriebsbereiches nach der StörfallIV korrekt bestimmen zu können.

Es wird weiter empfohlen in der 9. BImSchV eine Abstimmung zwischen allen ver-antwortlichen Behörden, den Betreibern von Betriebsbereichen und, falls erforderlich, externen Sachverständigen (§ 29a BImSchG und Prüfstatiker) verbindlich festzule-egen. Die Berichtersteller empfehlen darüber hinaus die Erarbeitung einer „Techni-schen Regel Anlagensicherheit in sturm- und erdbebengefährdeten Gebieten“ als ge-eignetes Mittel zur Sensibilisierung der beteiligten Parteien.

Als besonders problematisch bzgl. der Schutzziele sind die DIN 1055-4 und DIN 4149 zu bewerten. Beide Normen, wie auch die gesamten Regelungen zur baurecht-lichen Risikobegrenzung nach DIN 1055-100, sind primär für Bauwerke des Hoch-und Ingenieurbaus konzipiert. Zielgruppe sind private und öffentliche Bauten, aber keine Produktionsanlagen mit zusätzlichen Betriebsrisiken. Ihre primären Schutzziele sind dabei auf die Vermeidung von Verlusten an Menschenleben ausgerichtet. Diese Sicherheitsphilosophie ist für Betriebsbereiche, die der StörfallIV unterliegen, nicht anwendbar, da sie in keiner Weise einem modernen Streben nach Eingrenzung des Gesamtrisikos Rechnung trägt. Dies wird besonders augenscheinlich am Beispiel der DIN 4149. Sie gilt primär für Hoch- und Ingenieurbauten und soll für ein Beben mit 475-jähriger Wiederkehrperiode gerade den Personenschutz gewährleisten. Dies bedeutet, dass im seismischen Grenzfall eine betroffene bauliche Anlage weitgehend zerstört sein darf, wenn nur keine Menschenleben zu beklagen sind.

Ein derartiges Szenario ist für Betriebsbereiche nach der Störfall-Verordnung inak-zeptabel, da geringe seismische Komponentenschäden (Plastizierungen, lokale Brü-

che) zu großen sekundären Schäden mit negativen Störfallauswirkungen führen können. Auch die diesbezüglichen Regelungen der KTA 2201 (Kerntechnischer Ausschuss) wären hier schwierig anwendbar, da sie konservativ (strukturdynamische Gesamtnachweise der KT-Anlage) sind.

Die vorstehend angesprochenen Probleme der Begrenzung seismischer Beanspruchungen sind nur durch erheblichen anwendungsorientierten Forschungsaufwand im Konzept eines modernen „performance-based seismic engineering“ einer Klärung näher zu bringen. Forschungsbedarf liegt insbesondere in der seismischen Strukturdynamik der vielen Sonderkonstruktionen von Betriebsbereichen und Anlagen, deren seismische Vulnerabilität weitgehend unbekannt ist und deshalb nicht durch systematische Konstruktionsmaßnahmen gesenkt werden kann. In noch höherem Maße aber besteht Forschungsbedarf in der Bestimmung und systematischen Absenkung der seismischen Vulnerabilität (Anhebung der seismischen Robustheit) eines gesamten Betriebsbereiches bzw. einer Anlage, der/die durch interne Infrastrukturbauwerke vielfach vernetzt ist.

Bei einer Beurteilung der Bedeutung dieser Fragestellung für die Sicherheit von Betriebsbereichen und Anlagen wird oft übersehen, dass z.B. Köln einschließlich seines rheinnahen Gürtels mit chemischen Industrien eine deutsche Großstadt mit einer herausragenden seismischen Gefährdung darstellt.

4 Bergsenkungen

Bergbauinduzierte Bodenbewegungen sind im Gegensatz zu den Gefahrenquellen Hochwasser, Sturm und Erdbeben ein von Menschen induzierter, i.d.R. stetiger Prozess (Ausnahme: bergbauinduzierte Erdbeben). Die mit dem Abbau eines Flözes in größerer Tiefe verbundenen Auswirkungen auf die Oberfläche sind im Allgemeinen recht gut vorhersehbar. Mögliche Einwirkungen auf Bauwerke in Betriebsbereichen und Anlagen lassen sich realitätsnah erfassen und deren Auswirkung auf Strukturen mit verfügbaren computerbasierten Rechenmodellen hinreichend gut ermitteln. Daraus lassen sich entsprechende Vorkehrungen zur Gewährleistung der Standsicherheit und Gebrauchstauglichkeit ableiten. Darüber hinaus erlaubt die Langsamkeit des Prozesses bei entsprechender Überwachung (Monitoring) jederzeit angemessene Korrekturen des Sicherheitskonzeptes.

Im Gegensatz zu den Einwirkungen aus Sturm und Erdbeben fehlt für die Auslegung von Bauwerken zum Schutz gegen Einwirkungen infolge bergbauinduzierter Bodenbewegungen ein verbindliches technisches Regelwerk.

Nach der zurzeit gültigen Gesetzgebung steht der Umfang bergbausichernder Maßnahmen zur Verhütung von Gefahren allein in der Verantwortung des Bergbautreibenden. Die vom Fachnormenausschuss für Bauwesen erarbeiteten Richtlinien für die Ausführung von Bauten im Einflussbereich des untertägigen Bergbaus stellen lediglich Empfehlungen dar.

Durch den öffentlichen Rahmenbetriebsplan erhalten Betreiber von Betriebsbereichen und Anlagen von einem geplanten Abbau Kenntnis. Zu erwartende Bodenbewegungen werden von Bergbautreibenden ermittelt und von den zuständigen Bergbehörden unabhängig überprüft. Art und Umfang der Sicherung eines Betriebsbereichs gemäß StörfallV gegen bergbauliche Einwirkungen werden im gegenseitigen Einvernehmen allein vom Bergbautreibenden und dem Betreiber des Übertagebetriebes festgelegt.

Bei neu zu errichtenden Betriebsbereichen oder Anlagen hat der Bauherr aufgrund eines entsprechenden Verlangens des Bergbautreibenden den zu erwartenden bergbaulichen Einwirkungen auf die Oberfläche durch Anpassung von Lage, Stellung und Konstruktion Rechnung zu tragen (Anpassungspflicht).

In besonderen Fällen kann die Landesregierung NRW durch Rechtsverordnung Baubeschränkungsgebiete festsetzen, in denen die Errichtung, Erweiterung oder Nutzungsänderung von Betriebsbereichen oder Anlagen nur mit Zustimmung der Bergaufsicht erfolgen darf. Die Auslegung zur schadensfreien Aufnahme von Einwirkungen aus Bergsenkungen liegt einzig in der Verantwortung des Bauherrn eines Betriebsbereichs nach der StörfallV und des Bergbautreibenden. Nach der derzeit gültigen Rechtslage ist eine Kontrolle bzw. Überprüfung entsprechender Sicherheitsvorkehrungen und -systeme durch eine unabhängige staatliche Einrichtung (Behörde) nicht vorgesehen. Zur Verhütung von Gefahren für Leben, Gesundheit oder bedeutende Sachgüter kann die Bergbehörde gemäß § 125 BBergG lediglich Messungen anordnen, die zur Feststellung zu erwartender oder eingetretener Einwirkungen des Bergbaus auf die Oberfläche erforderlich sind. Darüber hinaus kann nach einem Urteil des Bundesverwaltungsgerichtes die Bergbehörde die Gewinnung von Bodenschätzen beschränken oder untersagen, wenn nur dadurch unverhältnismäßige Beeinträchtigungen des Oberflächeneigentums (Betriebsbereiche und Anlagen) zu vermeiden sind.

Die Berichterstatter empfehlen bauordnungsrechtlich die Standsicherheit und Gebrauchstauglichkeit baulicher Anlagen von Betriebsbereichen nach der StörfallV für den Fall bergbaulicher Einwirkungen durch eine unabhängige Instanz überprüfen und überwachen zu lassen. Ferner empfehlen die Berichterstatter in der 9. BlmSchV eine Abstimmung zwischen den Genehmigungsbehörden nach BlmSchG, den Bergbau-behörden, den Baubehörden, den Bergbaubetreibern, den Betreibern von Betriebsbereichen und den Sachverständigen (§ 29a BlmSchG und Prüfstatiker) verbindlich festzulegen. Des weiteren empfehlen die Berichterstatter eine detaillierte Kartographie der vorhandenen und zukünftigen untertägigen Bergbaugebiete einschließlich der prognostizierten Setzungslinien mit den übertage überlagerten Betriebsbereichen vorzunehmen, wie dies von den Verfassern dieses Berichtes bereits in einem ersten Verfahrensschritt für NRW erarbeitet wurde.

5 Alarm- und Gefahrenabwehrplanung, Katastrophenschutz

5.1 Informationspflichten

In der Störfall-Verordnung wird nur für diejenigen Betriebsbereiche, die unter die erweiterten Pflichten fallen, die Erstellung eines internen Alarm- und Gefahrenabwehrplanes (AGAP) gefordert. Die Forderung zur Erstellung eines solchen Planes ist für Betriebsbereiche, die unter die Grundpflichten fallen, nur nach Einzelfallanordnung durch die Behörden möglich. In der Regel liegt für diese Betriebsbereiche kein AGAP vor.

Andererseits ist der Betreiber verpflichtet, den Behörden ausreichende Informationen vorzulegen, damit diese einen externen Alarm- und Gefahrenabwehrplan erstellen können. Vor dem Hintergrund dieser Anforderung erscheint es sinnvoll und wird daher von den Berichterstattern empfohlen, die Pflicht zur Erstellung von betrieblichen Alarm- und Gefahrenabwehrplänen auch auf Betriebsbereiche auszuweiten, die nur den Grundpflichten unterliegen. Ausführungen zur Gefahrenquelle Hochwasser sollten nach Ansicht der Berichterstatter grundsätzlich dann vorgelegt werden, wenn der Betriebsbereich in einem Überschwemmungsgebiet oder überschwemmungsgefährdeten Gebiet liegt.

5.2 Überprüfung von Alarm- und Gefahrenabwehrplänen

Die Prüfung eines Alarm- und Gefahrenabwehrplanes ist in den Verordnungen und Gesetzen nicht klar geregelt. Im Genehmigungsverfahren nach BImSchG muss ein interner Alarm- und Gefahrenabwehrplan für Betriebsbereiche mit erweiterten Pflichten vorgelegt werden. Eine Prüfung dieser Unterlagen wird in aller Regel als Genehmigungsvoraussetzung nicht durchgeführt. Daher wird von den Berichterstattern empfohlen, eine Prüfpflicht für Alarm- und Gefahrenabwehrpläne durch Sachverständige im Rahmen des § 29a BImSchG festzulegen. Dies kann über Ergänzungen einschlägiger Verordnungen zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes erfolgen.

5.3 Vorhersage von Ereignissen

Die Alarmsysteme zur Hochwasservorhersage sind nach den Ereignissen im August 2002 erheblich verbessert worden. Der Informationsfluss via Internet kann als ausgezeichnet bewertet werden.

6 Vorschläge für Vollzugshilfen und für die Öffentlichkeitsarbeit

Im Rahmen dieses Forschungsprojektes wurden verschiedene Vorschläge für Vollzugshilfen und für die Öffentlichkeitsarbeit entwickelt. Diese sind als Anlagen dem Forschungsbericht beigefügt und umfassen folgende Themenbereiche:

- 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 und 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 in Bezug auf umgebungsbedingte Gefahrenquellen (Hochwasser, Erdbeben, Sturm und Bergsenkungen)
- 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 (betrieblichen) Alarm- und Gefahrenabwehrplan Hochwasser (AGAP HW)

Autoren:

Dipl.-Ing. Hanns-Jürgen Warm
Warm engineering
Mittlere Feldstr. 1 / Münchener Str.
83395 Freilassing

Dr. rer. nat. Karl-Erich Köppke
Ingenieurbüro Dr. Köppke
Elisabethstr. 31
32545 Bad Oeynhausen

**Environment Research Program
of the German Federal Ministry for the Environment,
Nature Conservation and Nuclear Safety**

**Protection of existing and planned establishments and
installations against hazardous environmental impacts,
especially flood**

- Summary-

Dipl.-Ing. Hanns-Jürgen Warm
Dr. rer. nat. Karl-Erich Köppke

Commissioned by
the German Federal Environment Agency
(Umweltbundesamt)

May 2007

Table of contents

1	INTRODUCTION	1
2	PROTECTION AGAINST FLOOD	2
2.1	Description of flood risks for installations and establishments	2
2.2	Proposal for an assessment basis to determine the flood-prone zone	4
2.3	Requirements for existing and new VAWS-installations in flood plains and flood-prone zones with a special view on the private sector	5
2.4	Design Basis for existing or new establishments according to Major Accidents Ordinance against flood	9
2.5	Risk proportional requirements to establishments	9
2.6	Requirements for liquefied gas vessels, which aren't subject to the Major Accidents Ordinance	12
2.7	Registration of small private fuel oil tanks and liquefied gas vessels	13
2.8	Revision of technical rules for consideration of flood protection	14
2.9	Surveys in the model regions	14
2.10	State-of-the-art of flood protection	16
3	PROTECTION AGAINST STORMS AND EARTHQUAKES	19
4	MINING SETTLEMENTS	21
5	ALARM AND EMERGENCY PLANNING, DISASTER CONTROL	23
5.1	Obligations for information transfer	23
5.2	Examination of alarm and emergency plans	23
5.3	Forecast of events	23
6	SUGGESTIONS FOR ENFORCEMENT ASSISTANCE AND PUBLIC RELATIONS	24

1 Introduction

After the flood disaster in 2002 at the Elbe river the German Federal Government set up a programme with the title „Steps to an improved flood protection“. In a research project of the German Federal Environment Agency “Protection of existing and planned establishments and installations against hazardous environmental impacts, especially flood” the flood protection has to be regarded for the following plants with hazardous substances:

- A Facilities for handling substances constituting a hazard to water according to § 19g German Federal Water Act (VAwS-installations)
- B Installations for the storage of liquefied gases in vessels
- C Establishments (plants), which fall under the scope of the 12th BImSchV (Major Accidents Ordinance, 12th Ordinance to the Federal Immission Control Act - BImSchG)

In this research project of the Federal Environment Agency the following main points have to be examined:

- regulations for a plant related protection
- flood protection of the installations and establishments in practice
- state-of-the-art of flood protection (technique and management)
- alarm and emergency planning, disaster control

Moreover, for establishments according to the 12th BImSchV the impacts of storm, earthquake and mining settlements have also to be studied. On the basis of this analysis numerous deficits have been recognized, recommendations are worked out and summarized in the following.

The research project has been carried out in cooperation with North Rhine-Westphalia, Saxony and Saxony-Anhalt. In these German federal states (Länder) several model regions had been chosen for a survey.

2 Protection against flood

2.1 Description of flood risks for installations and establishments

At the beginning it has to be pointed out, that primary in Germany everyone has to protect himself against flood (according to § 31a WHG). This principle includes the owner of installations and establishments. Nevertheless local administrations can build dykes and facilities to protect inhabitants against flood. **Figure 1** illustrates the typical situation of flood risks for installations and establishments, which exists in nearly all examined model regions.

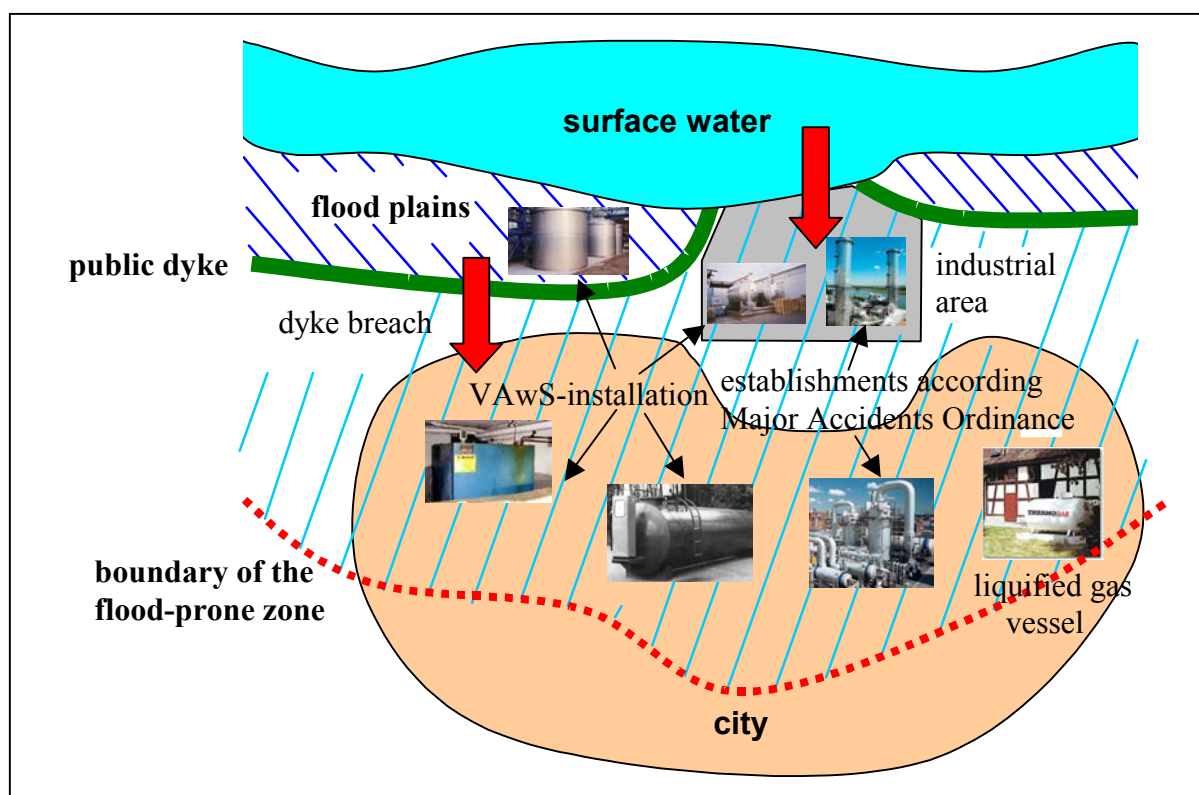


Figure 1: Situation to the flood protection in most of the investigated model regions

Flood plains (flood areas) as they are defined in the German Federal Water Act (WHG) are areas between surface waters and dykes or high banks. Dykes, which are dimensioned for a design flood with its resulting flood level, are designed for a certain protection aim. Protection aims base on the damage potential behind the dykes as well as on the local conditions along a river. They vary in practice for design floods

between HQ_{100} and HQ_{500} ¹. Special requirements for VAWS-installations in flood plains according to the VAWS of the Länder have to be regarded by the owner.

Flood-prone zones (flood-endangered areas) as defined in the German Federal Water Act (WHG) are inundated areas in the case of a flood higher than the design flood or in case of a dyke breach. The assessment basis has not been defined yet by the legislator for determining these flood-prone zones behind the dykes. Moreover, no specific requirements are fixed for VAWS-installations in flood-prone zones.

Figure 1 shows that the dyke line is interrupted at the boundaries of an industrial area. According to the Major Accidents Ordinance all relevant establishments have to be protected against flood by the operator by means of suitable technical and/or management measures. It does not exist however a defined protection aim according to the design for public dykes.

The following basic questions arise from figure 1 which is derived from the survey in the model regions:

1. On which assessment basis shall the flood-prone zone be determined in the water law?
2. Which requirements result for existing and new VAWS-installations with a special view on the private sector?
3. On which design basis do operators have to take up measures to protect their existing or new establishment (plants) which are subject to the 12th BImSchV?
4. Which risk proportional requirements result for the establishments?
5. Which requirements must be established for liquefied gas storages which are not subject to the Major Accidents Ordinance?

For a better understanding of the complete difficulties it must be pointed out that VAWS-installations are subject to the installations related water legislation and establishments to the Major Accidents Ordinance. Furthermore, it has to be taken into account that VAWS-installations and commercial liquefied gas storages can be also part of establishments (plants).

¹ HQ = Maximal stream flow; HQ_{100} = Maximal stream flow expected to occur one time in 100 years; HQ_{500} = Maximal stream flow expected to occur one time in 500 years.
It is calculated on the basis of historical floods, hydrological and economic factors.

2.2 Proposal for an assessment basis to determine the flood-prone zone

Flood-prone zones are areas behind dykes and could be inundated in the case of a dyke breach or if a flood is higher than the dyke, normally designed for HQ_{100} , in special cases up to HQ_{500} . The specifications of the design flood to determine flood-prone zones are still in discussion. Generally two alternatives are possible:

1. Definition of a national target value for a design flood, e.g. HQ_{200} or HQ_{300} .
Such a general approach does not take into account that the damage extent is very different in the case of a dyke failure at different rivers and different river sections. Due to these facts the definition of a national target value for a design flood does not take into account the local conditions.
2. Flexible adoption to the local conditions
As the protection aims for dyke design vary in practice between HQ_{100} and HQ_{500} (e.g. in some areas along the Rhine) the authors recommend to choose a design flood in this range adapted however to the local conditions and risk potentials.

Besides the specifications of the design flood the method to determine the flood-prone zones is also relevant. Two alternatives have to be considered (**figure 2**):

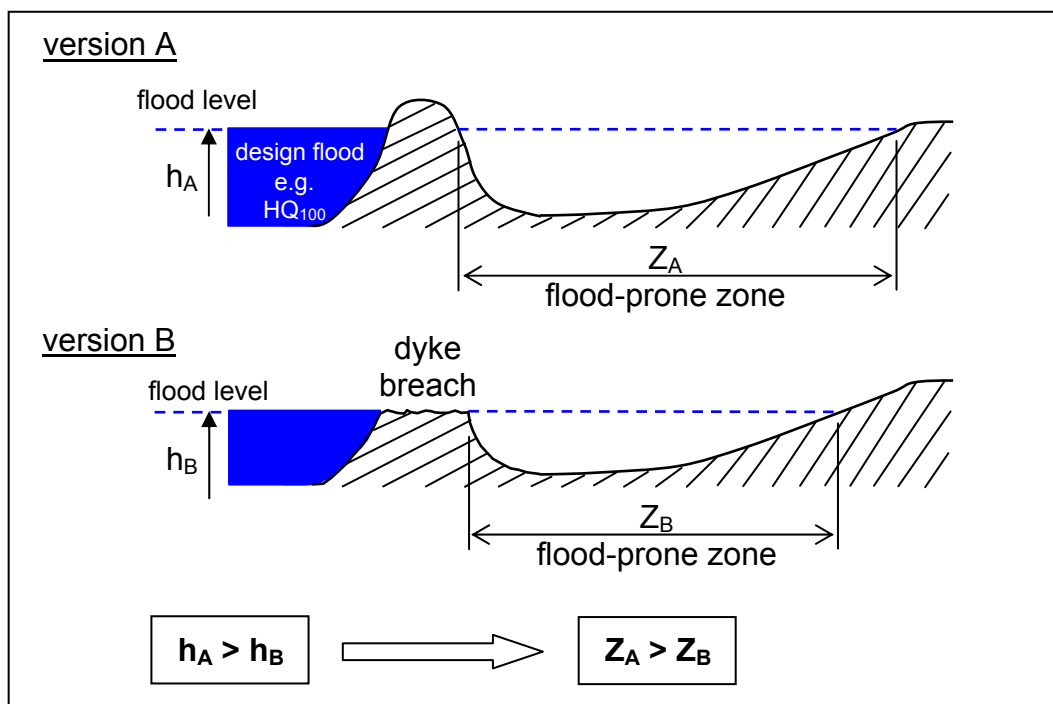


Figure 2: Alternatives to determine the flood-prone zones²

² Version A: The difference between the level of the design flood and the dyke top is for the consideration of wind and waves.

Version A) The easiest alternative arises from the determination of the design flood in m^3/sec associated with the local river morphology. Both factors determine the local flood level. The flood-prone zone results from the horizontal projection of this level onto the area behind the dyke. This method is relatively simple and close to the reality, if a dyke breach has only little effect on the flood level. A clear overestimation is only given, if the effluent caused by dyke breach lowers the flood level. Exactly this case is taken into consideration in version B.

Version B) This method considers the actual effect of a dyke breach on the water level in the regarded river section. As the maximum level is lower than in the first method the flood-prone zone is smaller. However, this version takes much more effort, since it requires a modelling of a dyke breach for the respective river section.

If an upper limit of flood-prone zones for the specifications in accordance to WHG shall be determined, the version A should be preferred, because it is a simple and conservative method. If it is necessary in special cases the water authorities (and if necessary the operators) can determine the flood-prone zone by version B (individual case proof).

2.3 Requirements for existing and new VAWS-installations in flood plains and flood-prone zones with a special view on the private sector

The requirements for VAWS-installations are regulated in the Ordinance on Facilities for Handling Substances Hazardous to Water and on Specialist Firms (VAWS) of the German states (Länder). Due to the reform of the constitution in 2006 the German Federal Government is able to adopt a national ordinance on VAWS-installations. But as it does not exist a national ordinance yet (2007), the ordinances of the German states (Länder) are still in force.

For a better flood protection these ordinances have to be amended in the following points:

1. Consideration of the recommendations of the International Commissions for the Protection of the Elbe and the Rhine

The recommendations of the International Commissions for the Protection of the Elbe (IKSE) and the Rhine (IKSR) on flood protection of installations have to be considered in the ordinances. This includes technical requirements as well as management advices during the flood, e.g. the evacuation of open tanks.

2. Refitting of existing private fuel oil installations

As most of the Länder reduce the staff of their authorities the refitting of existing private fuel oil installations can only be organized by the operator himself. Therefore the authors recommend a regulation that experts have to examine the enforcement of new legal requirements in the context of recurring inspections.

3. Prohibition of new fuel oil tanks in flood-prone zones, if necessary.
4. Requirements for VAWS-installations in flood-prone zones must be regulated in the ordinances. These requirements have to be proportional to the different risk potentials in front of a dyke and behind it.

Risk proportionality can be considered by the following two steps:

1. Distinction of the dyke quality

In the German Federal Water Act the cause for flood-prone areas is the failure of a dyke, either by a breach or by a dyke overflow. In Germany we have to distinguish dykes according to DIN 19 712 (German standard on river dykes) from dykes, especially old dykes, which do not comply with DIN 19 712. As the experiences in recent years show, the risk of a dyke breach is significant higher for old dykes in comparison with new dykes complying with DIN 19 712. Due to these facts there is no need for technical or management requirements in the ordinances for VAWS-installations behind such new dykes.

In opposite to new dykes the residual risk of dykes, which do not comply with DIN 19 712, cannot be accepted. Moreover, neither the time nor the location of a dyke breach can be predicted. So if a dyke breach happens it can be presumed that in most cases there is no sufficient time for emergency management measures. Therefore, the operators of VAWS-installations have to implement suitable technical measures to secure the installations against flood. In consequence the requirements for plants in flood plains have to be extended to VAWS-installations in flood-prone zones.

In principle, it has to be critically noticed that requirements depending on the quality of public dykes for private and commercial installations as well as establishments could cause a considerable conflict potential, because the operators will always refer to the necessity of a dyke quality according to DIN 19 712. Due to this possible conflict the legislators should analyze once again, whether the scenario “breach in the dyke“ is suitable for the determination of flood-prone zones as well as for the derivation of possible requirements on VAWS-installations.

2. Risk potential for VAWS-Installations in case of a dyke overflow

In case of a dyke overflow the risk potential for VAWS-installations only depends on the level of the dyke and no more on the dyke quality. The higher the design flood level is the lower is the hazard for the flood-prone zones. This simple and pragmatic approach formed the basis for the VAWS Ordinance of Baden-Wuerttemberg (BW) of Nov. 2005 for installations in flood-prone zones. At first the ordinance demands the state-of-the-art of technology for VAWS-installations in flood-prone zones. With the help of risk potential classes, the VAWS then selects those installations, which have to be protected against flood. These classes depend on hazardous properties and the quantity of substances in the installation.

Because the dyke level bases on a design flood the Ordinance of Baden-Wuerttemberg combines the different design floods with risk potential classes of the installations. With increasing design floods, this means with an increasing dyke level, the risk of an overflow decreases and the requirements for VAWS-installations are focused on those installations with higher risk potential classes. **Figure 3** illustrates the context between design flood and requirements on installations with different risk potential classes. The risk proportion-

ality arises from the risk potential classes of the installations and not from a graded technology standard.

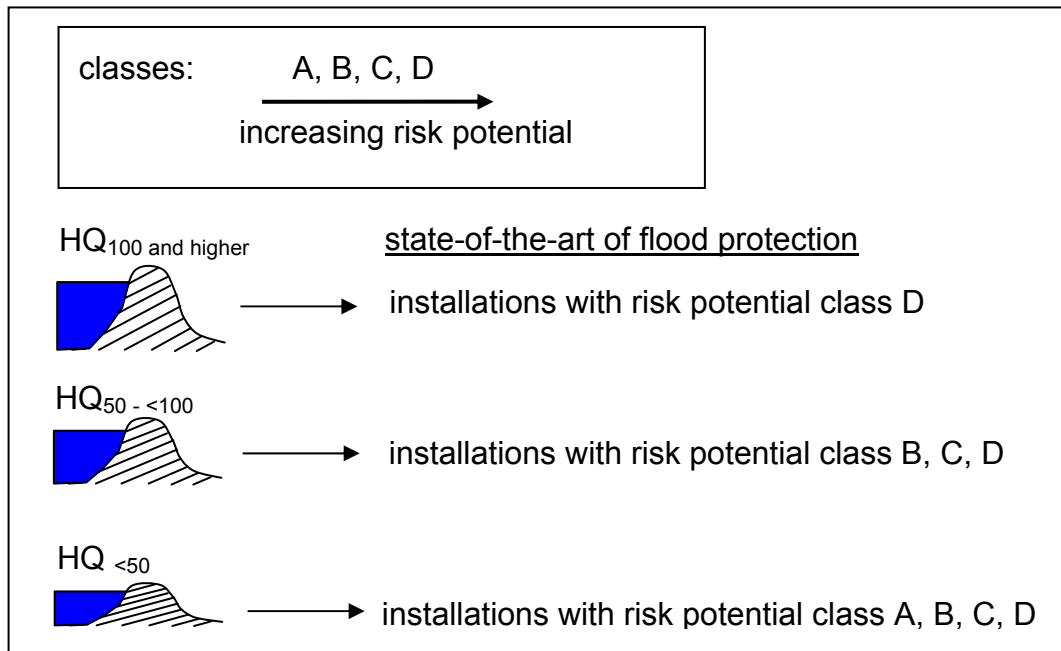


Figure 3: Context between design flood and requirements on installations with different risk potential classes according to the VAWs Ordinance in Baden-Württemberg

The operator can implement the requirements by suitable technical or management measures. All management measures presuppose a sufficient warning time. Principally, this may be the case in plane regions, but less in case of river catchments areas with a greater slope. Particularly after the experiences of the flood 2002 at the Elbe river and her tributaries the warning systems for the population were substantially improved. Especially by more precise weather forecast including thunderstorm warnings longer warning times could be reached in Germany. Therefore, management measures could be acceptable, if they are equivalent to technical measures. In the case of a dyke overflow the VAWs Ordinance of Baden-Wuerttemberg offers a practicable approach for national requirements on VAWs-installations in flood-prone zones.

2.4 Design Basis for existing or new establishments according to Major Accidents Ordinance against flood

In the Major Accidents Ordinance the consideration of environment-induced sources of hazards, like flood or earthquake, by operators is generally required, but without giving further detailed requirements.

Moreover, the Major Accidents Ordinance does not have any direct reference to the flood-prone zones defined in the Federal Water Act. Nevertheless the operators of establishments will be committed more strongly than before to evaluate the flood risk to their establishments, especially in flood-prone zones. For a clear regulation the authors suggest referring explicitly to the flood-prone zones in the Major Accidents Ordinance. This would make clear that for establishments, which are located in these endangered areas, the risk of a flood has to be evaluated, in principle. New requirements should include measures against floating material and ice as well.

As shown in figure 1 establishments closed to surface water are often not protected against flood by public dykes. The operators have to secure their establishments by own measures. But until now no design basis or protection aim - similar to design public dykes - has been determined in the Major Accidents Ordinance yet. Therefore the authors suggest to determine a design basis for establishments derived from the protection aim for public dykes upstream and downstream the individual establishments.

2.5 Risk proportional requirements to establishments

According to the discussion about risk proportional requirements similar to VAWS-installations it had to be checked, whether graded requirements should be introduced for establishments in flood-prone zones. In the German Water Act a dyke failure is mentioned as a possible hazard, but not explicitly in the Major Accidents Ordinance. This means that for the derivation of suitable measures, at first a risk analysis should be made, e.g. using probabilistic methods.

For a probabilistic analysis the following two hazards have to be regarded:

- the hazards to a dyke
- the hazard for establishments in case of a dyke failure

A probabilistic method was developed in the Netherlands to assess the probability of failures of flood protection facilities. The probabilistic method combines human failures like not closing a sluice gate with structural failures of flood protection facilities. Experts regard this as a special advantage of this method. But it has to be mentioned that the use of probabilistic methods requires a very high effort. In order to limit this effort such a risk analysis may be applied only to selected dyke sections. But an equivalent risk analysis regarding the above mentioned hazards by probabilistic methods was not made in Germany according to the knowledge of the authors up to now. Therefore, the operators of establishments, which are subject to the Major Accidents Ordinance, have no basis for the assessment of the hazards to a dyke.

For this reason it seems more practical, similar to the discussion about VAWS-installations, to make case distinctions for establishments. The following case distinctions can be made:

- position of establishments behind a public dyke **or** closed to surface water without any protection facilities (figure 1)
- dykes complying with DIN 19712 **or** not

Another distinction can be made according to warning times. For old dykes whose stability can be insufficient, as shown in many cases in the year 2002, a sufficient warning time can not be assumed due to possible rapid dyke failures. In opposition to a dyke breach the hazard of a dyke overflow can be predicted with the help of new warning systems, which have been established in the recent years. So a warning time of several hours or days is usually given for acute risks of dyke overflows.

With these distinctions suitable measures can be derived to secure establishments against flood depending on the individual risk potential. The described case distinction is graphically shown in **figure 4**.

Due to the potential risk of a dyke overflow, all establishments in flood-prone zones have to be considered. Operators of establishments located behind dykes complying with DIN 19 712 have normally enough time to secure their establishments in case of a flood. The state-of-the-art of safety technology can be achieved by technical as well as by management measures. It must be checked in each individual case, which measures are most favourable for the respective establishment. In opinion of the authors all measures have to be defined in an alarm and emergency plan also including those establishments, which are subject only to the “basic obligations” according to

the Major Accidents Ordinance (i.e. “lower tier” establishments according to the EU Seveso-Directive).

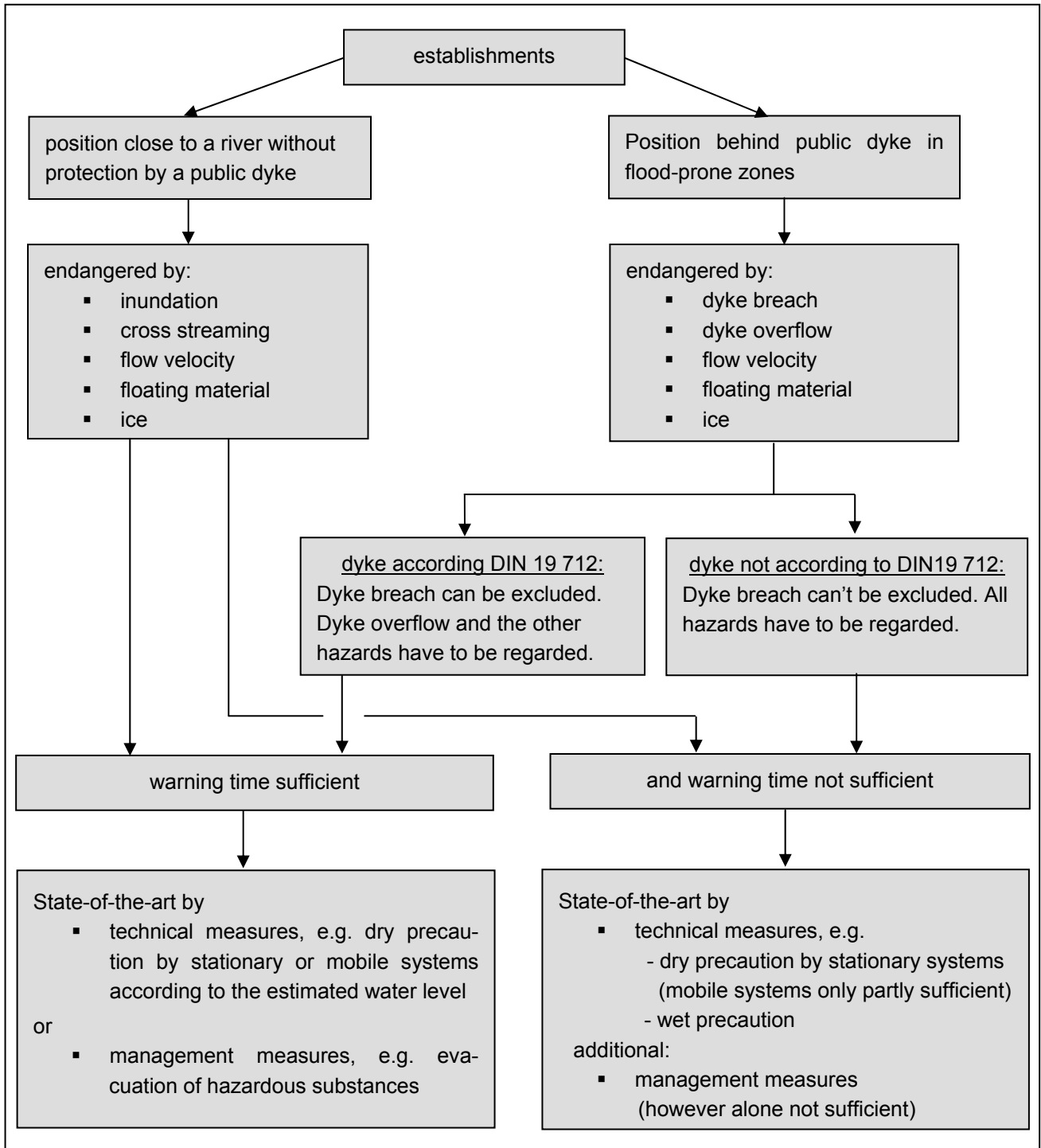


Figure 4: Case distinction for the derivation of possible requirements on establishments

Moreover, the hazard of a dyke breach has to be considered for those establishments located in a flood-prone zone behind dykes, which do not comply with DIN 19712. As for these cases the warning time is not sufficient, a protection of the establishments is required by stationary measures. "Wet precautions"³, which are hardly used in practice, are principally also conceivable. Mobile protection systems and management measures can additionally be used.

The case distinction as shown in figure 4 represents a generalization, which is based on plausible and comprehensible distinctive marks. With such a case distinction the legislator is able to formulate risk proportional requirements. Nevertheless it must be assumed that there are individual cases, which differ from this case distinction. Divergent cases have to be individually evaluated by the operator or by an expert.

2.6 Requirements for liquefied gas vessels, which aren't subject to the Major Accidents Ordinance

The requirements for the storage of liquefied gas are given in different rules, e.g. the pressure vessel rules. Additionally storage vessels with 50 t or more capacity are subject of regulations of the Major Accidents Ordinance. None of these codes includes special rules for installations in flood prone zones. Therefore the authors suggest a special ordinance to regulate all requirements on flood protection for liquefied gas vessels in flood-prone zones corresponding to the rules in the ordinances for VAWS-installations. The requirements must include structural measures for the buoyancy safety as well as safety facilities for material and ice drift.

The following distinction of the possible requirements should analogously be carried out for the case distinction according figure 4 with the corresponding boundary conditions also for liquefied gas storages:

Installations behind dykes, which do not comply with DIN 19 712:

Hazards: dyke breach
 dyke overflow
 flow velocity
 drifting material
 ice drift

³ For the terms „wet precaution“ and „dry precaution“ see 2.10.

Requirements: suitable structural requirements
alternative: stationary measures, such as flood protection wall
mobile protective measures only partly sufficient

Installations behind dykes, which comply with DIN 19 712 as well as installations without protection by public dykes:

Hazards: Dyke overflow
flow velocity
drifting material
ice drift

Requirements: suitable structural requirements
alternative: stationary measures, e.g. a wall, and mobile protective measures

Management measures, such as evacuation, are not possible for liquefied gas vessels due to safety reasons. Therefore they are no alternatives to technical safety measures for liquefied gas storage installations.

2.7 Registration of small private fuel oil tanks and liquefied gas vessels

As the surveys in the model regions have shown, the registration of private fuel oil tanks and liquefied gas installations is partly very difficult for the authorities. Private fuel oil tanks with less than 1,000 l are principally no subject to any inspection obligation and therefore are not notified to the authorities either. Installations with a size of 1,000 - 10,000 l are subject to a single inspection. They are however in many cases not notified to the authorities, too. Although many heating oil installations are notified in the frame of permissions under building law to the responsible municipal administration, the water authorities are not informed about their existence.

The knowledge of authorities on private fuel oil tanks gets relevant, if the installations are located in flood-prone zones. In this case the installations have to be inspected every 5 years. The storage of small quantities (< 5 m³ or < 3 t) of liquefied gas is also problematic, because these installations are no subject to any approval duty. With the

exception of North Rhine-Westphalia a duty of notification does not exist. Therefore the authorities do not know the location of most small liquefied gas vessels.

The authors recommend the following measures as assistance for the authorities:

1. Obligatory information transfer about the locations of heating oil tanks and small liquefied gas vessels from the building departments to the water authorities
2. Introduction of a notification duty for liquefied gas vessels including small vessels

2.8 Revision of technical rules for consideration of flood protection

An intensive examination of the technical rules for installations or establishments showed that concerning the design of installations against flood only few remarks or specifications exist. In order to ensure a high standard of flood protection the present rules have to be judged as incomplete and insufficient for the design of installations and establishments. Therefore, no recommendations for a revision of the existing rules can be derived. Due to this situation the authors propose to work out a technical code for flood protection. This includes technical requirements for design and operation. The rules should be applied on establishments according to the Major Accidents Ordinance, installations according §19g Federal Water Act and storage installations for liquefied gas.

2.9 Surveys in the model regions

The results of the surveys in the model regions can be summarized and generalized as follows:

1. Decision structures

The decision structures within the chemistry parks in Germany are very different. In Leverkusen there is a central decision level, which is responsible for the whole industry park. In case of a flood this central staff collects and evaluates all information and decides about necessary precaution measures. It exists a special alarm and emergency plan for the whole industry park, in

which all required measures for flood protection are elaborated. Furthermore the operators of establishments dispose of their own individual alarm and emergency plan.

In other industry parks, like in Bitterfeld, no central staff exists to coordinate the measures for flood protection. From the beginning the chemistry location Bitterfeld has been arranged for independent enterprises, without a central decision level for the complete location. Due to the lack of this structure there is no alarm and emergency plan for the whole site.

In smaller and medium enterprises a sufficient alarm and emergency plan for flood protection often does not exist.

2. Acting during flood

As the analysis of the management measures in the examined enterprises shows, a significant fault in technical and management measures in the enterprises during the flood in August 2002 could not be recognized. All executed measures can be judged as foresighted and aim oriented.

3. Information transfer and planning

As the surveys show numerous measures for flood protection were not coordinated between the local authorities and the management of the enterprises during the flood in 2002. The reason was an insufficient information transfer on the implemented measures. Due to the extent of the flood disaster some actions still seem understandable. Considering the present plannings for renewing public dykes the insufficient information transfer and the partly different interests between authorities and operators are still obvious.

Moreover, the lack of coordination between internal and external alarm and emergency plans has been recognized as one of the main deficits.

4. Enforcement of the technical rules

The surveys in the frame of this research project show that most of the operators have implemented the technical rules.

2.10 State-of-the-art of flood protection

The state-of-the-art of flood protection is described by

- suitable measures for “dry precautions” as well as “wet precautions”,
- available measures which are deemed to indicate the practical suitability
- technical possibilities for the refitting and
- management measures.

The measures for the “dry precaution” can be summarized as follows:

- raising of the area level
- construction of dykes around the area
- construction of stationary or mobile protection systems
- installation of channel closures
- tanks for sewage storage during a flood event
- safeguarding of the energy supply
- safeguarding of the utility supply for establishments
- safeguarding of the communication channels for the establishments

The measures for the “wet precaution” can be summarized as follows:

- buoyancy safety of tanks by fixing of the tanks on a floor plate or by a sufficient covering depth for underground installations
- application of certified tanks which resist the outer water pressure
- location of ventilations above the waterline
- waterproof type of connections, which are below the waterline
- no basement using
- safeguarding of energy and utility supplies
- location of endangered electric facilities, such as main distribution facilities above the waterline
- safeguarding of the installations and pipes against floating material and ice drift by baffles

- high storage of dangerous substances on steel or concrete constructions
- block down systems for establishments
- protected process control systems for a safe shut-down of installations and establishments
- safeguarding of the communication systems

In principle, all refitting possibilities to save existing installations must be checked individually. Normally the measures for the dry precaution are preferred. If the measures for dry precautions can not be executed, the possibilities of wet precaution have to be checked. Most of the measures of wet precaution are also applicable as refitting measure for establishments according to the Major Accident Ordinance, VAWS-installations and liquefied gas vessels.

The management measures for flood protection enclose the following aspects from the view of the enterprises or the responsible industrial park company:

- collecting information about:
 - possible water levels at the location,
 - river characteristics
 - public precaution measures
- elaboration of a flood protection concept according to the possibilities of the dry and wet precaution
- elaboration of internal alarm and emergency plans under special consideration of flood, incl. emergency planning for establishments with “extended obligations” according to the Major Accidents Ordinance (“upper tier” establishments according to the EU Seveso-Directive) and coordination with the precaution measures of the disaster control authorities
- coordination of internal und external alarm and emergency plans with the responsible authorities
- testing of the alarm and emergency plan with the responsible authorities
- in the case of a flood:
 - communication with the disaster control authorities,
 - assessment of information and
 - implementation of measures for flood protection
- in the case of a spill organization of measures to reduce the release of hazardous substances in the environment

In the presented research report the possibilities for the prevention of a spill into the environment in the case of a leakage are also described. It has to be stated that a hold-back of pollutants is hardly possible during a flood. Chances for a hold-back exist only for floating substances, like oil, whose emission can locally be prevented by oil barriers under certain circumstances.

Furthermore, numerous methods for the calculation of the spill of pollutants via the water path are introduced and critically discussed. It has to be noticed that there is no method, especially for solved substances, to estimate the spill extension during a flood. The existing alarm models for Rhine and Elbe are developed for normal water levels and not extreme floods. Therefore further research efforts are required to clear this deficit.

3 Protection against storms and earthquakes

Today the state-of-the-art in civil engineering for risk determination and delimitation of these hazards is very well described regarding the construction standards and the degree of regulation in Germany. This includes also complicated computer based static analysis. Nevertheless, the reliable determination and delimitation of the complete risk of an establishment must be analysed, especially, if construction risks and operational risks due to the presence of hazardous substances occur at the same time and have a negative combination effect.

The authors determined the following deficits:

- Technical safety deficits:
 - conceptional difficulties in the evaluation of combined risks, e.g. construction risk in combination with operational risks due to the presence of hazardous substances.
 - increased design requirements according to the new DIN 1055-4 (impact on constructions part 4: wind) for the northern parts of Germany, particularly relevant for light production constructions.
 - frequently inappropriate assessment of storm hazard caused by interferences resulting from the surroundings topology.
 - ignorance of the protection aim of DIN 4149 (Constructions in German earthquake prone areas) (i.e. personal security); in the case of an earthquake considerable plastic deformations can be tolerated according to DIN 4149, which, however, could cause releases in the environment at installations.
 - unknown seismic vulnerability for most establishments and installations located in German earthquake prone areas.
 - missing regulation of emergency management measures after an earthquake in German building laws.

- Safety deficits in the licensing procedures:
 - construction standards with different state-of-the-art.
 - construction safety deficits caused by the issue of environmental permits according to the BImSchG including the building licence (co-permissions) (insufficient considering the German building regulations).
 - systemic safety deficits in the licensing procedure according to BImSchG like missing consideration of the official expertises on construction safety in the official expertises on installation safety as well as the safety reports according to the Major Accidents Ordinance.
 - insufficient knowledge about protection aims and construction standards in the frame of BImSchG permissions, especially relevant for establishments according to the Major Accidents Ordinance.
 - insufficient information exchange between process engineers and civil engineers during the planning and examination process for installations and establishments.

As earthquakes and storm are not sufficiently considered for an optimal hazard defence, the authors recommend completing the 9th BImSchV (ordinance on the licensing procedure according to the BImSchG) with an obligation for the BImSchG authority for a close cooperation with the building authority in case of increased construction risks caused by earthquakes or storm. The examination and approval reports of the building supervision have to be integrated into official expertises and inspection reports according to 12th BImSchV in order to determine the combined risk of an establishment correctly.

It is further recommended to determine a coordination between all responsible authorities, the operators of the establishments and if necessary external experts (according to § 29a BImSchG on installation safety). Furthermore the authors recommend the elaboration of a rule “technical rules for installation safety in storm and earthquake prone areas“ as a suitable method to sensitize the involved parties.

Concerning the protection aims DIN 1055-4 and DIN 4149 are particularly problematic. Both standards like all building regulations according to DIN 1055-100 are elaborated to minimize the construction risks for private and public buildings. Their primary protection aim is to avoid losses of human life. The protection of material and installations is regarded as secondary in the building laws and the DIN's. This safety philosophy is not acceptable for establishments, because it is not compatible with a

modern view on risk limitation. This becomes particularly obvious in DIN 4149. This DIN shall ensure the personal security for an earthquake with a 475-year return period. But as long as no human life is endangered, the building (i.e. the installation) is allowed to be destroyed totally.

Such a scenario is unacceptable for establishments according to the Major Accidents Ordinance as small damages (plastifications) can cause a great secondary damage (release). The application of the regulations of KTA 2201 (nuclear committee), which regard this case, would be difficult, because of its conservative assessments (structure dynamic proofs of the nuclear installation).

The problems of the delimitation of seismic stress can only be solved by considerable application-oriented research efforts in the concept of a modern “performance-based seismic engineering“. Research needs are indicated in the seismic structure dynamics of many special constructions of establishments and installations. Because their seismic vulnerability is largely unknown, it can not be lowered by systematic construction measures. However, research needs consist in an even higher extent in the determination and systematic lowering of the seismic vulnerability of a complete establishment or installation, which is often, integrated into a network of internal infrastructure facilities.

The significance of this context for the safety of establishments and installations is obvious at Cologne and its surroundings in the Rhine area with its high density of chemical industries and outstanding seismic danger.

4 Mining settlements

In opposition to flood, storm and earthquake mining induced ground movements are a continuous process caused by human activities (with the exception of mining induced earthquakes). The consequences of mining to the surface area are in principle well foreseeable. Possible influences on buildings can realistically be determined and the effect on structures can be calculated by means of computer based models. With this knowledge measures can be derived to ensure the stability of the buildings. Furthermore, the slowness of the settlement process in connection with a monitoring permits adequate corrections of the security concept. Unlike the influences caused by storm and earthquakes an obligatory technical set of rules is missing for the design of buildings against mining induced ground movements.

According to present legislation the mining company is responsible for the execution of suitable measures to prevent hazard caused by mining. The guidelines worked out by the standardisation committee for building and construction represent only recommendations for the buildings in the area of underground mining.

By the so called “public frame operation plan” for mining operators of establishments and installations will be informed about a planned mining. Expected ground movements are investigated by the mining company and checked independently by the responsible mining authorities. Type and extent of the protection measures against mining induced influences are determined by mutual agreement between the mining company and the company on the surface.

Due to the specific requirements of the mining company the investor of new establishments or installations has to adapt his plant to the mining induced influences (adjusting duty).

In special cases the government in North Rhine-Westphalia can determine building restriction areas, in which the construction, expansion or modified use of the plant may be carried out only with the agreement of the mining authorities. The design for a damage free construction against influences from mining settlements is in the responsibility of the plant owner and the mining company. According to the present legal situation a control or check of the safety precautions is not provided by the authorities. The mining authority can only require measuring of ground movement according to § 125 BBergG (Federal Mining Law) to observe the influences of mining. Furthermore, if unacceptable damages of the property (establishments or installations) on the surface area have to be expected, the mining authority can restrict or forbid the extraction of mineral resources according to a judgement of the Federal Administrative Court.

The authors recommend a supervision of establishments and installations in the mining areas by an independent authority. Furthermore the authors recommend carrying out a detailed topographic mapping of the present and future mining areas including the forecast settlement lines and all establishments on the surface area. An example has been worked out by the authors of this report.

5 Alarm and emergency planning, disaster control

5.1 Obligations for information transfer

In the Major Accidents Ordinance the demand to set up an internal alarm and emergency plan (AGAP) refers only to establishments with “extended obligations”. Internal alarm and emergency plans for establishments with only “basic obligations” can only be requested after an individual consideration by the authorities. So in principle it does not exist any AGAP for those establishments.

On the other hand the enterprises are obliged to present information, which the local authorities must consider in their external alarm and emergency plans. Therefore, the authors recommend extending the obligation of elaborating internal alarm and emergency plans also on establishments with only “basic obligations”. Concerning flood plains and flood-prone zones an alarm and emergency plan should always be presented for all establishments (with basic or extended obligations).

5.2 Examination of alarm and emergency plans

The examination of alarm and emergency plans is not clearly regulated in the ordinances and laws. Although internal alarm and emergency plans for establishment with “extended obligations” have to be presented in licensing procedures, in most cases an examination of these documents does not take place. Therefore the authors recommend an examination obligation for alarm and emergency plans to be enforced by the licensing authority or experts according to § 29a BImSchG. This demand can be achieved by an amendment in the ordinances according to the BImSchG.

5.3 Forecast of events

After the experiences of 2002 alarm systems to predict floods have importantly been improved. The information transfer via internet can now be considered as excellent.

6 Suggestions for enforcement assistance and public relations

In the context of this research project different suggestions for enforcement assistance and public relations have been developed. They are annexed to this research report and cover the following topics:

- Annex 1 Suggestion for a guideline for the evaluation of documents submitted in a permission request with respect to flood, storm, earthquake and mining settlements according to the requirements of the Major Accidents Ordinance
- Annex II Suggestion for a guideline for the examination of a safety report according to the Major Accidents Ordinance with respect to flood, storm, earthquake and mining settlements
- Annex III Suggestion for a guideline for the inspection of establishments with respect to flood, storm, earthquake and mining settlements
- Annex IV Suggestion for a guideline for the examination of private fuel oil tanks and liquefied gas vessels concerning hazards by floods.
- Annex V Assistance in public relations
- Annex VI Pattern and standards for an internal (operational) alarm and emergency plan against flood (AGAP HW).

Authors:

Dipl-Ing. Hanns-Jürgen Warm
Warm engineering
Mittlere Feldstr. 1
83395 Freilassing

Dr. rer.nat. Karl-Erich Köppke
Ingenieurbüro Dr. Köppke
Elisabethstr. 31
32545 Bad Oeynhausen