



**INTERNATIONALE KOMMISSION ZUM SCHUTZ DES RHEINS  
COMMISSION INTERNATIONALE POUR LA PROTECTION DU RHIN**

**Bestandsaufnahme der Meldesysteme und Vorschläge  
zur Verbesserung der Hochwasservorhersage  
im Rheineinzugsgebiet**



**INTERNATIONALE KOMMISSION ZUM SCHUTZ DES RHEINS  
COMMISSION INTERNATIONALE POUR LA PROTECTION DU RHIN**

**Bestandsaufnahme der Meldesysteme und Vorschläge  
zur Verbesserung der Hochwasservorhersage  
im Rheineinzugsgebiet**

# Inhaltsverzeichnis

	Seite
<b>Zusammenfassung und Schlußfolgerungen</b> .....	3
<b>1 Einleitung</b> .....	6
<b>2 Die Hochwassermelde- und -vorhersagezentralen im Einzugsgebiet des Rheins</b> .....	7
2.1 Evaluation der Hochwasserberichterstattung am Fallbeispiel Hochwasser 1995 .....	7
2.2 Die Meldezentralen im Einzugsgebiet des Rheins .....	7
<b>3 Längerfristige Hochwasservorhersagen</b> .....	10
3.1 Einleitung .....	10
3.2 Wie kann die Vorhersagedauer erweitert werden .....	10
<b>4 Bestehende Lücken</b> .....	11
<b>5 Bereits angelaufene Maßnahmen</b> .....	14
5.1 Unterstützung durch meteorologische Dienste .....	14
<b>6 Handlungsbedarf</b> .....	16
6.1 Datenaustausch .....	16
6.2 Hochwasservorhersagemodelle .....	17
6.3 Hochwasserberichterstattung .....	20
6.4 Internationale Vereinbarung .....	20
<b>7 Kosten</b> .....	21
Anlage 1	Übersicht über die Hochwassermelde- und -vorhersagezentralen im Einzugsgebiet des Rheins
Karte 1	Melde- und Vorhersagezentralen im Rheingebiet
Karte 2	Überregionale Melde- und Vorhersagezentralen und ausgewählte Pegel am Rhein
Karte 3	Regionale Melde- und Vorhersagezentralen und ausgewählte Pegel im Rheingebiet
Karte 4	Melde- und Vorhersagezentralen und ausgewählte Pegel im Moselgebiet

## Zusammenfassung und Schlußfolgerungen

Unter dem Eindruck der Hochwasserereignisse von 1993 und 1995 im Rheineinzugsgebiet haben die für Rhein und Maas Verantwortung tragenden Umweltminister der Europäischen Gemeinschaft die Internationale Kommission zum Schutz des Rheins (IKSR) beauftragt, einen Aktionsplan für den Hochwasserschutz im Rheineinzugsgebiet aufzustellen. Als Elemente des Aktionsplanes sollen hier - ausgehend von einer Bestandsaufnahme in den Bereichen Hochwassermeldedienst und Hochwasservorhersage - Wege zur Optimierung und Verknüpfung der Hochwassermeldedienste sowie zur Verbesserung der längerfristigen Hochwasservorhersagen aufgezeigt werden.

Eine Auswertung der Tätigkeiten von sechs Hochwassermelde- und -vorhersagezentralen entlang des Rheins am Beispiel des zweiten Hochwassers hat gezeigt, daß diese auf die Hochwasserlage im Zeitraum 24.1.1995 bis 1.2.1995 rechtzeitig, umfassend und in guter Qualität reagiert haben. Die zuständigen Behörden, die Medien und die Öffentlichkeit wurden regelmäßig mit Informationen und Vorhersagen beliefert. In der Regel haben die Medien diese Informationen korrekt und umfassend weiterverbreitet. Die Kontakte unter den Zentralen wurden rechtzeitig aufgenommen und regelmäßig gepflegt.

Der Zeitrahmen für relativ genaue Vorhersagen im Hochwasserfall liegt beim heutigen Entwicklungsstand der angewendeten Vorhersageverfahren für den Hochrhein bei 12 Stunden, den Ober-, Mittel- und Niederrhein bei 24 Stunden und für das Rheindelta (ab Lobith) bei 48 Stunden. Die Güte der Vorhersagen beim Hochwasser 1995 entsprach diesen Erwartungen. Für längere Zeiträume ist die Vorhersage zur Zeit jedoch wenig genau.

In der Strategieempfehlung zum Aktionsplan Hochwasser der IKSR wird festgehalten, daß jede weitere Verlängerung der Vorwarnzeit ein Gewinn sei, da in dieser Zeit die Evakuierung von Menschen und Tieren rechtzeitig in die Wege geleitet und materieller Schaden vermindert werden könne.

Mehrere Elemente sind die Basis für eine Verlängerung der Vorhersagezeit im Hochwasserfall:

- Die Messung von flächenrepräsentativem Niederschlag in ausreichender zeitlicher und örtlicher Dichte, einerseits mit automatischen Regenmeßstationen, andererseits mit Niederschlagsradar.
- Die Verwendung von quantitativen Niederschlagsvorhersagen der meteorologischen Dienste.
- Die rasche Übermittlung der hydrologischen und meteorologischen Meßdaten und Vorhersagen an alle für den Hochwassermeldedienst zuständigen Zentralen.

- Ständiges Anpassen bzw. Neuerstellung von geeigneten hydrologischen Vorhersagemodellen für die Zuflüsse zum Rhein und für den Rhein selber entsprechend der wissenschaftlichen und technischen Entwicklung.

Für einzelne Flußgebiete sind diese Voraussetzungen zum Teil bereits vorhanden, für andere sind sie in Bearbeitung. Für viele Gebiete und insbesondere für das Rheineinzugsgebiet als Ganzes muß jedoch diese Basis erst geschaffen werden. Daher werden folgende Maßnahmen vorgeschlagen:

- Aufbau und Betrieb eines Kommunikationsnetzes für den Austausch der notwendigen hydrologischen und meteorologischen Daten und Vorhersagen zwischen den Zentralen im Rheineinzugsgebiet und den entsprechenden meteorologischen und hydrologischen Diensten.
- Aufbau eines Zugangs zu den aktuellen Daten der Niederschlagsradar-netze im Einzugsgebiet des Rheins und seinen angrenzenden Gebieten für alle Zentralen. Zusätzlich Ausbau der Niederschlagsmeßnetze zur verbesserten repräsentativen Erfassung der Niederschläge in den Einzugsgebieten.
- Weiterentwicklung und Einsatz der notwendigen hydrologischen Vorhersagemodelle für den Rhein und seine Zuflüsse.
- Erarbeitung einer vereinheitlichten Terminologie für das Abfassen von Hochwasserberichten.
- Einbau der vorgenannten Punkte in eine internationale Vereinbarung der IKSR mit dem Ziel, den Austausch von hydrologischen und meteorologischen Daten und Vorhersagen zwischen den Mitgliedstaaten zu sichern sowie die Zusammenarbeit und Abstimmung zwischen den Hochwassermelde- und -vorhersagezentralen zu fördern.

Die einmaligen Kosten, die zur Realisierung der vorgeschlagenen Maßnahmen zur Verbesserung des Hochwassermelddienstes und der längerfristigen Abflußvorhersagen für den Rhein notwendig sind, belaufen sich - grob geschätzt - auf 16 - 22 Millionen DM. Die gegenüber heute zusätzlichen Betriebskosten werden auf rund 500.000 DM pro Jahr geschätzt. Nicht enthalten in diesen Summen sind die Aufwendungen der meteorologischen Dienste zum Ausbau der Meßnetze und Vorhersageverfahren.

Der Verlängerung der Vorhersagezeit sind allerdings auch Grenzen gesetzt: Die Informationen vom internationalen *Niederschlagsradar*netz sind zwar für die Einschätzung der Niederschlagsentwicklung und damit der Hochwasserentwicklung eine wesentliche Hilfe. Eine genaue mengenmäßige operationelle Erfassung der Niederschläge mit Hilfe von Radar scheint heute und in den nächsten Jahren jedoch noch nicht möglich. Deshalb müssen die Forschungsanstrengungen zur quantitativen Erfassung des Niederschlags mittels Radar verstärkt werden. Die notwendigen *meteorologischen Vorhersagen der Niederschläge* beschränken sich heute und auch in weiterer Zukunft auf 48 Stunden Vorhersagezeit. Sie sind insbesondere für längere Zeiträume noch relativ ungenau.

Dies bedeutet, daß in den nächsten Jahren Hochwasservorhersagen von hoher Qualität voraussichtlich nur für folgende Zeitabschnitte bereitgestellt werden können: am Hochrhein für 24 - 36 h, am Ober-, Mittel- und Niederrhein für 36 - 48 h und im Rheindelta für 3 - 4 Tage. Zusätzlich könnten szenarienartige Abschätzungen für weitere etwa 12 - 36 Stunden erstellt werden.

Eine detaillierte Bestandsaufnahme der aktuellen Organisation und Tätigkeit der Hochwassermelde- und -vorhersagedienste im Einzugsgebiet des Rheins bildet die Basis für die Analyse des Istzustandes. Innerhalb des 185.000 km<sup>2</sup> großen Rheineinzugsgebietes sind die Aufgaben des Hochwassermelddienstes und -vorhersagedienstes aufgeteilt in regionale und überregionale Zentralen. Die 18 regionalen Dienste befassen sich hauptsächlich mit dem Meldedienst im Einzugsgebiet der Zuflüsse zum Rhein, während die 7 überregionalen Zentralen insbesondere den Hochwasserdienst für den Rhein betreuen. Sie sind gegliedert entsprechend den 5 IKSR-Mitgliedstaaten und ihren politischen Strukturen. Die Kontakte unter den Zentralen sind durch gegenseitige Vereinbarungen sichergestellt.

Die Analyse der Bestandsaufnahme hat gezeigt, daß die dezentrale Organisation der Zentralen für die rasche und umfassende Information der interessierten lokalen Behörden und der Öffentlichkeit zweckmäßig ist. Das Hochwassergeschehen läuft in den Einzugsgebieten der Nebenflüsse oft sehr schnell ab, und die Verhältnisse unterscheiden sich in der Regel von einem Gebiet zum anderen recht stark. Die regionalen Kenntnisse der Spezialisten vor Ort sind deshalb unentbehrlich. Am Rhein selbst sind die Verantwortlichkeiten entsprechend den unterschiedlichen Verhältnissen vom alpin geprägten Hochrhein bis zum Rheindelta in verschiedene Abschnitte aufgeteilt. Hier müssen im Hinblick auf längerfristige Hochwasservorhersagen die Datenkommunikation verbessert, die Verfahren der Hochwasservorhersage homogenisiert und die Hochwasserberichte noch besser aufeinander abgestimmt werden.

## 1. Einleitung

Unter dem Eindruck der Hochwasserereignisse von 1993 und 1995 im Rheineinzugsgebiet haben die für Rhein und Maas Verantwortung tragenden Umweltminister der Europäischen Gemeinschaft die Internationale Kommission zum Schutze des Rheins (IKSR) beauftragt, einen Aktionsplan für den Hochwasserschutz im Rheineinzugsgebiet aufzustellen. Als Elemente des Aktionsplanes sollen hier - ausgehend von einer Bestandsaufnahme in den Bereichen Hochwassermeldedienst und Hochwasservorhersage - Wege zur Optimierung und Verknüpfung der Hochwassermeldedienste sowie zur Verbesserung der längerfristigen Hochwasservorhersagen aufgezeigt werden.

Das Ausmaß und die Entstehung einer Hochwasserwelle im Rhein und ihr zeitlicher Ablauf sind in Abbildung 1 am Beispiel des zweiten Hochwassers, jenes vom Januar/Februar 1995 dargestellt. Der Scheitel der Hochwasserwelle wurde in Rheinfelden um Mitternacht des 25. Januar 1995 mit einem Abfluß von  $3.550 \text{ m}^3/\text{s}$  beobachtet. Die Welle erreichte rund 22 Stunden später und auf  $4.080 \text{ m}^3/\text{s}$  angewachsen den Pegel Maxau. Weitere 65 Stunden später erreichte die Welle mit  $6.400 \text{ m}^3/\text{s}$  Kaub und 31 Stunden später mit  $10.940 \text{ m}^3/\text{s}$  Köln. Die niederländische Station Lobith schließlich wurde am 31. Januar abends mit  $12.000 \text{ m}^3/\text{s}$ , also rund 6 Tage nach Rheinfelden erreicht. Damit bewegte sich die Welle mit durchschnittlich rund  $5 \text{ km/h}$  flußabwärts.

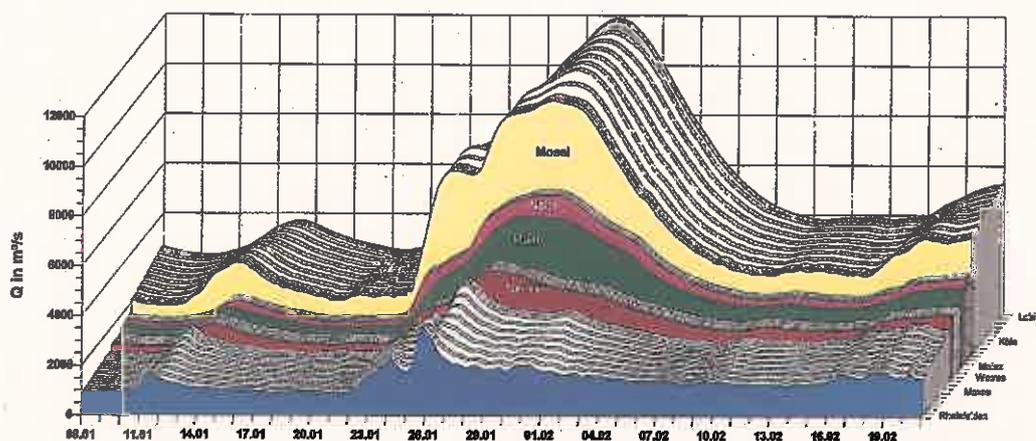


Abb. 1: Hochwasserwelle des Rheins im Januar 1995

## **2. Die Hochwassermelde- und -vorhersagezentralen im Einzugsgebiet des Rheins**

### **2.1 Evaluation der Hochwasserberichterstattung am Fallbeispiel Hochwasser 1995**

Eine Auswertung der Tätigkeiten von sechs Hochwassermelde- und -vorhersagezentralen entlang des Rheins am Beispiel des zweiten Hochwassers hat gezeigt, daß diese auf die Hochwasserlage im Zeitraum 24.1.1995 bis 1.2.1995 rechtzeitig, umfassend und in guter Qualität reagiert haben. Die zuständigen Behörden, die Medien und die Öffentlichkeit wurden regelmäßig mit Informationen und Vorhersagen beliefert. In der Regel haben die Medien diese Informationen korrekt und umfassend weiterverbreitet. Die Kontakte unter den Zentralen wurden rechtzeitig aufgenommen und regelmäßig gepflegt. In einzelnen Fällen hat es widersprüchliche Informationen gegeben, insbesondere dann, wenn Informationen nicht aus erster Hand abgegeben wurden.

Der Zeitrahmen für relativ genaue Vorhersagen im Hochwasserfall liegt beim heutigen Entwicklungsstand der angewendeten Vorhersageverfahren für den Hochrhein bei 12 Stunden, den Ober-, Mittel- und Niederrhein bei 24 Stunden und für das Rheindelta (ab Lobith) bei 48 Stunden. Die Güte der Vorhersagen beim Hochwasser 1995 entsprach diesen Erwartungen.

Die Tätigkeit der Hochwassermelde- und -vorhersagezentralen stützt sich überall auf rechtliche Grundlagen ab. Für zahlreiche Einzugsgebiete regeln Hochwassermeldeordnungen im Detail, unter welchen Bedingungen der Hochwassermelddienst aufgenommen wird. Auch die Form der Meldungen, die Meldewege und die Verbreitungsmedien sind oft genau festgelegt. Der Beginn und das Ende des Hochwassermelddienstes sind meist durch die hydrologischen Bedingungen vor Ort gegeben. Die Häufigkeit der Meldungen sowie deren äußere Form wie auch die eingesetzten Medien sind unterschiedlich.

### **2.2 Die Meldezentralen im Einzugsgebiet des Rheins**

#### *Die Gliederung des Rheineinzugsgebietes*

Mit einer Fläche von ca. 185.000 km<sup>2</sup> gehört das Einzugsgebiet des Rheins nicht zu den größten Flußgebieten Europas. Dennoch haben neun Staaten Anteile am Gebiet, nämlich Italien, Österreich, Liechtenstein, Schweiz, Deutschland, Frankreich, Belgien, Luxemburg und Niederlande. Allerdings haben davon nur 4 Staaten bedeutende Anteile. Zusätzlich ist von politischer Bedeutung, daß in den meisten Staaten administrative Untereinheiten wie Kantone, Länder, u.a. eine wichtige gesetzliche Rolle im Hochwasserschutz und damit im Hochwassermelde- und -vorhersagedienst innehaben. Im Rheingebiet sind dies insbesondere 6 deutsche Bundesländer.

Da der Rhein die Alpen mit der Nordsee verbindet, liegen Teile seines Einzugsgebietes in den Alpen, im Alpenvorland, im Mittelgebirge sowie im nordwestdeutschen und niederländischen Tiefland. Der 1320 km lange Flußlauf kann morphologisch in 6 Teilabschnitte untergliedert werden, die sich in ihrem hydrologischen Verhalten sehr unterschiedlich präsentieren.

Die 9 wichtigsten Zuflüsse mit Einzugsgebieten von über 4.000 km<sup>2</sup> sind Aare, Ill, Neckar, Main, Nahe, Lahn, Mosel, Ruhr und Lippe. Sie alle sind wiederum geprägt durch ihre Morphologie, ihr Klimagebiet und ihr hydrologisches Regime. Am unteren Ende verzweigt sich der Rhein in die drei Rheinarme in den Niederlanden. Im unteren Teil dieser Abschnitte ist die Hydrologie des Rheins nicht nur durch das Geschehen im Fluß sondern ebenso durch die Gezeiten der Nordsee und durch den Wind über der Nordsee und dem IJsselmeer beeinflusst.

#### *Die Gliederung der Melde- und Vorhersagezentralen*

Insgesamt 25 Zentralen arbeiten am Rhein und an seinen zahlreichen Zuflüssen (vgl. Tabelle und Karten in der Anlage). Sie sind wie folgt auf die einzelnen IKSR-Mitgliedstaaten aufgeteilt: in der Schweiz liegen 1, in Frankreich 6, in Deutschland 12, in Luxemburg 2 und in den Niederlanden 4 Zentralen.

#### *Die Kontakte unter den Zentralen*

Die Kontakte unter den einzelnen Zentralen haben sich im Verlaufe der Jahre meist bilateral und entsprechend dem Bedarf gebildet. Einige der Kontakte sind vertraglich gefestigt, andere sind eher informeller Natur. Die Informationswege verlaufen naturgemäß flußgebietsweise stromabwärts (vgl. Abb. 2). Ausgetauscht werden sowohl Hochwassermeldungen wie auch Vorhersagen, teilweise zusätzlich auch Meßdaten.



### **3. Längerfristige Hochwasservorhersagen**

#### **3.1 Einleitung**

Unter den 10 Leitsätzen im Grundlagen- und Strategiepapier zum Aktionsplan Hochwasser der IKSR vom Dezember 1995 wird zum Thema "Vor Hochwasser warnen" festgehalten:

"Durch Hochwasserwarnungen werden in erster Linie Menschen und Tiere gerettet, da die rechtzeitige Evakuierung in die Wege geleitet werden kann. Es gilt zudem, den zur Verfügung stehenden Zeitraum der Hochwasserentwicklung noch besser als bisher zur materiellen Schadensminderung zu nutzen. Jede weitere Verlängerung der Vorwarnzeit ist daher ein Gewinn; technischer Fortschritt ist entsprechend zu nutzen. Bereits bekannte Maßnahmen sollen umgehend realisiert werden."

In der Tat haben die Erfahrungen gezeigt, daß obwohl das Hochwasser 1995 in der Größenordnung dem von 1993 vergleichbar war, die Schäden deutlich geringer ausfielen. Dies mag zum einen auf die Erfahrungen aus dem 93er-Hochwasser zurückzuführen sein, zum anderen aber sicher auch auf die sehr frühe Information über die zu erwartenden Scheitelwerte. Damit wird aber deutlich, daß längerfristige Hochwasservorhersagen ein wichtiges Instrument zur Begrenzung von Hochwasserschäden sind und ihre Entwicklung daher vorangetrieben werden muß.

Die wünschbare Vorhersagezeit hängt von den durchzuführenden Maßnahmen, deren Planungs- und Vorbereitungszeiten und der Lage am Fluß ab. So werden beispielsweise am Oberrhein für Maßnahmen zum Schutze von Gütern in Lagerhallen 24 Stunden als ausreichend betrachtet. In den Niederlanden jedoch wird eine Vorwarnzeit von etwa 4 Tagen für die Planung und Durchführung der Evakuierung von Teilen der Bevölkerung gefordert. Für den Einsatz von Retentionsmaßnahmen zum Zwecke des Hochwasserschutzes muß die Wellenablaufzeit zwischen den Retentionsräumen und den zu schützenden Objekten als Vorwarnzeit und somit als Vorhersagezeit veranschlagt werden. Die Vorhersagezeit verlängert sich noch um den Zeitraum, für den abgeschätzt werden muß, ob die Retentionsmaßnahmen nicht zu einem späteren Zeitpunkt viel dringender eingesetzt werden müssen. Abbildung 1 zeigt deutlich, daß diese Zeiträume ohne weiteres einige Tage betragen können.

Vergleicht man diese Anforderungen mit den heute erreichbaren Zeiten für relativ zuverlässige Vorhersagen von etwa 12 h am Hochrhein, 24 h am Ober-, Mittel- und Niederrhein und 48 h im Rheindelta, so wird klar, daß die Vorhersagezeiten in verschiedenen Rheinabschnitten verlängert werden müssen.

#### **3.2 Wie kann die Vorhersagedauer erweitert werden**

Abflußvorhersagen, welche heute in vielen Fällen ausschließlich auf Messungen der Wasserstände an den obenliegenden Meßstationen basieren, können nur für

einen beschränkten Zeitraum erstellt werden, der im wesentlichen die Laufzeit der Hochwasserwelle im betreffenden Flußabschnitt umfaßt. Diese Vorhersagen sind in der Regel, sofern keine unvorhergesehenen Überflutungen (Dammbrüche) eintreten, sehr genau.

Dieser Zeitraum kann erweitert werden, indem mittels eines Niederschlag-Abfluß-Modells die gemessenen Niederschläge mitberücksichtigt werden. Dies bedeutet einerseits die Messung und Übermittlung der Niederschlagsdaten in ausreichender räumlich-zeitlicher Dichte. Andererseits muß in den meisten Gebieten gleichzeitig ein Modellteil zur Bestimmung der Anteile von flüssigen und festen (Schneefall) Niederschlägen sowie ein Modell für den Schneedeckenaufbau und -abbau (Schmelzmodell) mitgeführt werden, was zusätzliche meteorologische Daten wie Temperatur und evtl. Feuchte, Windgeschwindigkeit sowie Schneedeckenbeobachtungen erfordert. Daneben müssen auch Informationen über die Höhen-Flächenverteilung der Teileinzugsgebiete vorliegen. Diese Vorhersagen können in Abhängigkeit vom Modell, von der räumlichen Dichte der Daten und von der aktuellen hydrologischen Lage im Einzugsgebiet und der hydraulischen Situation im Fluß von recht hoher Genauigkeit sein.

Muß der Vorhersagezeitraum noch weiter verlängert werden, sind quantitative (numerische) meteorologische Vorhersagen unabdingbar. Die notwendigen vorherzusagenden meteorologischen Größen sind dieselben, wie sie oben beschrieben worden sind: Niederschlagsmenge, Lufttemperatur, evtl. Feuchte und Windgeschwindigkeit. Ebenso sind recht hohe Anforderungen an die räumliche und zeitliche Differenzierung zu stellen. Der Vorhersagezeitraum der Abflußvorhersage erweitert sich im Prinzip um den Vorhersagezeitraum der meteorologischen Vorhersage. Die Genauigkeit der Abflußvorhersage wird mit zunehmender Vorhersagedauer von der Genauigkeit der meteorologischen Vorhersage geprägt.

Abflußvorhersagen über noch längere Vorhersagezeiträume, die über die Angaben der numerischen meteorologischen Vorhersage von derzeit 48 Stunden hinausgehen, lassen sich nicht mehr objektiv begründet erstellen. Hier lassen sich nur noch subjektive Abschätzungen in Form von Wetter-Szenarien durchführen.

Mehrere Elemente sind also die Basis für eine Verlängerung der Vorhersagezeit im Hochwasserfall. Neben den rein technisch-wissenschaftlichen Aspekten sind jedoch auch organisatorische und administrative Maßnahmen notwendig für eine Optimierung des Hochwassermelde- und -vorhersagedienstes. Auf der Grundlage der nachstehend erwähnten Lücken wird darauf folgend der entsprechende Handlungsbedarf mit Lösungsvorschlägen dargelegt.

#### 4. Bestehende Lücken

##### *Vorhersagemodelle*

Zur Erweiterung der Vorhersagezeit müssen Niederschlag-Abfluß-Modelle für verschiedene Teileinzugsgebiete erstellt und angeeicht werden. Die Entwicklung

von verbesserten Vorhersagemodellen betrifft viele Flußabschnitte, insbesondere: Rhein (Rheinfelden bis Straßburg, Worms bis Emmerich sowie in den Niederlanden), Neckar, Main, Sauer, Saar, Mosel, Sieg, Ruhr, Lippe.

#### *Daten (zur Modellentwicklung):*

Umfangreiche historische Daten zur Modellentwicklung müssen oft in mühsamer Kleinarbeit zusammengetragen werden. Im Rahmen der Bestrebungen zur Privatisierung der Wetterdienste sind zusätzliche Kosten nicht auszuschließen. Der Datenzugang sollte sichergestellt, erleichtert und - da im öffentlichen Interesse - von Kosten freigestellt werden.

#### *Daten (operationell)*

Der Zugang zu den hydrologischen Daten im eigenen Verantwortungsbereich und im obenliegenden Teil des Einzugsgebietes ist die wichtigste Voraussetzung für einen erfolgreichen Hochwassermeldedienst. Der Zugang zu diesen Daten ist auch eine wichtige Voraussetzung für eine widerspruchsfreie Information aller interessierten Stellen. Oft ist dieser Zugang, insbesondere bei Hochwasser, aus verschiedenen Gründen erschwert: in verschiedenen Teilgebieten wird eine unterschiedliche Technik mit unterschiedlichen Datenübertragungsprotokollen verwendet; zu viele Nutzer behindern sich gegenseitig; Stationen oder Verbindungswege fallen bei Hochwasser aus; zum Teil werden zeitaufwendige Methoden zur Datenübertragung (z.B. Fax) verwendet.

Die Entwicklung der Datenerfassungs- und -übermittlungstechnik in den letzten Jahren erleichtert es, diese Probleme zu bewältigen. Gerade wegen der schnellen Entwicklung auf diesem Gebiet wird es nötig sein, im Einzelfall die Probleme des Datenzugangs und der Übermittlungstechnik gegenseitig abzusprechen.

Die Meldezentren sollten also - insbesondere im Zuge der Modernisierung der Meßnetze, der Datensammlung, der Datenspeicherung und der Datenübertragungstechnik - den Zugang zu den Daten für benachbarte Meldezentren sicherstellen und erleichtern. Die Datenübertragung soll - soweit wie möglich - digital erfolgen.

#### *Niederschlag*

Der Einsatz von Niederschlag-Abfluß-Modellen zur Vorhersage erfordert die Einbeziehung von gemessenen und vorhergesagten Niederschlägen. Die gemessenen Niederschläge müssen dazu ausreichend und repräsentativ für die Einzugsgebietsflächen vorliegen. Der Zugang zu diesen Daten muß in Echtzeit sichergestellt werden.

### *Niederschlagsradar*

Die bestehenden Informationen der Radarnetze der einzelnen Wetterdienste sollten zu Bildern für ausgewählte Teilgebiete und für das gesamte Rheingebiet zusammengefügt werden. Diese Information sollte den Zentralen als Bild und als digitale Daten verfügbar gemacht werden.

### *Berichterstattung*

In den Verwaltungseinheiten sind die Meldewege zu Behörden und Öffentlichkeit wegen der unterschiedlichen Organisationsformen und Vorschriften unterschiedlich festgelegt. Die Erfahrung hat gezeigt, daß eine breite Information der Öffentlichkeit wichtig ist und daß sie sehr zweckmäßig, z.B. übers Fernsehen (Videotext, Btx) und/oder die weiteren Medien (Internet, Rundfunk, Fernsprechanlage), geschehen kann. Angepaßt an den Bedarf, können die rein numerischen Informationen von einem erläuternden Text begleitet werden. Der Aufbau und die Terminologie der überregionalen Hochwasserberichte und -vorhersagen sollte durch Aufstellung gewisser minimaler Vorgaben vergleichbarer gemacht werden. Die Berichte müssen für die Medien und für die Öffentlichkeit verständlich sein.

### *Abstimmung der Vorhersagen*

Entlang des Rheins und seiner großen Nebenflüsse sind mehrere Meldezentren tätig. Es ist von größter Wichtigkeit, daß von diesen Zentren über das Hochwassergeschehen nur abgestimmte, widerspruchsfreie Informationen nach außen gelangen. Diese Abstimmung kann mit verschiedenen Maßnahmen erreicht werden:

- (1) Die Zentren verbreiten in der Regel nur die Informationen aus ihrem eigenen Zuständigkeitsbereich.
- (2) Werden Daten aus benachbarten Flußabschnitten verbreitet, müssen sie mit deren Zentren abgestimmt sein.
- (3) Werden Vorhersagen für benachbarte Stationen von unterschiedlichen Zentren erarbeitet, müssen sie bei Differenzen vor der Verbreitung aufeinander abgestimmt werden.

### *Personelle und finanzielle Mittel in den Zentralen*

Die Erweiterung der Vorhersagemodelle erfordert beträchtliche Mittel. Der Betrieb der Modelle bedingt einen Ausbau der bestehenden Meßnetze (Niederschlag). Der Betrieb und Unterhalt dieser Meßnetze muß finanziell und personell permanent sichergestellt sein. Der Betrieb und Unterhalt der Modelle im Hochwasserfall erfordert gegenüber heute größeren personellen Einsatz von ausgebildeten Fachleuten, einerseits wegen der erhöhten Komplexität der Modelle, andererseits wegen des größeren Datenanfalls. Wegen der notwendigen Spezialkenntnisse und der unabdingbaren Erfahrung der Mitarbeiter in der Vorhersagezentrale ist es zudem wichtig, Personalwechsel möglichst zu vermeiden.

## 5. Bereits angelaufene Maßnahmen

Im Rahmen der laufenden Optimierung der Vorhersageverfahren und -abläufe unter Nutzung des Entwicklungsfortschrittes bei der Erfassung und Übermittlung hydrologischer Daten, aber insbesondere auch unter dem Eindruck der vergangenen Hochwasserereignisse sind in allen betroffenen Stellen bereits zahlreiche Maßnahmen zur Verbesserung der Hochwasservorhersageverfahren ergriffen oder verstärkt worden.

- In zahlreichen Einzugsgebieten werden Modelle, zumeist Niederschlag-Abfluß-Modelle, entwickelt und/oder an die Einzugsgebiete angepaßt. Wo nötig werden auch Schneeschmelzmodelle angepaßt. Weiter werden für den Rhein auch hydrodynamische Modelle entwickelt. So arbeiten beispielsweise das Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling (RIZA) in Lelystad und die Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) in Koblenz bereits an der Modellerweiterung.
- In vielen Gebieten wird die Datenbasis verbessert, indem Meßpegel und Niederschlagsmesser installiert oder automatisiert werden. In allen Zentren sind zur Zeit Bestrebungen im Gange, die Datenkommunikation zu verbessern. So ist etwa eine direkte Verbindung von Duisburg zum RIZA in Bearbeitung.
- In allen Zentralen ist die Verbesserung der Datenkommunikation von großer Priorität: Vernetzung der Meldezentren unter sich und mit den Meßstellen; Automatisierung der Datensammlung; Automatisierung der Datenübergabe an die Verbreitungsmedien (Btx, Videotext, Internet etc.).

### 5.1 Unterstützung durch meteorologische Dienste

Die meteorologischen Dienste der Rheinanliegerstaaten unterstützen seit langer Zeit schon in unterschiedlicher Weise die Belange der Hochwasservorhersage in mannigfacher Weise. Sie stellen ihre Beobachtungsdaten der Bodenmeßnetze, Radar- und Satelliteninformationen sowie Vorhersageprodukte zur Verfügung. Teilweise arbeiten sie auch bei der Entwicklung von Meßnetzen und Methoden mit den hydrologischen Diensten zusammen.

#### *Niederschlagsradar*

In den Rheinanliegerstaaten werden bereits seit einiger Zeit Niederschlagsradare betrieben. Diese Netze werden heute überall weiter aufgebaut und modernisiert. Auch werden die Daten der einzelnen Radare zu regionsübergreifenden Bildern zusammengesetzt und auf verschiedenen Medien verbreitet. In den Randgebieten werden immer auch die Daten von Radarstationen aus Nachbarstaaten mit einbezogen.

Nach übereinstimmender Meinung der Experten kann der Einsatz der Radarinformationen wie folgt beurteilt werden:

Die Radarinformation in Form einer Abfolge von Bildern ist eine äußerst nützliche *qualitative* Information zur Beurteilung des überregionalen, aber auch des regionalen Niederschlagsgeschehens. Sie vermittelt einen Eindruck über das räumliche Geschehen, über die Größe und Intensität der Niederschlagsfelder, über neu auftauchende Felder oder über überraschendes Ende der Niederschläge. Das Radar erlaubt auch einen subjektiven Vergleich des Geschehens mit den Vorhersagen.

Die *quantitative* Niederschlagsmessung mittels operationellem Radar ist heute trotz intensiven Forschungsbemühungen in verschiedenen Staaten noch nicht mit ausreichender Genauigkeit möglich. Eine Aneicherung an ein umfangreiches, in Echtzeit messendes und übermittelndes Pluviographenmeßnetz scheint unerlässlich. Es wird heute davon ausgegangen, daß rund 50 Pluviographen pro Radar mit 100 km Radius installiert sein müßten, um eine hohe Genauigkeit zu erreichen. In Gebirgsräumen sind überdies noch zusätzliche Schwierigkeiten zu erwarten. Deshalb sind weitere Forschungsanstrengungen notwendig. Es muß davon ausgegangen werden, daß in den nächsten 5 Jahren die quantitative Niederschlagsmessung mit Radar noch relativ ungenau sein wird.

Eine *Kürzestfristvorhersage* (nowcasting) über die Entwicklung der Niederschlagsfelder ist ein Ziel, das beispielsweise in England und in den USA im Zusammenhang mit Hochwasservorhersagen angestrebt wird. Da es sich bei der Niederschlagsentstehung um dynamische nichtlineare Prozesse handelt, ist eine zeitliche Extrapolation aufgrund gemessener Daten ausgeschlossen. Es dürfte daher nicht möglich sein, genaue Vorhersagen über die Niederschlagsentwicklung von mehr als 2 Stunden Vorhersagedauer aufgrund der Radarinformationen zu erstellen.

#### *Numerische quantitative Vorhersagen*

In den Wetterdiensten aller Rheinanliegerstaaten werden verschiedene hochauflösende numerische Wettervorhersagemodelle routinemäßig berechnet. In der Regel liegen die Resultate in hoher räumlicher Auflösung (10 - 20 km), auf Stundenschrittbasis für eine Vorhersagedauer von bis zu 48 Stunden vor. Die Vorhersagen werden zweimal am Tag aktualisiert. Die Resultate dieser Modelle stehen den hydrologischen Diensten in der Regel zur Verfügung.

Die quantitative Vorhersage der Niederschläge ist eine der schwierigsten meteorologischen Aufgaben. Deshalb ist auch immer wieder mit gewissen Fehlern sowohl in der Menge als auch in der zeitlich-örtlichen Verteilung zu rechnen, insbesondere gegen Ende der Vorhersageperiode. Trotz dieser Mängel sind die Resultate der numerischen Modelle die besten heute verfügbaren quantitativen Niederschlagsvorhersagen. Es muß heute aus verschiedenen Gründen davon ausgegangen werden, daß zwar weiterhin schrittweise Verbesserungen an der Qualität dieser Vorhersagen erzielt werden können, daß aber in naher und mittlerer Zukunft der Vorhersagezeitraum kaum über die bestehenden 48 h ausgedehnt werden kann.

## 6. Handlungsbedarf

### 6.1 Datenaustausch

#### *Austausch der hydrologischen und meteorologischen Daten und Produkte*

Die verschiedenen Vorhersagezentralen benötigen in der Regel eine Vielzahl von unterschiedlichen Daten aus mehreren Einzugsgebieten. Diese Daten werden möglichst aktuell und dies mehrmals am Tag benötigt. Daher dürfte es nicht zweckmäßig sein, die Daten jedesmal von jeder Zentrale aus an verschiedenen Orten zusammenzusuchen. Vielmehr sollten die Daten möglichst zentral zur Verfügung gestellt werden können.

Der Aufbau und Betrieb einer zentralen Datensammel- und -verteilstelle wäre eine sehr aufwendige Lösung. Auch wäre ein Ausfall dieser Zentrale oder der Verbindung dorthin gravierend. Bessere Lösungen könnten eine netz- oder ringförmige Verteilung aller Daten an alle Zentralen sein (analog der Verbindungen zwischen den Wetterdiensten) oder aber eine nur virtuelle Datenzentrale mit Hilfe der im Internet zur Verfügung stehenden Technologie. Die Entwicklung auf diesem Gebiet dürfte zweifellos noch weitere innovative Lösungsmöglichkeiten offenhalten.

Es wird deshalb vorgeschlagen, Experten auf diesem Gebiet damit zu beauftragen, Lösungsvorschläge zu erarbeiten.

#### *Austausch der Radardaten*

Erwünscht ist eine stetige Übersicht über die Niederschlagssituation im gesamten Rheingebiet und in den dazu angrenzenden westlich und südwestlich gelegenen Gebieten. Die Radarnetzwerke der Wetterdienste sind heute in der Lage, eine derartige Übersicht zu liefern, zumindest qualitativ, zu einem späteren Zeitpunkt auch quantitativ.

In den meisten Ländern bieten die Wetterdienste derartige Informationen für gewisse Gebiete bereits an, wobei entsprechende Geräte und Software sowie Verbindungen bereitgestellt werden müssen.

Im Rahmen einer Initiative der Direktoren der europäischen Wetterdienste hat sich eine "Groupe de Liaison for Operational Radar Networking" (GORN) etabliert, mit dem Ziel, derartige Produkte für beliebige Gebietsausschnitte in Europa generieren zu können. Diese Entwicklung ist weitgehend abgeschlossen und Produkte stehen zu Demonstrationszwecken auf dem Internet einem eingeschränkten Benutzerkreis zur Verfügung. Damit wäre es mit einem einfachen Internet-Anschluß und der entsprechenden Berechtigung möglich, auf diese Produkte zuzugreifen. Eine derartige Lösung könnte zweifellos für viele Dienststellen von besonderem Interesse sein.

Es ist vorgesehen, GORN als freiwilliges Programm innerhalb des "Abkommens EUMETNET für die Gründung einer Konferenz der nationalen Wetterdienste in Europa" demnächst zu etablieren. Damit sollte es möglich sein, die notwendige Berechtigung für den Zugriff auf die Radarprodukte beim jeweiligen nationalen Wetterdienst zu erlangen. Es wird deshalb vorgeschlagen, mit den nationalen Wetterdiensten diesbezügliche Verhandlungen aufzunehmen.

## 6.2 Hochwasservorhersagemodelle

Im Rheineinzugsgebiet werden sowohl für die größeren Zuflüsse als auch für den Rhein selbst Hochwasservorhersagen erstellt. Die Vorhersagen für die Zuflüsse zum Rhein können im allgemeinen mit Ausnahme der Mosel unabhängig voneinander auf *regionaler* Ebene erfolgen, während die Vorhersagen für den Rhein und für die Mosel nur in *überregionaler* Zusammenarbeit erstellt werden können.

### *Hochwasservorhersage für Zuflüsse zum Rhein*

Das anzustrebende Ziel ist die Erstellung operationeller Hochwasservorhersagen bis zu 24 Stunden für alle wichtigen Zuflüsse zum Rhein. Diese Zielvorgabe ist nur in Ausnahmefällen erfüllt. Benötigt werden Niederschlag-Abfluß-Modelle, angepaßt an regionale Besonderheiten unter Berücksichtigung der Datenverfügbarkeit.

Mit der Erstellung derartiger Modelle sind verschiedene Stellen in den letzten Jahren beauftragt worden. Daher dürften die Vorhersagezentralen mittelfristig über die notwendigen Modelle verfügen. *Damit werden sie in der Lage sein, regional bzw. im Falle der Mosel überregional in optimaler Weise die Melde- und Vorhersagedienste zu erfüllen. Dabei wird vorausgesetzt, daß alle benötigten Meßdaten, auch aus benachbarten Einzugsgebieten, termingerecht zur Verfügung stehen.*

Es ist davon auszugehen, daß aufgrund der hydrologisch differenzierten Einzugsgebiete die Modelle zum Teil unterschiedliche Modellbausteine enthalten, so daß die Vorhersagezentralen mit voneinander verschiedenen Modellen die regionalen Vorhersagen erstellen werden.

### *Hochwasservorhersage für den Rhein*

Wie in Kapitel 4 dargelegt, muß die Vorhersagezeit für den Rhein hauptsächlich im Mittel- und Niederrhein sowie im Rheindelta verlängert werden. Dazu ist (vgl. Kapitel 5.1) insbesondere die Berücksichtigung der Vorhersagen der Zuflüsse notwendig. Die Erfahrung in verschiedenen Einzugsgebieten zeigt eindeutig, daß *immer die bestmögliche regionale Vorhersage für die Zuflüsse in die Vorhersage des Hauptstromes mit einbezogen werden muß.*

Für einige Abschnitte des Rheinstromes werden bereits heute Vorhersagen mit Niederschlag-Abfluß-Modellen für die Zuflüsse berücksichtigt. Dies sind insbesondere der Hochrhein bis Rheinfelden und der Oberrhein bis Worms. Ebenso sind derzeit Arbeiten im Gang, die Vorhersagen ab Koblenz durch Berücksichtigung der Vorhersagen an Mosel und Saar sowie für Lobith unter Einbeziehung der Vorhersagen in obenliegenden (deutschen) Teileinzugsgebieten zu verbessern.

*Es wird als wichtig erachtet, daß für den gesamten Rheinlauf derselbe Modelltyp zum Einsatz gelangt, nämlich ein hydrodynamisches Modell.* Vorteile bestehen darin, daß neue Retentionsmaßnahmen oder Änderungen im Flußquerschnitt unmittelbar berücksichtigt werden können. Auch ließen sich örtlich an beliebiger Stelle Vorhersagen erstellen, z.B. bei einem neu geschaffenen Pegel oder bei einem bestimmten Stromkilometer, an dem das Schadenspotential besonders groß ist. Wenn die derzeitigen statistischen Modelle, welche zwischen Worms und Emmerich sowie für Lobith im Einsatz sind, durch ein hydrodynamisches Modell abgelöst werden, ist diese Vereinheitlichung bereits größtenteils erfolgt. Zur Zeit ist für die Strecke Andernach-Lobith ein hydrodynamisches Modell in Entwicklung, welches als Basis für das neue Vorhersagemodell für Lobith dienen soll. Die BfG arbeitet ebenfalls an einem neuen Modell für die Strecke Speyer bis zur niederländischen Grenze.

Zur Verlängerung der Vorhersagen für den Rhein im Abschnitt Worms bis zum Deltagebiet in den Niederlanden bieten sich grundsätzlich zwei Alternativen an:

1. Hydrodynamisches Modell für den Rhein, welches als Input die Ergebnisse der von den einzelnen Vorhersagezentralen für regionale Zwecke erstellten Zuflußvorhersagen verwendet.
2. "Flußeinzugsgebietsmodell Rhein" bestehend aus einer Kombination eines hydrodynamischen Modells für den Rhein mit (vereinfachten) Niederschlag-Abfluß-Modellen für die Zuflüsse. Zentrale Vorhersage für den Rhein ab Worms und seine Zuflüsse bis zur niederländischen Grenze und Weiterführung der Vorhersagen in den Niederlanden mit ähnlichem Modellansatz.

*Bei beiden Alternativen* bleiben die Vorhersagen der Landeshydrologie und -geologie (LHG) für den Pegel Rheinfelden sowie der Hochwasservorhersagezentrale (HVZ), Karlsruhe für den Oberrhein unverändert.

*Bei der ersten Alternative* wird der Rhein auf deutschem Gebiet in Vorhersageabschnitte aufgeteilt. Von einem zum nächsten Abschnitt kann nur dann weitervorgesagt werden, wenn Inputvorhersagen einer oder mehrerer anderer Vorhersagezentralen vorliegen.

Neben der Festlegung eines gemeinsamen Vorhersagezeitpunktes und der Aktualisierungsmöglichkeiten ist die konsequente Einhaltung eines koordinierten Zeitplanes unabdingbar. Diese Vorgehensweise scheint prädestiniert zu sein, da operationelle, regional erstellte Vorhersagen modellmäßig miteinander verknüpft werden.

Die Hochwassergenese im gesamten Einzugsgebiet des Rheins variiert von Ereignis zu Ereignis. Bildet sich z.B. eine Hochwasserwelle am Oberrhein und im Moselgebiet aus, so müssen auch für nichtbetroffene Zuflüsse Vorhersagen berechnet werden, obgleich diese Mittel- oder Niedrigwasser führen. Bei staugeregelten Flüssen ist dies aus Gründen der Datenlage z.T. gar nicht möglich.

Die konsequente Durchführung des Einsatzes aller Vorhersagezentralen führt letztlich zu einer großen zusätzlichen Arbeitsbelastung.

*Die zweite Alternative* geht im wesentlichen von einem komplexen "Flußinzugsgebietsmodell Rhein" für das gesamte Einzugsgebiet zwischen Worms und dem Deltagebiet der Niederlande aus.

Die Basis ist ein hydrodynamisches Modell für den Rhein. Abhängig von der Lage der Vorhersagepegel werden für die Zuflüsse zur Erweiterung des mit dem Basismodell erzielbaren Vorhersagezeitraumes Niederschlag-Abfluß-Modelle unter Verwendung gemessener Niederschläge und - bei Bedarf - vorhergesagter Niederschläge eingesetzt. Vorhersagen an Zuflüssen des Rheins werden modellintern zeitlich nur so weit erstellt, wie sie für den jeweiligen Vorhersagepegel unbedingt erforderlich sind. Stehen aktuelle Vorhersagen der regionalen Vorhersagezentralen für Zuflüsse zur Verfügung, werden diese Daten als Input für die deutsche Mittel- und Niederrheinstrecke verwendet. Dieser Ansatz ist auch die Basis für das neue Vorhersagemodell für Lobith, das zur Zeit vom RIZA entwickelt wird.

Unter Beibehaltung der Vorhersagen von LHG und HVZ mit Berücksichtigung eventueller Retentionsmaßnahmen am Oberrhein werden zentral auf Basis des hydrodynamischen Modells ab Worms oder Mainz Vorhersagen für alle Rheinpegel bis Emmerich berechnet. Da vom derzeit in Entwicklung stehenden niederländischen Modell für den Pegel Lobith ab Andernach gerechnet wird und damit grenznahe Einzugsgebiete ebenfalls mitmodelliert werden, ergibt sich ein gewisser Überlappungsbereich, in dem Vorhersagen von zwei Modellen zur Verfügung stehen werden. Ein Vergleich der Resultate wird zeigen, inwieweit Unterschiede bestehen und ob eine Abstimmung erforderlich sein wird. Jedenfalls werden die Vorhersagen für bestimmte Pegel von den zuständigen Zentralen ausgegeben.

Auf deutscher Seite sollte ein solches "Flußinzugsgebietsmodell Rhein" zentral betrieben werden. Eine dezentrale Zurverfügungstellung, Bewertung und Herausgabe der Vorhersagen muß jedoch sichergestellt werden. Die Tätigkeiten der regional zuständigen und operationell arbeitenden Vorhersagezentralen bleiben unangetastet.

Bei Alternative 1 müßten bei jedem Hochwasser in irgendeinem Teilabschnitt des Rheins alle Vorhersagezentralen über die gesamte Zeit den Betrieb aufrecht erhalten. Dies würde zu einem großem Betriebsaufwand, vor allem in personeller Hinsicht, führen. Auch wären die operationellen Abstimmungen bei der Modellentwicklung und insbesondere beim Betrieb nicht einfach zu realisieren. Gleichzeitig wird bei diesem Vorgehen keine bessere Qualität der Vorhersagen für den Rhein erwartet.

Aus den geschilderten praktischen und operationellen Gründen sowie aus Überlegungen zu den Kosten und zur Wirksamkeit der Vorhersagen zieht die Arbeitsgruppe die vorstehend skizzierte Alternative 2 vor.

### **6.3 Hochwasserberichterstattung**

Hochwasserberichte aus den Meldezentren erfüllen eine wichtige Rolle bei der Informationsversorgung während eines Hochwassers. Insbesondere für die Medien und die Öffentlichkeit müssen diese Berichte klar und eindeutig interpretierbar sein. Das gilt für die Berichte jedes einzelnen Zentrums, aber auch für die überregionalen Meldezentren untereinander, da oft Berichte mehrerer Meldezentren als Informationsquelle herangezogen werden.

Deshalb wird vorgeschlagen, Hochwasserberichte nach einer eindeutigen Gliederung abzufassen, und zwar:

- (1) eine allgemeine Lagebeschreibung (Hochwasserlage bis zum aktuellen Zeitpunkt);
- (2) kurzfristige Vorhersagen (quantitative Informationen);
- (3) eine langfristige Prognose (Tendenzen, qualitative Informationen).

Bei der Darstellung der Informationen in einem Bericht sollte soweit wie möglich vermieden werden, daß frühere Berichte widerrufen werden müssen. Es sollte zum Beispiel nur von einem Scheitelwert gesprochen werden, wenn dieser sich innerhalb des Zeitraumes, für den zuverlässige Vorhersagen erstellt werden können, befindet. Bei der mit vielen Unsicherheiten behafteten Langfristprognose ist eine vorsichtige Formulierung wünschenswert, wobei deutlich die Unsicherheiten, wie Niederschlagsvorhersagen, Zusammentreffen von Scheiteln usw. genannt werden. Die Berichte sollten auf ihre Aussagekraft für die Öffentlichkeit und die Medien kontrolliert werden.

Neben einer vergleichbaren Gliederung ist auch eine vergleichbare Terminologie bei der Charakterisierung von Hochwasserlagen wünschenswert. Aussagen wie "Jahrhunderthochwasser", "höchstes registriertes Hochwasser", "höchstes Hochwasser" usw. müssen eindeutig benutzt werden. Die Wiederkehrzeit der Hochwasserscheitel könnte hierfür die Grundlage bilden. Als Beispiel können die innerhalb der Meteorologie getroffenen Vereinbarungen über die Beschreibung von Stürmen genommen werden. Es wird vorgeschlagen, die Möglichkeiten einer derartigen eindeutigen Terminologie in den Hochwasserberichten, zumindest von den überregionalen Meldezentren, abzuklären.

### **6.4 Internationale Vereinbarung**

Die völkerrechtliche Basis für die Hochwassermeldung und für den Austausch von hydrologischen und meteorologischen Daten für die Entwicklung und den Betrieb der hydrologischen Vorhersagemodelle sowie den Austausch der notwendigen hydrologischen und meteorologischen Produkte wird das neue "Übereinkommen

zum Schutze des Rheins" bilden, das zur Zeit vorbereitet wird und anlässlich der Rheinministerkonferenz 1997/98 unterzeichnet werden soll.

Aufbauend auf diesem Übereinkommen sind die notwendigen Regelungen auszu-  
arbeiten, die von der Kommission zum Schutz des Rheins zu beschließen und  
damit innerstaatlich umzusetzen sind.

Die wichtigsten zu regelnden Elemente beziehen sich auf

- *Grundsätze*
- *Definitionen*
- *Austausch von hydrologischen und meteorologischen Daten und Produkten für die operationelle Vorhersageerstellung*
- *Austausch von historischen hydrologischen und meteorologischen Daten für die Modellentwicklung und -eichung*
- *Zusammenarbeit zwischen Vorhersagezentralen*
- *Kosten*

Die Einzelheiten zu diesen Punkten sind in einem ausführlichen Schlußbericht dargestellt.

## **7. Kosten**

Als Grundlage für eine grobe Kostenabschätzung der im Kapitel 6 vorgeschlagenen Maßnahmen wurden Erfahrungswerte von bereits abgeschlossenen oder kürzlich eingeleiteten Projekten auf das gesamte Rheingebiet hochgerechnet. Es wurde dabei versucht, für die vier Teilaspekte Vorhersagemodellentwicklung, Entwicklung eines Datenverbundes, Vorhersagezentralen und ergänzende hydrologische Meßnetze die Investitionskosten sowie die jährlichen Betriebskosten zu schätzen. Es hat sich dabei gezeigt, daß insbesondere die Kostenschätzung für Investition und Betrieb eines Datenverbundes (vgl. Kapitel 6.1) außerordentlich schwierig ist, solange die technischen Realisierungsvarianten noch nicht abgeklärt sind.

Die Gesamtinvestitionskosten, die zur Realisierung der vorgeschlagenen Maßnahmen zur Verbesserung des Hochwassermelddienstes und der längerfristigen Abflußvorhersagen für den Rhein notwendig sind, belaufen sich demnach auf ca. 16 - 22 Millionen DM, wobei sich diese Summe auf die 4 oben genannten Teilaspekte zu je etwa einem Viertel aufteilt. Die gegenüber heute zusätzlichen Betriebskosten (ohne Abschreibungskosten) werden auf 500.000 DM pro Jahr geschätzt.

Bei den angegebenen Kosten handelt es sich um erste Schätzungen. Diese sind noch zu verifizieren, spezifizieren und nach IKSR-Staaten aufzusplitten.

Wichtig ist anzumerken, daß in verschiedenen Staaten bereits Verbesserungsmaßnahmen angelaufen und auch Mittel bewilligt worden sind. Ebenso ist zu beachten, daß für das heute operationell tätige System der Vorhersagezentralen in den vergangenen Jahrzehnten Investitionen von vielen Millionen getätigt worden sind.

Als weitere Investitionen müßten auch Anteile an den von den meteorologischen Diensten aufzuwendenden Mittel für den Ausbau der meteorologischen Meßnetze und Vorhersageverfahren berücksichtigt werden. Insbesondere zu erwähnen sind hier die Niederschlagsradar-netze sowie die begonnene Realisierung des für die Verbesserung der Hochwasservorhersagen sehr bedeutenden "Meßnetzes 2000" des Deutschen Wetterdienstes. Die hier aufzubringenden Mittel sind in der oben genannten Summe nicht enthalten.

# ANLAGE UND KARTEN

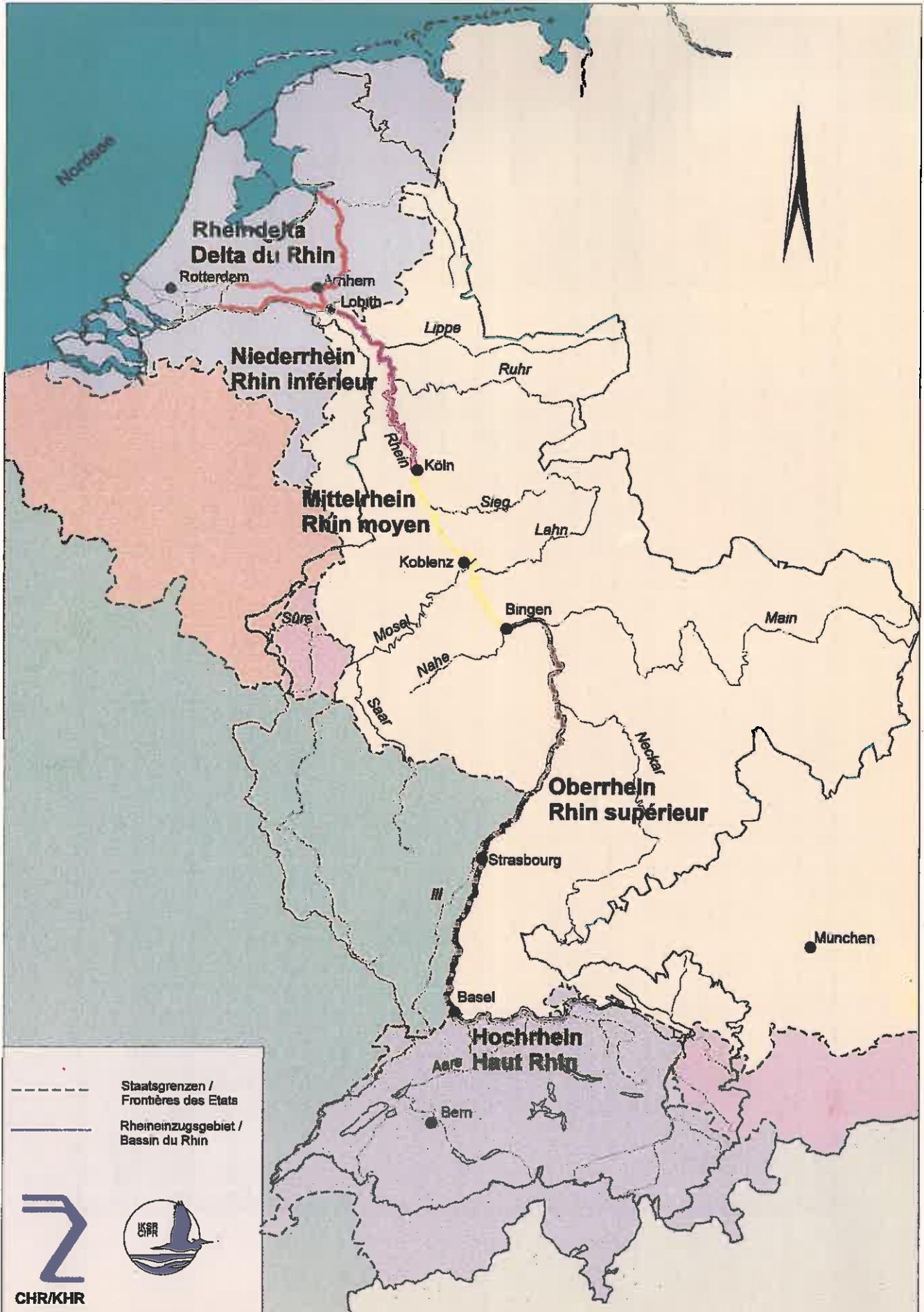
**ANLAGE 1** Übersicht über die Hochwassermittele- und -vorhersagezentralen im Einzugsgebiet des Rheins

Zentrale	Ort	Vorhersage für:	HW-Meldedienst für:	Zusammenarbeit mit:
LHG	Bern	Rhein: bis Rheinfelden	Rhein: bis Rheinfelden	HVZ, BfG, HMZ Rhein, EdF
SNS CARING	Gambsheim	Rhein: Kembs (PHV-EDF)	Rhein: Rheinfelden bis Maxau	DDAF, PHV-EDF, LHG, HVZ, HMZ Rhein
DDAF Haut-Rhin	Mulhouse	Ill: Colmar-Ladhof	Ill flussaufwärts	DDAF Bas-Rhin
DDAF Bas-Rhin	Strasbourg		Ill flussabwärts	CARING, DDAF Haut-Rhin
HVZ	Karlsruhe	Rhein: Plittersdorf bis Worms Nebenfl. am Oberrhein in B.-W. Neckar inkl. Nebenflüsse Main: Faulbach; Tauber	In der HMO geregelt; Informationen für alle wichtigen Pegel in Baden-Württemberg	LHG, HMZ Rhein
WSD Süd LFW	Würzburg München	Main	Main und Nebenflüsse	HMZ Rhein
RP	Darmstadt		Rhein: Worms - Kaub Main: Kleinstheim - Mündung	HMZ Rhein, WSD Süd
HMZ Rhein	Mainz	Rhein: Maxau bis Köln	Rhein: Maxau bis Köln	LHG, SNS CARING, HVZ, BfG, HMZ Mosel, Saar, Nahe-Lahn-Sieg, WSA Duisburg-Rhein, WSD Süd, RIZA
HMZ Nahe-Lahn-Sieg	Koblenz	Nahe Lahn Sieg	Nahe Lahn Sieg	HMZ Rhein
RP	Gießen		Lahn, Ohm, Dill	HMZ Nahe-Lahn-Sieg, HMZ Rhein
BfG	Koblenz	Rhein: Speyer bis Emmerich für HMZ Rhein und WSA Duisburg-Rhein		HMZ Rhein WSA Duisburg-Rhein

Zentrale	Ort	Vorhersage für:	HW-Melddienst für:	Zusammenarbeit mit:
DIREN Lorraine	Nancy	Mosel ab Toul Meurthe ab Nancy	Mosell, Meurthe Madon, Orne, Vezouze Mortagne	SN Grevenmacher HMZ Mosel
DDAF Moselle	Metz		Seille, Nied	DIREN Lorraine
S.N.	Grevenmacher	Mosel bis Stadtbredimus	Mosel bis Stadtbredimus	HMZ Mosel und Rhein
HMZ Mosel	Trier	Mosel, Saar, Sauer	Mosel, Saar, Sauer	HMZ Rhein und Saar
Protection civile	Luxembourg	Sauereinzugsgebiet	Sauereinzugsgebiet	HMZ Mosel
SNS	Sarreguemines		Saar von Sarrebourg bis Sarre- guemines Eichel Blies: Bliesbruck	HMZ Saar
HMZ Saar	Saarbrücken	Saar	Saar, Blies	HMZ Mosel und Rhein
WSA Duisburg-Rhein	Duisburg	Rhein: Bonn bis Emmerich	Rhein: Bonn bis Emmerich	BfG, HMZ Rhein und Mosel, RIZA
LZ Ruhr	Essen	Lenne	Lenne	
STUA	Lippstadt		Lippe	WSA Duisburg-Rhein
RIZA	Lelystad	Rhein: Lobith	Rhein: Lobith	BfG, HMZ Rhein, WSA Duis- burg-Rhein
RWS-DON	Arnhem	Rhein: Waal, Nederrijn, IJssel	Rhein: Waal, Nederrijn, IJssel	RIZA, RWS-ZH
RIZA-WDEU	Lelystad	Mündung IJssel in IJsselmeer Kampen	Mündung IJssel in IJsselmeer Kampen	RIZA, RWS-DON
RWS-ZH	Rotterdam	Deltagebiet Dordrecht	Deltagebiet Dordrecht	RIZA, RWS-DON

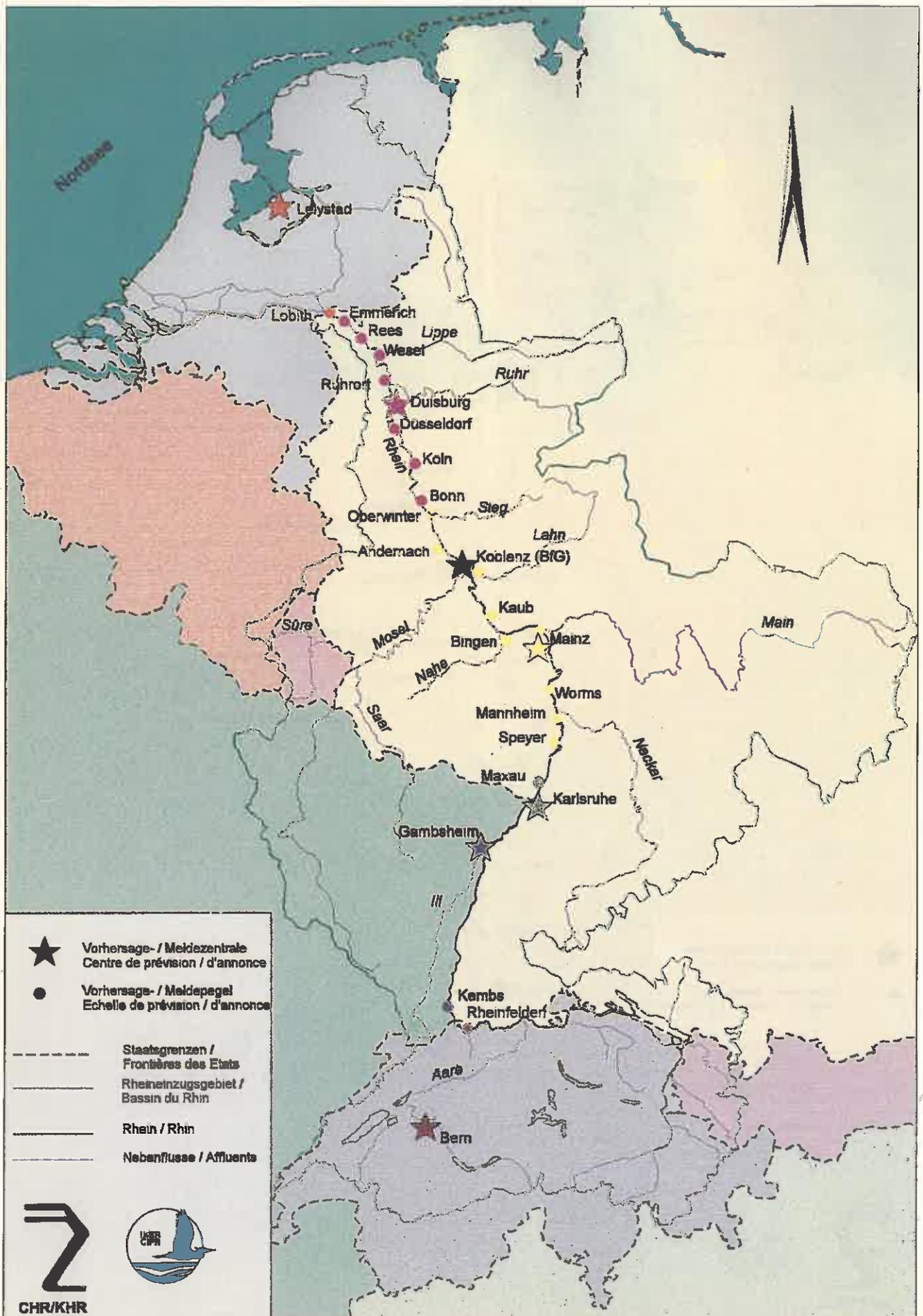
Karte / Carte 1

Teilstrecken des Rheins / Tronçons du Rhin



**Karte 2: Überregionale Melde- und Vorhersagezentralen und ausgewählte Pegel am Rhein (ohne Mosel)**

**Carte 2: Centres suprarégionaux d'annonce et de prévision et échelles sélectionnées sur le Rhin (Moselle exclue)**

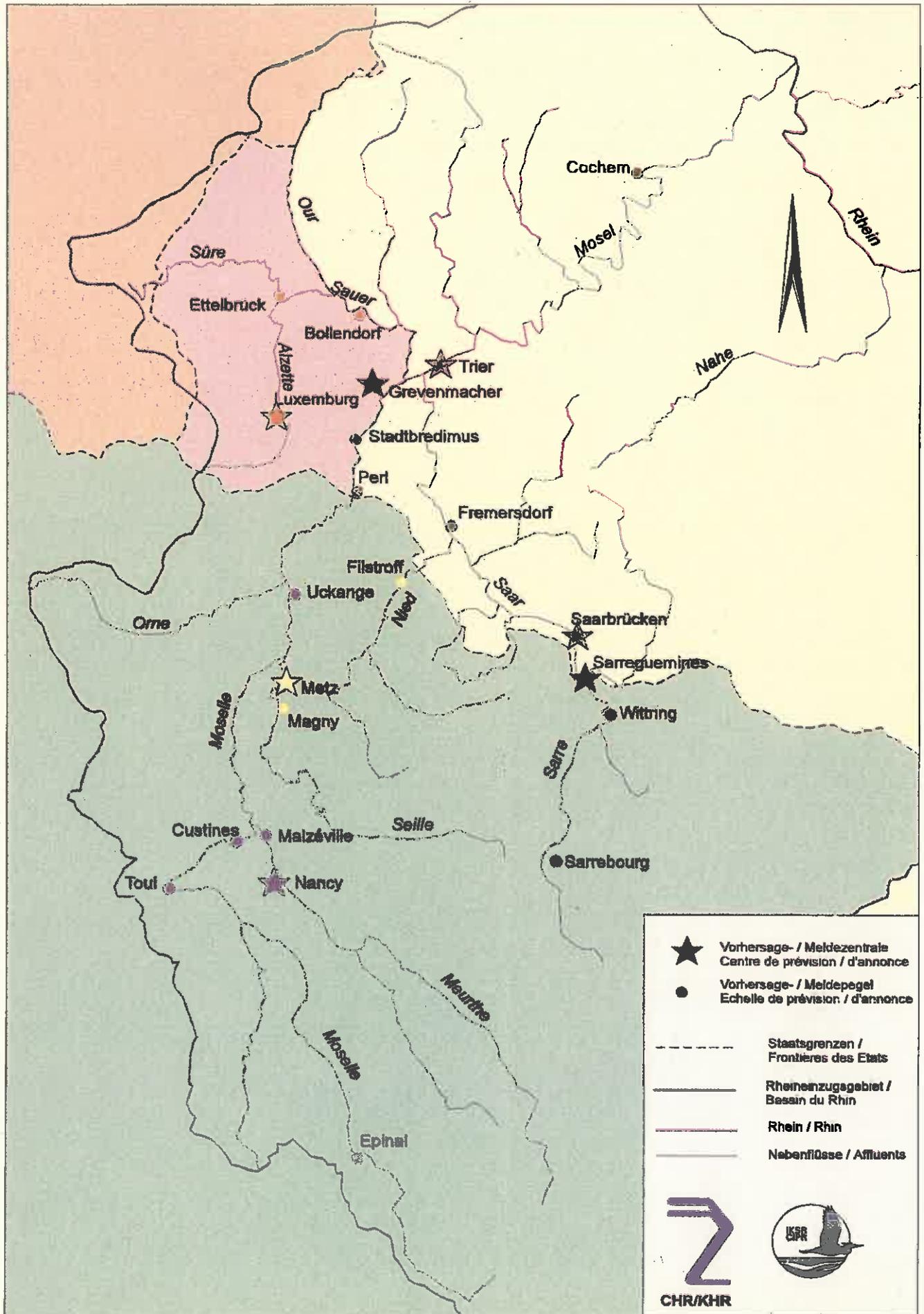


**Karte 3: Regionale Melde- und Vorhersagezentralen und ausgewählte Pegel im Rheingebiet (ohne Mosel)**

**Carte 3: Centres régionaux d'annonce et de prévision et échelles sélectionnées sur le Rhin (Moselle exclue)**



**Karte 4: Melde- und Vorhersagezentralen und ausgewählte Pegel im Moselgebiet**  
**Carte 4: Centres d'annonce et de prévision et échelles sélectionnées dans le bassin de la Moselle**



## **Impressum**

**Herausgeber:** Internationale Kommission zum Schutze des Rheins (IKSR)  
Technisch-wissenschaftliches Sekretariat  
Postfach 309  
D-56003 Koblenz  
**Telefon:** (0261) 1 24 95  
**Telefax:** (0261) 3 65 72

**Erscheinungsdatum:** März 1997

**Bericht der Projektgruppe Aktionsplan Hochwasser unter Mitwirkung von Experten aus den beteiligten Dienststellen:** Landeshydrologie und -geologie, Bern; Direction Régionale de l'Environnement de Lorraine, Metz; Service de la Navigation de Strasbourg, Strasbourg; Ministère de l'Environnement, Direction de l'Eau, Paris; Services Techniques de l'Agriculture, Luxembourg; Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe; Landesamt für Wasserwirtschaft Rheinland-Pfalz, Mainz; Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz; Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling RIZA, Arnhem

**Redaktion:** Dr. Bruno Schädler, Landeshydrologie und -geologie, Bern

**Druck:** Diese Broschüre wurde mit freundlicher Unterstützung des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Bonn gedruckt.