



Internationale Kommission zum Schutz des Rheins  
Commission Internationale pour la Protection du Rhin  
Internationale Commissie ter Bescherming van de Rijn

**Abschlussbericht zur  
Vorgehensweise für die Ermittlung  
der hochwassergefährdeten Flächen und der  
möglichen Vermögensschäden**

# Übersichtskarten der Überschwemmungsgefährdung und der möglichen Vermögensschäden am Rhein

## Abschlußbericht:

Vorgehensweise zur Ermittlung der hochwassergefährdeten Flächen  
Vorgehensweise zur Ermittlung der möglichen Vermögensschäden

für die

**Internationale Kommission zum Schutz des Rheines (IKSR)**

### Bearbeiter:

**RUIZ RODRIGUEZ + ZEISLER**  
INGENIEURGEMEINSCHAFT FÜR  
WASSERBAU UND WASSERWIRTSCHAFT  
Haselstraße 9  
D-65191 Wiesbaden-Bierstadt

**geomer GmbH**  
**Geoinformatik und**  
**Ressourcenmanagement**  
Redtenbacherstraße 5  
D-69126 Heidelberg

**PlanEVAL**  
**Dr. Walter Pflügner**  
Nusselstr. 2  
D-81245 München

**HASKONING**  
Consulting Engineers and  
Architects  
Barbarossastraat 36  
NL-6522DK Nijmegen

Wiesbaden, Heidelberg, Nijmegen, München im September 2001

## INHALTSVERZEICHNIS

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Zusammenhang</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>Einteilung in Projektphasen</b>	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>Projektphase A1: Ermittlung der Überschwemmungsgefährdung</b>	<b>7</b>
<b>4.1</b>	<b>Einteilung in Untersuchungsabschnitte (U1-U4)</b>	<b>7</b>
<b>4.2</b>	<b>Datenerhebung</b>	<b>7</b>
4.2.1	Abschnitt U1: Hochrhein (Schweiz, Baden-Württemberg)	8
4.2.2	Abschnitt U2a: staugeregelter Oberrhein (Frankreich, Baden-Württemberg)	8
4.2.3	Abschnitt U2b: deichgeschützter Oberrhein (Frankreich, Baden-Württemberg, Rheinland-Pfalz, Hessen)	9
4.2.4	Abschnitt U3a: Mittelrhein (Rheinland-Pfalz, Hessen)	10
4.2.5	Abschnitt U3b: deutscher Niederrhein (Nordrhein-Westfalen)	11
4.2.6	Abschnitt U4: Niederrhein / Deltarhein (Niederlande)	11
4.2.7	Abschnittübergreifende Daten	12
<b>4.3</b>	<b>Datenverarbeitung</b>	<b>12</b>
4.3.1	Höhenmodell Schweiz	12
4.3.2	Höhenmodell Frankreich	12
4.3.3	Höhenmodell Baden-Württemberg	13
4.3.4	Höhenmodell Hessen	13
4.3.5	Höhenmodell Rheinland-Pfalz	13
4.3.6	Höhenmodell Nordrhein-Westfalen	13
4.3.7	Höhenmodell Niederlande	13
<b>4.4</b>	<b>Verwendete Wasserspiegellagen</b>	<b>13</b>
4.4.1	Sonderfall: Hochrhein bis Basel	14
4.4.2	Sonderfall: Basel bis Maxau	14
<b>4.5</b>	<b>Verwendete Berechnungsprozedur (Abschnitte U2a, U2b, U3a Grenzbereich D-NL)</b>	<b>15</b>
<b>5</b>	<b>Projektphase A2: Abschätzung der möglichen Vermögensschäden</b>	<b>16</b>
<b>5.1</b>	<b>Schadenspotential / Vermögenswerte</b>	<b>16</b>
<b>5.2</b>	<b>Ermittlung der Vermögenswerte</b>	<b>17</b>
5.2.1	Basiswerte in EURO/m <sup>2</sup> für die deutschen Bundesländer	19
5.2.2	Ermittlung von nutzungsspezifischen Vermögenswerten für die Staaten entlang des Rheins	23
5.2.2.1	Anpassungsfaktoren für den Vermögensbesatz	23
5.2.2.2	Länder-Anpassungsfaktoren für Wohnungsvermögen:	24
5.2.2.3	Länder-Anpassungsfaktoren für die Vermögen der Wirtschaft:	24
5.2.2.4	Anwendung im Rechenmodell:	24

5.2.3	Regionale Anpassung der Werte für die Nutzungsklasse Siedlung	26
<b>5.3</b>	<b>Abschätzen der möglichen Vermögensschäden</b>	<b>27</b>
5.3.1	Grundlagen und Stand der Schadensfunktionsbestimmung	27
5.3.2	Anpassungsbedarf	29
5.3.3	Kurzdarstellung und Begründung der Grundfunktionen / Erläuterung der Einsatzweise	31
5.3.3.1	Bereich Wirtschaft	32
5.3.3.2	Privates Wohnen: Ausrüstung = Hausrat	35
5.3.3.3	Landwirtschaft / Forstwirtschaft	37
<b>5.4</b>	<b>Berechnungsprozedur</b>	<b>39</b>
<b>5.5</b>	<b>Personenrisiken</b>	<b>39</b>
<b>5.6</b>	<b>Ergebnisse</b>	<b>39</b>
<b>5.7</b>	<b>Plausibilität der Ergebnisse</b>	<b>40</b>
<b>5.8</b>	<b>Bewertung der Ergebnisse</b>	<b>42</b>

**TABELLENVERZEICHNIS**

Tabelle 4.1:	Durchflüsse an den Pegeln zwischen Maxau und Emmerich bei Hochwasser mit den Wiederkehrintervallen 10, 100 und 200 Jahren	14
Tabelle 5.1:	Bodennutzungsarten nach CORINE LAND COVER	18
Tabelle 5.2:	Flächenbezogene Basiswerte in DM/m <sup>2</sup> in den Ländern Baden-Württemberg, Rheinland-Pfalz, Hessen und Nordrhein-Westfalen (Preisstand 2001)	20
Tabelle 5.3:	Ermittlung der CORINE-Nutzungsklassen für die Summe der Länder Baden-Württemberg, Rheinland-Pfalz, Hessen und Nordrhein-Westfalen	21
Tabelle 5.4:	Spezifische Vermögenswerte Baden-Württemberg	22
Tabelle 5.5:	Spezifische Vermögenswerte Hessen	22
Tabelle 5.6:	Spezifische Vermögenswerte Rheinland-Pfalz	22
Tabelle 5.7:	Spezifische Vermögenswerte Nordrhein-Westfalen	22
Tabelle 5.8:	Spezifische Vermögenswerte Deutschland (flächengewichteter Mittelwert der Länder Baden-Württemberg, Rheinland-Pfalz, Hessen und Rheinland-Pfalz)	25
Tabelle 5.9:	Spezifische Vermögenswerte Schweiz	25
Tabelle 5.10:	Spezifische Vermögenswerte Frankreich	25
Tabelle 5.11:	Spezifische Vermögenswerte Niederlande	25
Tabelle 5.12:	Gemeindespezifische Anpassung der Nutzungsklasse Siedlung	26
Tabelle 5.13:	Übersicht über die verwendeten Schädigungsfunktionen (x = Überflutungshöhe in m; Y = Schädigungsgrad in %)	38
Tabelle 5.14:	Ermittelte Vermögensschäden entlang der Rheinabschnitte	39
Tabelle 5.15:	Ermittelte Vermögensschäden entlang der Rheinabschnitte	40
Tabelle 5.16:	Vergleich der Ergebnisse im Bereich der Stadt Köln	41

## 1 Einleitung

Die Internationale Kommission zum Schutz des Rheins (IKSR) hat mit Datum vom 19. November 1999 ein Konsortium unter der Federführung der Ingenieurgemeinschaft RUIZ RODRIGUEZ + ZEISLER, GbR, Wiesbaden beauftragt, eine Studie über die Überschwemmungsgefährdung und den damit verbundenen möglichen Vermögensschäden in Form von Übersichtskarten im Maßstab 1:100.000 zu erstellen.

Das Konsortium setzte sich aus vier Firmen aus den Bereichen Ingenieurwesen, Geographie, Volkswirtschaft und Reprographie zusammen.

- Ingenieurgemeinschaft RUIZ RODRIGUEZ + ZEISLER, GbR, Wiesbaden, ist federführend in allen inhaltlichen, haushaltstechnischen und sonstigen Fragen. Die Ingenieurgemeinschaft RUIZ RODRIGUEZ + ZEISLER bearbeitet wasserwirtschaftliche Fragestellungen.
- geomer GmbH, Heidelberg, arbeitet als gleichberechtigter Kooperationspartner, aus Sicht des Auftraggebers als Unterauftragnehmer der Ingenieurgemeinschaft RUIZ RODRIGUEZ + ZEISLER. Die geomer GmbH leitet die Koordination der GIS-technischen Aktivitäten.
- Dr. Walter Pflügner, PlanEVAL, München steht als gleichberechtigter Kooperationspartner, aus Sicht des Auftraggebers als Unterauftragnehmer der Ingenieurgemeinschaft RUIZ RODRIGUEZ + ZEISLER für volkswirtschaftliche Fragestellungen zur Verfügung.
- HASKONING, NL-Nijmegen, arbeitet als gleichberechtigter Kooperationspartner, aus Sicht des Auftraggebers als Unterauftragnehmer der Ingenieurgemeinschaft RUIZ RODRIGUEZ + ZEISLER. HASKONING steuert die Aktivitäten auf Holländischer Seite.

Die Projektleitung auf Auftraggeberseite wurde von der Bundesanstalt für Gewässerkunde in Koblenz wahrgenommen.

## 2 Zusammenhang

Die 12. Rheinministerkonferenz hat am 22. Januar 1998 in Rotterdam den "Aktionsplan Hochwasser" für den Rhein beschlossen. Zwei der Hauptziele des Aktionsplanes sind die Verminderung der Schadensrisiken um 10% bis zum Jahr 2005 bzw. um 25% bis zum Jahr 2020 und die Stärkung des Hochwasserbewusstseins der Betroffenen.

Derzeit leben in den Überflutungsgefährdeten Gebieten am Rhein zwischen Bodensee und der Mündung in die Nordsee (nahezu 8 Tsd.km<sup>2</sup>) ca. 5 Millionen Menschen. Bei einem Extremhochwasser im Rheingebiet mit gleichzeitigem Extremwasserstand in der Nordsee steigt die Zahl der bedrohten Personen auf insgesamt über 10 Millionen bei einer gefährdeten Fläche von mehr als 10 Tsd.km<sup>2</sup>.

Neben der "Lebens-"Gefahr für die in diesen Gebieten wohnenden und arbeitenden Menschen besteht ein hohes wirtschaftliches Schadenrisiko. Die Größenordnung der Vermögensschäden und des Wertschöpfungsentganges liegt derzeit bei mehreren Hundert Milliarden Euro. Eine genaue Bezifferung dieser Größenordnungen hat bisher nicht stattgefunden. Dennoch ist die Kenntnis dieser Werte als Referenzwert von großer Bedeutung, da an ihm die geplanten Maßnahmen vor allem des Aktionsplanes und später die Wirkungen dieser Maßnahmen gespiegelt werden können.

Durch die Darstellung der potentiell von Hochwasser betroffenen Flächen und der damit verbundenen möglichen Vermögensschäden in einem einheitlichen Kartenwerk wird die Grundlage zur Durchsetzung des Aktionsplanes geschaffen.

An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass die Gesamtbetrachtung aller von Hochwasser betroffenen Flächen nur als hypothetischer Fall betrachtet werden kann, da nicht davon auszugehen ist, dass alle Flächen gleichzeitig mit einem entsprechenden Extremereignis betroffen wären. Die Betrachtung eines bestimmten Ereignisses würde aufgrund der entstehenden Retentionswirkungen zu anderen Ergebnissen führen.

Das gleich gilt für die Betrachtung der möglichen Vermögensschäden auf diesen Flächen. Hinzu kommt, dass das Schadensgeschehen von weiteren Faktoren abhängt, die entscheidenden Einfluss auf die Schadenssummen haben können. Hier sei der Fall Köln 1995 genannt, wo sich die Schäden zum Ereignis 1993 trotz gleichem Wasserstand halbiert haben. Es kann also nur eine Größenordnung der möglichen Vermögensschäden angegeben werden, aber erstmals vergleichbar für alle Rheinanliegerstaaten.

### 3 Einteilung in Projektphasen

Die Erstellung der Übersichtskarten der Überschwemmungsgefährdung und der möglichen Vermögensschäden am Rhein erfolgte in vier Projektphasen:

- Phase A1 beinhaltete die Beschaffung und Aufbereitung der Daten, die Erstellung bzw. Zusammenführung von Höhenmodellen und die Ermittlung der überflutungsgefährdeten Gebiete für unterschiedliche Hochwasserabflüsse nach Abstimmung mit den betroffenen Ländern.
- Phase A2 beinhaltet die Abschätzung der möglichen Vermögensschäden innerhalb der betroffenen Gebiete, in Abstimmung mit der IKSR
- Phase A3 wurde von der BfG durchgeführt und umfasst die kartographische Bearbeitung der ermittelten Überschwemmungsflächen und der Vermögensschäden.
- Phase B umfasst den Druck des Rheinatlases.



## 4 Projektphase A1: Ermittlung der Überschwemmungsgefährdung

### 4.1 Einteilung in Untersuchungsabschnitte (U1-U4)

Zur Bearbeitung der Studie wurde der Rheinverlauf in vier Teilabschnitte unterteilt:

- Abschnitt U1: Hochrhein - Rheinabschnitt Konstanz bis Basel
- Abschnitt U2: Oberrhein - Rheinabschnitt Basel bis Bingen
- Abschnitt U3: Mittel- und Niederrhein - Rheinabschnitt Bingen bis Lobith
- Abschnitt U4: Deltarhein

Die Teilabschnitte U2 bzw. U3 wurden aus hydraulischen Gründen nochmals unterteilt:

- Abschnitt U2a: Oberrhein - Rheinabschnitt Basel bis Iffezheim - staugeregelter Oberrhein
- Abschnitt U2b: Oberrhein - Rheinabschnitt Iffezheim bis Bingen - deichgeschützter Oberrhein
- Abschnitt U3a: Mittelrhein - Rheinabschnitt Bingen bis Rolandswerth
- Abschnitt U3b: Niederrhein - Rheinabschnitt Rolandswerth bis Lobith

### 4.2 Datenerhebung

Zur Bearbeitung der Studie war zunächst eine umfangreiche Datenerhebung erforderlich. Die Datenabfrage erfolgte landes- bzw. bundeslandweise. Herr Schnatz in der Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) koordinierte die Datenabfrage. Für alle Abschnitte wurden die Untersuchungswasserstände festgelegt.  $HQ_{10}$  und  $HQ_{100}$  wurden in allen Abschnitten untersucht. Ein Ereignis  $HQ_{EXTREM}$  musste von Abschnitt zu Abschnitt sinnvoll festgelegt werden. Die gewählte Abstufung folgt der Überlegung:

- $HQ_{10}$ : Hochwasserereignisse bis  $HQ_{10}$  treten sehr häufig auf und haben somit eine hohe Überflutungswahrscheinlichkeit.
- $HQ_{100}$ : Hochwasserereignisse zwischen dem  $HQ_{10}$  und  $HQ_{100}$  sind wahrscheinlich und bergen zwar ein höheres Schadenrisiko, aber eine geringere Überflutungswahrscheinlichkeit.
- $HQ_{EXTREM}$ : Extremereignisse treten nur selten auf, sind aber nicht unwahrscheinlich. Bezüglich einer drohenden Überflutung gibt es auf den betroffenen Flächen ein Restrisiko.

#### 4.2.1 Abschnitt U1: Hochrhein (Schweiz, Baden-Württemberg)

In einem ersten Termin am 14.01.2000 in Basel wurden die Eckdaten für den Hochrhein abgesteckt. Das Hochwasserereignis im Mai 1999, das in seinem Wiederkehrintervall zwischen 100 und 200 Jahren eingestuft wird, erzeugte nur lokale Ausuferungen. Eine flächendeckende Überflutung ist bei diesem Wasserstand aufgrund der Topographie am Hochrhein nicht zu erwarten.

Es wurden folgende grundlegenden Festsetzungen getroffen:

- $HQ_{10}$ : entspricht der Uferlinie. ( $HQ_{10}$  am Pegel Rheinfelden ca. 3900 m<sup>3</sup>/s)
- $HQ_{100}$ : Als  $HQ_{100}$  -Linie wird die Überflutungslinie/Anschlaglinie beim Ereignis Mai 1999 übernommen. Beim Pegel Rheinfelden wurde 1999 ein HQ von 4550 m<sup>3</sup>/s ermittelt.
- $HQ_{EXTREM}$ :  $HQ_{EXTREM}$  liegt einen Meter über dem Ereignis Mai 1999 und wird relativ zur Linie 1999 ermittelt. Im Bereich des Untersees (Bodensee) wird der Zuschlag von einem Meter aus hydraulischen Gründen auf einen halben Meter reduziert.

Folgende Daten lagen für den Hochrhein vor:

- Luftbildaufnahmen vom Hochwasserereignis Mai 1999 (Schrägaufnahmen, nicht flächendeckend)
- Anschlaglinien vom Hochwasser 1999
- Aufzeichnungen der Pegelstände vom Mai 1999 am Hochrhein bzw. am Bodensee
- Digitale Rasterkarten der Schweiz 1:25.000
- Digitales Höhenmodell Schweiz, Matrix- und Basismodell
- Digitale Rasterkarten Baden-Württemberg 1:25.000

#### 4.2.2 Abschnitt U2a: staugeregelter Oberrhein (Frankreich, Baden-Württemberg)

Bei einem Termin am 07.02.2000 in Straßburg mit Vertretern aus Frankreich und aus Baden-Württemberg wurden die Besonderheiten der staugeregelten Rheinstrecke zwischen Basel und Iffezheim erörtert. Das durchgängige teilweise zweiachsige Deichsystem bietet einen Schutzgrad von 1000 Jahren Wiederkehrintervall. Es besteht Einigkeit darüber, dass für die Betrachtung von  $HQ_{EXTREM}$  Deichbruchszenarien gewählt werden.

- $HQ_{10}$ : entspricht der Uferlinie.
- $HQ_{100}$ : entspricht der ersten Deichlinie

- **HQ<sub>EXTREM</sub>:** Da die zunächst vorgesehenen Wasserspiegellagen HQ<sub>200</sub> bei gelegten Wehren von der französischen Seite nicht bereitgestellt werden konnte, wurde wie für diesen Fall vereinbart als HQ<sub>EXTREM</sub> die aufgemessene Wasserspiegellage des historischen Hochwasserereignisses 1882 herangezogen.<sup>1</sup>

Folgende Daten lagen für den Abschnitt U2a vor:

- Digitale Rasterkarten Frankreich 1:25.000
- Digitale Rasterkarten Baden-Württemberg 1:25.000
- DGM Frankreich 50 x 50 m-Raster
- DGM Baden-Württemberg, im Bereich der Gewässerdirektion Lahr Laser-Scan-Daten
- Historische Aufzeichnung der Überflutungsflächen und Pegelstände am Oberrhein beim Ereignis 1882

#### 4.2.3 Abschnitt U2b: deichgeschützter Oberrhein (Frankreich, Baden-Württemberg, Rheinland-Pfalz, Hessen)

Mit den Vertretern aus Frankreich und Baden-Württemberg wurden am 07.02.2000 in Straßburg erste Festlegungen für den Abschnitt U2b getroffen. In einem weiteren Termin am 21.02.2000 in Mainz bzw. am 02.03.2000 in Darmstadt wurden diese Festlegungen für die rheinland-pfälzische bzw. hessische Strecke bestätigt.

- **HQ<sub>10</sub>:** entspricht weitestgehend der Uferlinie oder dort wo vorhanden der Sommerdeichlinie. In Hessen ist die Insel Kühkopf bei HW<sub>10</sub> überstaut. Eine Berechnung wird vorgenommen.
- **HQ<sub>100</sub>:** entspricht der Winterdeichlinie. Aufgrund des Sanierungsstandes der Winterdeiche ist stellenweise das Schutzniveau erst unter Einbeziehung aller Sicherheiten und des Freibords bei 100 Jahren Wiederkehrintervall.
- **HQ<sub>EXTREM</sub>:** Szenarien mit Deichbruch bei einer Wasserspiegellage von HQ<sub>200</sub> + 0,5 Meter an ungünstigster Stelle in einem geschlossenen System.

Folgende Daten lagen für den Abschnitt U2b vor:

- Digitale Rasterkarten Frankreich 1:25.000
- Digitale Rasterkarten Baden-Württemberg 1:25.000
- Digitale Rasterkarten Rheinland-Pfalz 1:25.000

<sup>1</sup> In einem Abschnitt des staugeregelten Oberrheins von ca. 30 km Länge hat sich die Sohle des Rheins seit 1882 bis zu mehreren Metern eingetieft. Ein Ereignis wie 1882 würde sich in diesem Bereich anders darstellen, als mit der Spiegellinie 1882 berechenbar.

- Digitale Rasterkarten Hessen 1:25.000
- DGM Frankreich 50 x 50 m-Raster
- DGM Baden-Württemberg 50 x 50 m-Raster
- DGM Gewässerdirektion südlicher Oberrhein, Bereich Lahr (Laser-Scan)
- DGM Stadt Mannheim (Laser-Scan)
- Digitales Überflutungsmodell Stadt Karlsruhe (aus Laser-Scan-Daten)
- DGM Rheinland-Pfalz 20 x 20 Meter-Raster
- DGM Hessen (Höhenraster aus DGK5)
- Liste mit dem derzeitigen Schutzzustand der rheinland-pfälzischen Winterdeiche
- Neueste digitale Deichlinien

#### 4.2.4 Abschnitt U3a: Mittelrhein (Rheinland-Pfalz, Hessen)

Der Hauptanteil der Mittelrheinestrecke liegt in Rheinland-Pfalz. Beim Besprechungstermin am 21.02.2000 in Mainz sind sich die Anwesenden einig, dass aufgrund des Maßstabes und der steilen Topographie für große Abschnitte der Bergstrecke eine differenzierte Darstellung nur schwer möglich sein wird. Nur im Abschnitt von Koblenz bis Andernach werden die unterschiedlichen Flächenausdehnungen sichtbar.

- $HQ_{10}$ : Eine Berechnung für  $HQ_{10}$  wird vorgenommen. Ggf. entspricht streckenweise die Darstellung im Maßstab 1:100.000 der Uferlinie.
- $HQ_{100}$ : Eine Berechnung für  $HQ_{100}$  wird vorgenommen. Ggf. entspricht streckenweise die Darstellung im Maßstab 1:100.000 der Uferlinie.
- $HQ_{EXTREM}$ : Eine Berechnung für eine Wasserspiegellage von  $HQ_{200} + 0,5$  Meter wird vorgenommen. Ggf. entspricht streckenweise die Darstellung im Maßstab 1:100.000 der Uferlinie.

Folgende Daten lagen für den Abschnitt U3a vor:

- Digitale Rasterkarten Rheinland-Pfalz 1:25.000
- Digitale Rasterkarten Hessen 1:25.000
- DGM Rheinland-Pfalz 20 x 20 m-Raster
- DGM Hessen (Höhenraster aus DGK5)

#### 4.2.5 Abschnitt U3b: deutscher Niederrhein (Nordrhein-Westfalen)

Ein Termin mit Vertretern aus Nordrhein-Westfalen fand am 14.03.2000 im Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft in Düsseldorf statt. Dort wurden die in Nordrhein-Westfalen bereits vorliegenden Daten erörtert. Unter anderem wurden die Daten der Ende 1999 abgeschlossenen Studie zur Darstellung der Überflutungsflächen und zur Ermittlung der Schadenspotentiale am Rhein in Nordrhein-Westfalen erörtert. Wo möglich wurden vorhandene Grunddaten aus dieser Studie zur Verfügung gestellt und weiterverarbeitet.

- HQ<sub>10</sub>: entspricht weitestgehend der Uferlinie. Eine Berechnung wird vorgenommen.
- HQ<sub>100</sub>: entspricht der Hauptdeichlinie.
- HQ<sub>EXTREM</sub>: Szenarien mit Deichbruch bei einer Wasserspiegellage von HQ<sub>500</sub> an ungünstigster Stelle in einem geschlossenen System. Übernahme der Überflutungsdaten aus der Landesstudie. Neuberechnung im Übergangsbereich zwischen Deutschland und den Niederlanden.

Folgende Daten liegen für den Abschnitt U3b vor:

- Digitale Rasterkarten Nordrhein-Westfalen 1:25.000
- Digitales Überflutungsmodell NRW auf Basis des verbesserten Rheinmodell, 50x50m

#### 4.2.6 Abschnitt U4: Niederrhein / Deltarhein (Niederlande)

Ein Termin mit Vertretern aus den Niederlanden fand am 20.03.2000 in Arnheim statt. In Abstimmung mit der Projektleitung wurden die benötigten Daten von den Stellen in den Niederlanden den holländischen Vertretern der Arbeitsgemeinschaft direkt zur Verfügung gestellt. Ansprechpartner des Konsortiums in den Niederlanden ist Haskoning.

- HQ<sub>10</sub>: entspricht weitestgehend der Uferlinie. Eine Berechnung wird vorgenommen.
- HQ<sub>100</sub>: entspricht der Hauptdeichlinie.
- HQ<sub>EXTREM</sub>: Szenarien mit Deichbruch bei einer Wasserspiegellage von HQ<sub>1250</sub> an der tiefsten Stelle des Deichsystems in einem geschlossenen System. Übernahme der Daten aus den Niederlanden.

Folgende Daten lagen für den Abschnitt U4 vor:

- Digitale Rasterkarten der Niederlande 1:25.000
- DGM der Niederlande (500 x 500 m)
- Digitales Überflutungsmodell Holland "Deichversagen im tiefsten Punkt der Deichlinie"

- Digitales Überflutungsmodell Holland "Außendeichbereiche"
- Bericht: Standardmethode zur Ermittlung von Schadenspotentialen

#### 4.2.7 Abschnittübergreifende Daten

Folgende abschnittübergreifenden Daten lagen vor:

- Digitale Rasterkarten 1:100.000 für das gesamte Projektgebiet
- Digitale Vektorgeometrie des Rheinatlases 1998 (Blattschnitte, Deichlinien)
- abschnittsweise Querprofile des Rheins
- CORINE-Land-Cover-Daten (für die Schweiz gesonderter Datensatz "CLCBN85")
- Verwaltungsgrenzen
- Einwohnerzahlen

#### 4.3 Datenverarbeitung

Die vorliegenden Daten wurden zunächst gesichtet und auf einen einheitlichen Stand gebracht. Die GIS-Bearbeitung der deutschen Daten erfolgt im 2. bzw. 3. Meridianstreifen des Gauß-Krüger-Systems. Die französischen, schweizerischen und niederländischen Daten lagen in den jeweiligen landesspezifischen Koordinatensystemen vor und wurden auch in diesen verrechnet. Zum Abschluss wurden alle Ergebnisse in den 3. Meridianstreifen des Gauß-Krüger-Systems transformiert bzw. projiziert.

Weiter wurden die Höhenmodelle, dort wo vorhanden in ein regelmäßiges Raster verrechnet. Dabei wurden unterschiedliche Besonderheiten der einzelnen Höhenmodell berücksichtigt.

##### 4.3.1 Höhenmodell Schweiz

Das vorhandene Höhenmodell der Schweiz im Bearbeitungsmaßstab 1:25.000 lieferte nur unbefriedigende Genauigkeit. Dennoch wurden für die Abschnitte, bei denen 1999 Überflutungen stattfanden, Extrapolationen vorgenommen und anhand der Topographischen Karte 1:25.000 aufgebessert. Berücksichtigt man den späteren Veröffentlichungsmaßstab 1:100.000, bedeutet ein halber Millimeter Strichstärke bereits eine Breite von 50 Metern in der Natur.

##### 4.3.2 Höhenmodell Frankreich

Für Frankreich wurde ein 50x50 Meter-Raster bereitgestellt. Da die vorliegenden digitalen Daten eine Treppe in Meter-Schritten aufwiesen, müssen sie zunächst entsprechend verrechnet werden. Dem Verfahren lag die Annahme zugrunde, dass die Daten zuvor auf Meter gerundet wurden und jeweils die Stufenmitte

somit den korrekten Wert enthält. Diese Werte wurden beibehalten. Die dazwischen liegenden Werte wurden linear (zwischen den jeweils am nächsten liegenden Punkten) interpoliert. Ein Vergleich mit der in den Karten abgebildeten Topographie zeigt eine sehr gute Übereinstimmung.

Das französische Höhenmodell orientiert sich nicht wie das deutsche Modell an Normal Null am Amsterdamer Pegel, sondern ist am Pegel Marseilles ausgerichtet. Dies erforderte eine Korrektur der Höheninformationen bzw. der verwendeten Wasserstandsdaten. Ein Höhenunterschied von 27 cm wurde bei den Wasserspiegeln berücksichtigt.

#### **4.3.3 Höhenmodell Baden-Württemberg**

Für den Bereich der Gewässerdirektion Lahr lag ein genaues Laser-Scan-Modell vor. Für die Flächen der Städte Mannheim und Karlsruhe lagen ebenfalls Laser-Scan-Daten vor bzw. wurde ein darauf basierendes digitales Überflutungsmodell bereitgestellt. Die übrigen Bereiche wurden durch das DGM Baden-Württemberg abgedeckt. Ergänzend wurden dort, wo die Ergebnisse aus dem Baden-Württembergischen Höhenmodell nicht ausreichende Ergebnisse lieferte Höhendaten aus den analogen DGK 5 hinzugezogen.

#### **4.3.4 Höhenmodell Hessen**

In Hessen wird von der Landesvermessung seit Sommer 2000 ein digitales Geländemodell zur Verfügung gestellt, das aus den Höhenlayer der digitalen DGK5 extrahiert wurde. Teilweise sind in diesen Daten auch Geländebruchkanten erfasst. Dieses Höhenmodell liefert eine ausreichende Punktdichte und eine hinreichende Höhengenaugigkeit.

#### **4.3.5 Höhenmodell Rheinland-Pfalz**

Für Rheinland-Pfalz lag ein Geländemodell mit einer Rasterweite von 20 Metern vor, das aus digitalisierten Höhenlinien der DGK5 errechnet wurde. Die Höhengenaugigkeit liegt im Dezimeterbereich.

#### **4.3.6 Höhenmodell Nordrhein-Westfalen**

In Nordrhein-Westfalen wurden das Höhenmodell und das Überflutungsmodell der Landesstudie von 1999 durch die RWTH bereitgestellt. Dieses Modell basiert auf dem DGM der Landesvermessung, das durch Höhendaten, insbesondere der Bergbauverbände, ergänzt und verbessert wurde.

#### **4.3.7 Höhenmodell Niederlande**

In den Niederlanden wurden in den vergangenen Jahren umfangreiche Untersuchungen zur Überflutungssituation durchgeführt. Aus diesen Untersuchung wurde ein flächendeckendes digitales Geländemodell bzw. Überflutungsmodell zur Verfügung gestellt und übernommen.

### **4.4 Verwendete Wasserspiegellagen**

Die Wasserspiegellagenberechnungen für den Rhein stehen ab Rhein-km 362,5 (Pegel Maxau) bis km 865 (Grenze zu Holland) zur Verfügung. Für die Abschnitte oberhalb Maxau konnten keine Spiegellinienberechnungen bereitgestellt werden. Für den niederländischen Abschnitt wurde ein digitales Überflutungsmodell bereitgestellt, welches an den Höhenkoten des tiefsten Punktes der Hauptdeichlinie (relativ zum Wasserspiegel) orientiert ist. Es wurden ebenfalls keine Spiegellinienberechnungen bereitgestellt.

Folgende Durchflüsse liegen der Spiegellinie zwischen Maxau und Emmerich zu Grunde:

Tabelle 4.1: Durchflüsse an den Pegeln zwischen Maxau und Emmerich bei Hochwasser mit den Wiederkehrintervallen 10, 100 und 200 Jahren

Pegel	Fluß-km	HQ10	HQ100	HQ200
Pegel	Km	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s
Emmerich	852	9100	12200	13100
Rees	837	9170	12300	13300
Ruhrort	781	9200	12400	13400
Köln	688	8900	12000	12900
Bonn	655	8760	11700	12600
Andernach	614	8740	11730	12700
Koblenz	692	6140	8200	8830
Kaub	546	5680	7530	8090
Mainz	498	5480	7410	7960
Worms	444	4470	5800	6000
Maxau	362	4030	4790	5000

#### 4.4.1 Sonderfall: Hochrhein bis Basel

Für den Rheinabschnitt zwischen dem Bodensee und Basel liegen keine Spiegellinienberechnungen vor. In der Vereinbarung vom 14.01.2000 wurde festgelegt, dass der Wasserstand von Mai 1999 mit einem Zuschlag von einem Meter (im Bereich Bodensee einen halben Meter) für die Ermittlung der Überflutungsflächen verwendet werden sollte.

Da die Überflutungsgrenzen von 1999 digital zur Verfügung standen, konnten diese mit dem Höhenmodell verschnitten werden und das Extremereignis als relative Linie einen Meter oberhalb ermittelt werden. Schon beim Einlesen der digitalen Überflutungsgrenzen von 1999 in das System und der Überlagerung mit den Höhenlinien aus der Topographischen Karten 1:25.000 zeigte sich, dass einige Höhenlinien nicht mit den Überflutungsgrenzen korrelieren. Die Ergebnisse aus der Relativverschiebung der Linie von 1999 war deshalb nochmals gesondert zu prüfen. Dies geschah vor Ort bei den zuständigen Stellen in der Schweiz, da dort die notwendige Ortskenntnis vorhanden ist.

#### 4.4.2 Sonderfall: Basel bis Maxau

Für den Rheinabschnitt zwischen Basel und Maxau konnte ebenfalls keine Spiegellinienberechnung zur Verfügung gestellt werden. Nur abschnittsweise liegen Berechnungen vor, die sich aber immer auf das Rheinbett bzw. den Bereich zwischen den Hauptdeichen entlang des Rheines bzw. des Rheinseitenkanals beziehen. Im Falle eines Deichversagens ist aber dieser Wasserstand nicht aussagekräftig, da es sofort aufgrund der Entlastung zu einer Absenkung der Wasserstände kommen wird. Insbesondere in den Bereichen oberhalb der Staustufen sind die in den Berechnungen ermittelten Wasserspiegellagen weit über dem umliegenden Gelände, da die Staustufen treppenförmig aus dem Gelände ragen.

In einer Vereinbarung zwischen der BfG/IKSR, Frankreich und Baden-Württemberg wurde festgelegt, dass im Falle des Fehlens verwertbarer Wasserspiegellagenberechnungen die Spiegellinienfixierung des Rheinhochwassers von Dezember 1882 verwendet wird. Die Wasserstände an den Pegeln des Oberrheins wurde bei diesem Ereignis festgehalten und können nun über die damals geltenden Pegelnullpunkte auf ein NN-Niveau rückgerechnet werden. Alle Zwischenwerte wurden linear interpoliert. Der Rheinverlauf von 1882 und die Wasserspiegellagen mit dem zugehörigen Gefälle stehen, anders als heute nach dem Oberrheinausbau, in Relation zu dem umliegenden Gelände. Diese Tatsache bestätigt die gewählte Vorgehensweise.



In einigen Bereichen des Abschnittes U2a hat sich das Flussbett des Rheins seit 1882 teilweise um einige Meter eingetieft. Die aus den Daten von 1882 extrahierte Spiegellinie kann diese Eintiefung nicht berücksichtigen. In diesen Abschnitten ist der Eintritt des ermittelten Extremhochwassers zwar weniger häufig zu erwarten aber nicht unwahrscheinlich.

#### 4.5 Verwendete Berechnungsprozedur (Abschnitte U2a, U2b, U3a Grenzbereich D-NL)

Die Berechnung der Überflutungsflächen und -tiefen erfolgte mit dem Berechnungstool "FloodArea", das von der Geomer GmbH in Zusammenarbeit mit der Ingenieurgemeinschaft Ruiz Rodriguez + Zeisler entwickelt wurde. Dieses Tool folgt einem hydrodynamischen Ansatz und berechnet die Überflutungssituation in einem regelmäßigen Raster. Betrachtet werden jeweils alle 8 Nachbarzellen einer Rasterfläche. Das Abflussvolumen zu den Nachbarn wird mit Hilfe der Fließformel nach Manning-Strickler errechnet.

Die Fließhöhe ergibt sich jeweils aus der Differenz zwischen dem kleineren Wasserspiegel und der höheren Geländehöhe. Der Wasserspiegel und die Geländehöhe werden dabei für alle Richtungen zwischen der aktuell bearbeiteten Rasterfläche und allen Nachbarn verglichen. Vereinfachend wird für alle Nachbarn die gleiche Strömungsbreite angenommen, für die diagonal angrenzenden Rasterflächen wird jedoch die etwas größere Entfernung (von Mittelpunkt zu Mittelpunkt) in der Berechnung berücksichtigt.

Zwischen den einzelnen Rasterflächen werden die errechneten Abflüsse jeweils zum Ende eines Iterationsschrittes verschoben, es kann folglich kein Volumen verloren gehen. Das Modell berücksichtigt die im Geländemodell abgebildeten Hindernisse sowohl absolut (Fließhindernis) als auch bezüglich eines nur in geringem Maße möglichen Wasseraustausches bei geringer Überstömung dieser Hindernisse.

Die Einspeisung der Wasserspiegellage in das Modell erfolgt über ein Grid, das bei jedem Iterationsschritt wieder in seinen Ausgangszustand zurückversetzt wird. Dieses Grid umfasst das Gewässer. Je nachdem welche Fließvorgänge in der Zwischenzeit abliefen, wird dadurch an den betroffenen Rasterflächen Wasservolumen in das Modell eingespeist bzw. aus diesem entfernt.

Entsprechend der Vorgabe wird in den meisten Abschnitten für das 10-jährliche Ereignis die Uferlinie und für das 100-jährliche Ereignis die Deichlinie verwendet. Dort, wo bei diesen Ereignissen andere Linienführungen erwartet wurden, wurden ebenfalls mit der Routine FloodArea berechnet.

Dargestellt werden die stationären Endzustände der Simulation. Die Ergebnisse geben somit den für jeden Abschnitt den maximal zu erwartenden Wasserstand wieder. Dieser kann jedoch nur in einem begrenzten Bereich auftreten, da sonst durch Retentionseffekte der Wasserspiegel im Rhein deutlich abgesenkt werden würde. Der spätere Rheinatlas zeigt somit nicht die Überschwemmungssituation, die durch ein bestimmtes Ereignis entlang der gesamten Rheinstrecke entstehen würde. Die Karte stellt vielmehr eine Synthese dar, die für jeden Punkt eine mögliche Überschwemmungssituation unter den gestellten Vorgaben zeigt.

Bereiche, die durch ein Hochwasser der Nebenflüsse überschwemmt werden können, wurden nur in dem Bereich dargestellt, in dem der Rheinwasserstand über dem Gelände steht. Die Auswirkungen eines Zusammentreffens eines Nebenflusshochwassers mit einem Rheinhochwasser wurde nicht untersucht. Lokal können also auch höhere Wasserstände als die dargestellten auftreten, sofern diese nicht durch den Rhein (allein) bedingt sind.

## 5 Projektphase A2: Abschätzung der möglichen Vermögensschäden

Auf der Grundlage der in den Abschnitten U1-U4 ermittelten Überflutungsflächen waren die möglichen Vermögensschäden zu bestimmen. Zu unterscheiden ist dabei grundsätzlich nach reinen Vermögensschäden (Schäden an Bauten, an Vorräten und Hausrat und Schäden durch Ertragsausfall), indirekten Vermögensschäden (Wertschöpfungsverluste) und nicht monetär bewertbaren Schäden (physische und psychische Personenschäden, ökologische Schäden, Schäden an Kulturgütern).

Im Rahmen dieser Studie können nur die möglichen Vermögensschäden bzw. die betroffenen Personen abgeschätzt werden. Die möglichen Wertschöpfungsverluste sind aufgrund fehlender flächendeckender Informationen im Rahmen dieser Studie nicht leistbar. Entscheidend wäre dabei neben der Bruttowertschöpfung in einem Gebiet auch die Ausfallzeit während und nach einem Hochwasser. Bei Ausfallzeiten, die regional mehrere Monate betragen können (vor allem am Niederrhein und in den Niederlanden) liegt die Größenordnung der Wertschöpfungsverluste bei einem Vielfachen der Vermögensschäden.

Schlüsselgröße zur Ermittlung der Vermögensschäden und der Personenrisiken waren die vorhandenen Bodennutzung aus dem CORINE-Datensatz im Maßstab 1:100.000. Andere Landnutzungsinformationen (z.B. ATKIS, ALB oder ALK im deutschen Kataster) können zwar genutzt werden. Diese sind aber nicht in den anderen Rheinanliegerstaaten verfügbar. Um insgesamt ein homogenes Ergebnis zu erhalten, wurde die Anwendung des CORINE-Datensatzes gewählt.

Der CORINE-LAND-COVER-Datensatz unterscheidet insgesamt 44 Bodennutzungsarten in fünf Bereichen (1. Bebaute Flächen, 2. Landwirtschaftliche Flächen, 3. Wälder und naturnahe Flächen, 4. Feuchtflächen und 5. Wasserflächen). Jede Flächeneinheit gleicher Nutzung größer 25 ha wird als Flächennutzungseinheit (FNE) bezeichnet.

Die Tabelle 5.1 weiter hinten im Text gibt einen Überblick über die in CORINE klassifizierten Bodennutzungsarten.

Auf Grund der in CORINE gestellten Vorgaben (alle Flächen größer als 25 ha) sind einige Nutzungsarten unterrepräsentiert. Insbesondere die linienhaften Nutzungen wie Straßen und Bahnstrecken bzw. die kleineren Gewässer werden nicht dargestellt. Diese Nutzungen verteilen sich dann auf die großen Nutzungsarten wie Siedlungen bzw. land- und forstwirtschaftliche Flächen. Dies musste entsprechend berücksichtigt werden.

### 5.1 Schadenspotential / Vermögenswerte

Die Ermittlung der möglichen Vermögensschäden erfolgt in einem zweistufigen Vorgehen. In einem ersten Schritt wurden zunächst die Vermögenswerte auf den potentiell betroffenen Überflutungsflächen ermittelt. Die Summe aller Vermögenswerte im Untersuchungsraum stellt einen Referenzwert dar, an dem nachfolgende Ergebnisse gespiegelt werden können. Dieser Wert ist von daher nur eine Teilinformation. Denn nur für den Fall, dass man bei einem "Katastrophenereignis" wie dem größten anzunehmenden Hochwasserfall erwarten müsste, dass alle Vermögensbestände vollständig überflutet und total geschädigt würden, wäre diese Zahl für die Größenordnung der potentiellen Schäden aussagekräftig.

Davon kann allerdings auch im Fall der größten anzunehmenden Katastrophe aus verschiedensten Gründen, insbesondere Schadensgeschehen und Topographie, nicht ohne weiteres ausgegangen werden. Folglich sind an dieser Stelle im zweiten Schritt weitere Daten von Interesse, die die Schadensentwicklung an den einzelnen Vermögensbeständen wiedergeben als denjenigen Teil der Vermögenswerte, welcher unter

den vorgegebenen Bedingungen (hier: die Überflutungshöhe) schadensempfindlich ist. (Schädigungsfunktionen).

Die Vorgehensweise entspricht weitestgehend der Methodik, die bereits u.a. in den Studien zur Ermittlung der Hochwasserschadenspotentiale am Oberrhein, an Mosel und Mittelrhein, am Main bzw. in der Stadt Köln von den Bearbeitern verwendet wurde (vgl. Bild 5.1)



Bild 5.1: Grundlegende Verfahrensschritte zur analytischen Bewertung von Hochwasserwirkungen; in Anlehnung an Günther, W., Schmidtke, R.F., Klaus, J. Lindstadt, H.J., 1981

## 5.2 Ermittlung der Vermögenswerte

Wie bereits erwähnt unterscheidet der CORINE-Datensatz insgesamt 44 Bodennutzungsarten. Nicht alle dieser Bodennutzungsarten sind bei Hochwasser schadensempfindlich. Die nachfolgende Tabelle 5.1 gibt einen Überblick über die Nomenklatur der CORINE-Daten und mögliche Schädigungsarten an den unterschiedlichen Nutzungen.

Tabelle 5.1: Bodennutzungsarten nach CORINE LAND COVER

CORINE LAND COVER Nomenklatur der Bodenbedeckungen					
Ebene 1 Bereiche	Ebene 2 Gruppe	Ebene 3 Arten	mögliche Schadensart*		
1. Bebaute Flächen	1.1 Städtisch geprägte Flächen	1.1.1 Durchgängig städtische Prägung	V, P, W		
		1.1.2 Nicht durchgängig städtische Prägung	V, P, W		
	1.2 Industrie-, Gewerbe- und Verkehrsflächen	1.2.1 Industrie- und Gewerbeflächen	V, P, W		
		1.2.2 Straßen-, Eisenbahnnetze und funktionell zugeordnete Flächen	(V), P, W		
		1.2.3 Hafengebiete	V, P, W		
		1.2.4 Flughäfen	V, P, W		
	1.3 Abbauflächen, Deponien und Baustellen	1.3.1 Abbauflächen	(V)		
		1.3.2 Deponien und Abraumhalden	(V)		
	1.4 Künstlich angelegte, nicht landwirtschaftlich genutzte Grünflächen	1.3.3 Baustellen	(V), P, W		
		1.4.1 Städtische Grünflächen	(V)		
		1.4.2 Sport- und Freizeitanlagen	(V)		
		2.1.1 Nicht bewässertes Ackerland	EA		
	2. Landwirtschaftliche Flächen	2.1 Ackerflächen	2.1.2 Regelmäßig bewässertes Ackerland	EA	
			2.1.3 Reisfelder	EA	
2.2.1 Weinbauflächen			EA		
2.2 Dauerkulturen		2.2.2 Obst- und Beerenobstbestände	EA		
		2.2.3 Olivenhaine	EA		
		2.3.1 Wiesen und Weiden	EA		
2.3 Grünland		2.4.1 Einjährige Kulturen in Verbindung mit Dauerkulturen	EA		
		2.4.2 Komplexe Parzellenstrukturen			
		2.4.3 Landwirtschaftlich genutztes Land mit Flächen natürl. Bodenbedeckung von signif. Größe	EA		
		2.4.4 Land- und Forstwirtschaftliche Flächen	EA		
3. Wälder und naturnahe Flächen		3.1 Wälder	3.1.1 Laubwälder	EA	
			3.1.2 Nadelwälder	EA	
			3.1.3 Mischwälder	EA	
		3.2 Strauch- und Krautvegetation	3.2.1 Natürliches Grünland		
	3.2.2 Heiden- und Moorheiden				
	3.2.3 Hartlaubbewuchs				
	3.2.4 Wald-Strauch-Übergangsstadien				
	3.3 Offene Flächen mit/ohne Vegetation	3.3.1 Strände, Dünen und Sandflächen			
		3.3.2 Felsflächen ohne Vegetation			
		3.3.3 Felsflächen mit spärlicher Vegetation			
		3.3.4 Brandflächen			
		3.3.5 Gletscher- und Dauerschneegebiete			
	4. Feuchtflächen	4.1 Feuchtflächen im Landesinneren	4.1.1 Sümpfe		
			4.1.2 Torfmoore		
4.2 Feuchtflächen an der Küste		4.2.1 Salzwiesen			
		4.2.2 Salinen			
		4.2.3 In den Gezeitenzonen liegende Flächen			
		5.1.1 Gewässerläufe			
5. Wasserflächen	5.1 Wasserflächen im Landesinneren	5.1.2 Wasserflächen			
		5.2.1 Lagunen			
	5.2 Meeresgewässer	5.2.2 Mündungsgebiete			
		5.2.3 Meere und Ozeane			
		* V = Vermögensschäden, P = Personenschäden, W = Wertschöpfungsverluste, EA = Ertragsausfall			

Erwartungsgemäß werden im Bereich 1 "Bebaute Flächen" die größten Vermögenswerte zu finden sein. Dort bestehen auch die größten Personenrisiken. Auf den Flächen des Bereiches 2 "Landwirtschaftliche Flächen" liegt die mögliche Schädigung im Ausfall des Ertrages durch Ausbleiben der Ernte. Das gleiche gilt für die Gruppe 3.1 "Wälder", da diese meist forstwirtschaftlich genutzt werden. Hier ist jedoch eher von einer Ertragsminderung auszugehen.

Die Ermittlung der vorhandenen Vermögenswerte auf den bebauten Flächen erfolgte flächenproportional auf Grundlage nutzungsspezifischer Basiswerte in EURO pro m<sup>2</sup>. Im Vergleich zu den Werten in den bebauten Bereichen wurden die Ertragsausfälle auf den land- und forstwirtschaftlichen Flächen als gering eingeschätzt. Auch in bezug auf den Aktionsplan spielen diese Nutzungen keine oder nur eine untergeordnete Rolle. Der Vollständigkeit halber wurden diese Werte mit vorhandenen Faustzahlen dennoch grob abgeschätzt.

Die Flächen der Gruppen 3.2 und 3.3 bzw. der Bereiche 4 und 5 der CORINE-Daten sind von Natur aus als schadensunempfindlich anzusehen. Von einer näheren Betrachtung des Schadensgeschehen auf diesen Flächen wurde deshalb abgesehen.

### 5.2.1 Basiswerte in EURO/m<sup>2</sup> für die deutschen Bundesländer

Aus zahlreichen Untersuchungen zur Ermittlung von Hochwasserschadenspotentialen<sup>2</sup> liegen den Bearbeitern Basisinformationen zur Ermittlung der Vermögenswerte vor. Für die Bundesländer Baden-Württemberg, Hessen, Rheinland-Pfalz und Nordrhein-Westfalen gibt es umfangreiches Datenmaterial u.a. spezifische Vermögenswerte, die in Abhängigkeit der Nutzungsart den Vermögenswert je Flächeneinheit angeben. Die Daten liegen mit Datenstand 1995 vor und mussten deshalb zunächst auf heutigen Preisstand gebracht werden.

Die nachfolgenden Tabelle zeigt die Basiswerte in DM/m<sup>2</sup> (Preisstand 2001) für die Bundesländer Baden-Württemberg, Hessen, Rheinland-Pfalz und Nordrhein-Westfalen. Die Abkürzungen der Kapitalstöcke folgen der Nomenklatur:

Boden Ackerland	BA
Boden Grünland	BG
Boden Sonderkulturen	BS
Forst	FM
Energie- und Wasserversorgung, Bergbau:	EW
Verarbeitendes Gewerbe, Baugewerbe:	VB
Handel/ Dienstleistungen:	HD
Staat (einschl. private Organisationen ohne Erwerbscharakter):	ST
Verkehr und Nachrichtenübermittlung:	VN
Öffentlicher Tiefbau	OET
Wohnkapital	WK
Landwirtschaft (einschl. Forstwirtschaft) Gebäude- und Hofflächen:	LW
Sonstige	SO

#### 2 Schadenspotential im Rheingau, 1994

Ermittlung der Hochwasserschadenspotentialen am Oberrhein und Grobabschätzung am Mittelrhein, 1995

Hochwasserschutz Stadt Bad Kreuznach - Ermittlung der Schadenspotentialen -, 1996

Ermittlung der Schadenspotentialen an Mosel und Mittelrhein, 1997

Hochwasserschutzkonzept der Stadt Köln: Ermittlung von Hochwasserschadenspotentialen, 1998

Ermittlung der Hochwasserschadenspotentialen im Hessischen Ried und hessischen Maingebiet, 1998, 2000

Tabelle 5.2: Flächenbezogene Basiswerte in DM/m<sup>2</sup> in den Ländern Baden-Württemberg, Rheinland-Pfalz, Hessen und Nordrhein-Westfalen (Preisstand 2001)

flächenbezogene Basiswerte in DM/m <sup>2</sup> (Preisstand 2001)								
Vermögenskomponenten	Baden-Württemberg		Rheinland-Pfalz		Hessen		Nordrhein-Westfalen	
	immobil	mobil	immobil	mobil	immobil	mobil	immobil	mobil
	DM/m <sup>2</sup>	DM/m <sup>2</sup>	DM/m <sup>2</sup>	DM/m <sup>2</sup>	DM/m <sup>2</sup>	DM/m <sup>2</sup>	DM/m <sup>2</sup>	DM/m <sup>2</sup>
BA	0,23	0,00	0,23	0,00	0,23	0,00	0,19	0,00
BG	0,10	0,00	0,10	0,00	0,10	0,00	0,07	0,00
BS	1,73	0,00	1,61	0,00	2,30	0,00	4,27	0,00
FL, FN, FM	3,34	0,00	1,30	0,00	2,58	0,00	1,73	0,00
EW	663,97	6,77	271,85	2,76	473,27	4,83	509,07	3,78
VB	513,15	169,48	506,06	158,36	504,89	157,12	451,15	156,43
HD	2.602,04	297,47	990,29	93,16	1.394,83	114,61	1.213,65	138,67
ST	720,53	7,35	395,99	4,03	484,06	4,94	487,69	2,28
VN	482,10	4,91	278,72	2,85	586,87	5,99	515,17	3,55
ÖT	135,10	0,00	85,71	0,00	122,01	0,00	183,96	0,00
WK	(595,49)	(201,41)	(531,97)	(172,14)	(516,24)	(183,96)	(512,29)	(207,16)
LW	116,25	10,50	119,00	52,64	92,92	5,86	65,42	0,56
SO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Da die Daten nicht für die Nutzungsarten nach CORINE vorliegen, sondern in einer Gliederung, die sowohl aus dem Kataster (ALB = Automatisiertes Liegenschaftsbuch), als auch aus der Wirtschaftsstatistik abgeleitet werden kann, mussten die CORINE Nutzungsarten zunächst zu Nutzungsklassen aggregiert werden. Sechs Nutzungsklassen wurden dabei zusammengefasst:

- **Nutzungsklasse 1: Siedlung**
- **Nutzungsklasse 2: Industrie**
- **Nutzungsklasse 3: Verkehr**
- **Nutzungsklasse 4: landwirtschaftliche Nutzfläche**
- **Nutzungsklasse 5: Forst**
- **Nutzungsklasse 6: Sonstige**

Diesen Nutzungsklassen konnten dann äquivalent die Nutzungsarten nach ALB zugeordnet werden. Da es bei den Nutzungen Überschneidungen gibt, mussten einige Nutzungsarten nach ALB auf mehrere Nutzungsklassen verteilt werden. Dies galt insbesondere für die linienhaften Nutzungen Straßen und Bahnstrecken, die bei CORINE aufgrund geringer Breitenausdehnung nicht identifiziert werden und somit größtenteils bei den Siedlungsflächen bzw. bei den landwirtschaftlichen Flächen verbucht sind. Für die Straßen (öffentlicher Tiefbau OET) wurde dies in Ansatz gebracht, bei den Bahnstrecke (Verkehr und Nachrichtenübermittlung VN) aufgrund der Geringfügigkeit aber nicht.

Weiterhin sind innerhalb der Nutzungsklasse Siedlung Nutzungen zu finden, die der Nutzungsart Sonstiges zugeordnet werden müssen. Dies gilt für kleine Park- und Sportanlagen ohne Gebäude, sowie für Baustellen, die nicht anderweitig erfasst wurden. Ein entsprechender Anteil der Sonstigen Nutzungen (SO) war somit auf den Siedlungsbereich umzulegen.

In der Tabelle 5.3 kann man die im CORINE-Datenbestand vorhandenen Nutzungen in Summe für die vier Bundesländer mit den Nutzungen aus dem ALB vergleichen. Die Zuordnung der ALB-Nutzungsarten zu den Nutzungsklassen erfolgte nach dem in der sechsten Spalte beschriebenen Schlüssel. Im Durchschnitt wei-

chen die Nutzungen um weniger als 2% der Gesamtfläche ab. Diese Abweichungen sind als gering einzu-  
stufen, vor allem wenn man sich den Maßstab der zu erwartenden Ergebnisse vor Augen führt.

Die ermittelten spezifischen Vermögenswerte oder auch der ermittelte spezifische Vermögensbesatz je Nut-  
zungsklasse bildet den Faktor, mit dem die Flächeneinheiten, die von Hochwasser bedroht sind, multipliziert  
werden mussten. Das Ergebnis ist der Vermögensbesatz im betroffenen Raum.

Tabelle 5.3: Ermittlung der CORINE-Nutzungsklassen für die Summe der Länder Baden-Württemberg,  
Rheinland-Pfalz, Hessen und Nordrhein-Westfalen

CORINE- Schlüssel	CORINE-Nutzungsart	ermittelte Fläche in m <sup>2</sup> im CORINE- Bestand	%-Anteil an Gesamt- fläche	Nutzungs- klassen	Zuordnung der ALB- Nutzungs- arten	Nutzung nach ALB in m <sup>2</sup> gemäß Zuordnung	%-Anteil an Gesamt- fläche
1.1.1	Durchgängig städtische Prägung	66 933 800	0,1%				
1.1.2	Nicht durchgängig städtische Prägung	8 518 976 900	7,7%				
		<b>8.585.910.700</b>	<b>7,8%</b>	<b>Siedlung</b>	<b>EW, HD, ST, WK, LW, 10% OET, 20% SO</b>	<b>8.911.311.723</b>	<b>8,1%</b>
1.2.1	Industrie- und Gewerbeflächen	1 079 975 300	1,0%				
		<b>1.079.975.300</b>	<b>1,0%</b>	<b>Industrie</b>	<b>VB</b>	<b>1.153.829.380</b>	<b>1,0%</b>
1.2.2	Straßen-, Eisenbahnnetze und funktionell zugeordnete Flächen	66 445 400	0,1%				
1.2.3	Hafengebiete	40 514 700	0,0%				
1.2.4	Flughäfen	155 912 400	0,1%				
		<b>262.872.500</b>	<b>0,2%</b>	<b>Verkehr</b>	<b>VN</b>	<b>512.482.370</b>	<b>0,5%</b>
2.1.1	Nicht bewässertes Ackerland	35 069 092 500	31,8%				
2.1.2	Regelmäßig bewässertes Ackerland	0	0,0%				
2.1.3	Reisfelder	0	0,0%				
2.2.1	Weinbauflächen	1 214 748 100	1,1%				
2.2.2	Obst- und Beerenobstbestände	656 231 400	0,6%				
2.2.3	Olivenhaine	0	0,0%				
2.3.1	Wiesen und Weiden	12 395 007 000	11,2%				
2.4.1	Einjährige Kulturen in Verbindung mit Dauerkulturen	0	0,0%				
2.4.2	Komplexe Parzellenstrukturen	8 638 428 700	7,8%				
2.4.3	Landwirtschaftlich genutztes Land mit Flächen natürl. Bodenbedeckung von signif. Größe	2 292 937 400	2,1%				
2.4.4	Land- und Forstwirtschaftliche Flächen	0	0,0%				
		<b>60.266.445.100</b>	<b>54,6%</b>	<b>lw. Nutzfläche</b>	<b>BA, BG, BS, 90% OET</b>	<b>57.788.148.760</b>	<b>52,3%</b>
3.1.1	Laubwälder	11 734 790 300	10,6%				
3.1.2	Nadelwälder	13 144 609 000	11,9%				
3.1.3	Mischwälder	13 356 879 400	12,1%				
3.2.3	Hartlaubbewuchs	0	0,0%				
3.2.4	Wald-Strauch-Übergangsstadien	64 761 100	0,1%				
		<b>38.301.039.800</b>	<b>34,7%</b>	<b>Forst</b>	<b>FM</b>	<b>37.896.759.350</b>	<b>34,3%</b>
1.3.1	Abbauflächen	312 767 600	0,3%				
1.3.2	Deponien und Abraumhalden	74 104 600	0,1%				
1.3.3	Baustellen	16 843 500	0,0%				
1.4.1	Städtische Grünflächen	152 340 300	0,1%				
1.4.2	Sport- und Freizeitanlagen	288 245 900	0,2%				
3.2.1	Natürliches Grünland	357 753 100	0,3%				
3.2.2	Heiden- und Moorheiden	61 474 800	0,1%				
3.3.1	Strände, Dünen und Sandflächen	2 143 200	0,0%				
3.3.2	Felsflächen ohne Vegetation	0	0,0%				
3.3.3	Felsflächen mit spärlicher Vegetation	12 464 500	0,0%				
3.3.4	Brandflächen	0	0,0%				
3.3.5	Gletscher- und Dauerschneegebiete	0	0,0%				
4.1.1	Sümpfe	62 906 500	0,1%				
4.1.2	Torfmoore	43 809 400	0,0%				
4.2.1	Salzwiesen	0	0,0%				
4.2.2	Salinen	0	0,0%				
4.2.3	In den Gezeitenzonen liegende Flächen	0	0,0%				
5.1.1	Gewässerläufe	239 806 500	0,2%				
5.1.2	Wasserflächen	193 058 500	0,2%				
5.2.1	Lagunen	0	0,0%				
5.2.2	Mündungsgebiete	0	0,0%				
5.2.3	Meere und Ozeane	0	0,0%				
9.9.9	Differenz aus Projektion	11 070 100	0,0%				
		<b>1.808.788.500</b>	<b>1,6%</b>	<b>Sonstige</b>	<b>80% SO</b>	<b>4.263.602.775</b>	<b>3,9%</b>
<b>BW, RLP, HE, NRW</b>		<b>110.305.031.900</b>		<b>Gesamtergebnis</b>		<b>110.526.134.358</b>	

Aus der Wichtung der absoluten ALB-Nutzungsarten an den Nutzungsklassen ergaben sich für die vier deutschen Bundesländer folgende spezifischen Vermögenswerte je Quadratmeter:

Tabelle 5.4: Spezifische Vermögenswerte Baden-Württemberg

<b>Nutzungsklasse:</b>	<b>Wert je m<sup>2</sup> immobil</b>	<b>Wert je m<sup>2</sup> mobil</b>	<b>Gesamt</b>
1: Siedlung	268,- €/m <sup>2</sup>	54,- €/m <sup>2</sup>	322,- €/m <sup>2</sup>
2: Industrie	262,- €/m <sup>2</sup>	83,- €/m <sup>2</sup>	345,- €/m <sup>2</sup>
3: Verkehr	246,- €/m <sup>2</sup>	2,- €/m <sup>2</sup>	249,- €/m <sup>2</sup>
4: landwirtschaftliche Nutzfläche <sup>3</sup>			6,- €/m <sup>2</sup>
5: Forst			2,- €/m <sup>2</sup>
6: Sonstige			kein Wert

Tabelle 5.5: Spezifische Vermögenswerte Hessen

<b>Nutzungsklasse:</b>	<b>Wert je m<sup>2</sup> immobil</b>	<b>Wert je m<sup>2</sup> mobil</b>	<b>Gesamt</b>
1: Siedlung	231,- €/m <sup>2</sup>	51,- €/m <sup>2</sup>	282,- €/m <sup>2</sup>
2: Industrie	258,- €/m <sup>2</sup>	80,- €/m <sup>2</sup>	338,- €/m <sup>2</sup>
3: Verkehr	300,- €/m <sup>2</sup>	3,- €/m <sup>2</sup>	303,- €/m <sup>2</sup>
4: landwirtschaftliche Nutzfläche			7,- €/m <sup>2</sup>
5: Forst			1,- €/m <sup>2</sup>
6: Sonstige			kein Wert

Tabelle 5.6: Spezifische Vermögenswerte Rheinland-Pfalz

<b>Nutzungsklasse:</b>	<b>Wert je m<sup>2</sup> immobil</b>	<b>Wert je m<sup>2</sup> mobil</b>	<b>Gesamt</b>
1: Siedlung	181,- €/m <sup>2</sup>	41,- €/m <sup>2</sup>	222,- €/m <sup>2</sup>
2: Industrie	259,- €/m <sup>2</sup>	81,- €/m <sup>2</sup>	340,- €/m <sup>2</sup>
3: Verkehr	143,- €/m <sup>2</sup>	1,- €/m <sup>2</sup>	144,- €/m <sup>2</sup>
4: landwirtschaftliche Nutzfläche			5,- €/m <sup>2</sup>
5: Forst			1,- €/m <sup>2</sup>
6: Sonstige			kein Wert

Tabelle 5.7: Spezifische Vermögenswerte Nordrhein-Westfalen

<b>Nutzungsklasse:</b>	<b>Wert je m<sup>2</sup> immobil</b>	<b>Wert je m<sup>2</sup> mobil</b>	<b>Gesamt</b>
1: Siedlung	231,- €/m <sup>2</sup>	59,- €/m <sup>2</sup>	289,- €/m <sup>2</sup>
2: Industrie	231,- €/m <sup>2</sup>	80,- €/m <sup>2</sup>	311,- €/m <sup>2</sup>
3: Verkehr	263,- €/m <sup>2</sup>	2,- €/m <sup>2</sup>	265,- €/m <sup>2</sup>
4: landwirtschaftliche Nutzfläche			9,- €/m <sup>2</sup>
5: Forst			1,- €/m <sup>2</sup>
6: Sonstige			kein Wert

Zwischen den Nutzungsklassen 3 und 4 zeigt sich eine klare Trennlinie zwischen den bebauten und den unbebauten Flächen. Auch wenn die land- und forstwirtschaftlichen Flächen mit Abstand die größten Flä-

<sup>3</sup> In dieser Nutzungsklasse handelt es sich nicht um einen reinen Vermögenswert. Lediglich der Anteil des öffentlichen Tiefbaus ist dem Bruttoanlagevermögen aus der Landesstatistik entnommen. Beim Hauptanteil der Nutzungsarten (Boden Acker BA, Boden Grünland BG, Boden Sonderkulturen BS) handelt es sich bei den angegebenen Werten um Erträge, abgeleitet aus den Standarddeckungsbeiträgen in der Landwirtschaft. Diese spiegeln aber zumindest näherungsweise für die Vegetationsperiode den Wert der landwirtschaftlichen Flächen wider.



chenanteile an den Ländern und erwartungsgemäß auch im Untersuchungsraum haben, waren diese Flächen aufgrund der geringen Schadensanfälligkeit nur der Vollständigkeit halber mitzuführen.

### 5.2.2 Ermittlung von nutzungsspezifischen Vermögenswerten für die Staaten entlang des Rheins

Die ausgewerteten Schadenspotentialuntersuchungen in den Ländern Schweiz, Frankreich und Niederlande gehen nicht wie die Studien in Deutschland von einer flächenproportionalen, sondern von einer objektbezogenen Schlüsselung aus. Das setzt voraus, dass man alle Objekte im untersuchten Raum identifiziert. Angesichts der Größe des Untersuchungsraumes und beim vorgegebenen Zeit- und Finanzrahmen war diese Information nicht bereitzustellen. Eine direkte Umschlüsselung der objektbezogenen Werte auf Flächeneinheiten war ebenfalls nicht durchzuführen.

Deshalb wurde versucht, vergleichbare Basiswerte in den anderen Rhein-Anliegerstaaten zu ermitteln. Wie sich bei der Bearbeitung herausgestellt hat, kann mangels vergleichbarer originärer, amtlich-statistischer Daten über die ökonomischen Vermögenswerte diese Vorgehensweise nicht auf die anderen Anrainerstaaten übertragen werden. Es wurde deshalb die Übertragbarkeit der Zahlen auf die anderen Staaten über verschiedene wirtschaftsstatistische Indizes geprüft.

Angesichts der bereits früher konstatierten statistischen Datenlücken und Vergleichbarkeitsprobleme war klar, dass sich die Datensuche vor allem auf bereits "vergleichbar gemachte" Daten abstützen muss.

Solche Daten generiert vor allem die OECD, indem sie nicht direkt vergleichbare Länder - Daten durch Anwendung einheitlich ermittelter Kaufkraftparitäten (purchasing power parities = PPP) zum Ausgleich der vorhandenen Unterschiede vergleichbar macht. Auf dieser Basis führt auch die Auslandsabteilung des Statistischen Bundesamts, Wiesbaden, Ländervergleiche durch.

Eine Anpassung erfolgte für die Nutzungsklassen vor allem auf den Besitz der 2 CORINE - Flächentypen

- Siedlungsfläche, zusammengesetzt primär aus Wirtschaft und Wohnen und
- Industriegebietsfläche,

wobei zwischen dem Besitz von Industriegebietsflächen und CORINE-Verkehrsflächen Ähnlichkeiten festzustellen waren, die eine gleichartige Behandlung rechtfertigten.

#### 5.2.2.1 Anpassungsfaktoren für den Vermögensbesatz

Da es keine direkt vergleichbaren Bestandsdaten (stocks) gibt, musste die Betrachtung von Flussgrößen (flows) in Verbindung mit einigen wenigen Annahmen über volkswirtschaftliche Gesamtzusammenhänge helfen, um die Aufgabe zu lösen.

International gängige Bezugsgröße für makroökonomische Ländervergleiche ist das Bruttoinlandsprodukt (Gross Domestic Product = GDP). Die makroökonomische Analyse seiner Verwendung konzentriert sich, wirtschaftstheoretisch begründet, auf die 3 Aktivitätsbereiche

- Sparen
- Konsumieren
- Investieren.

Dementsprechend gibt es in den oben genannten Quellen lange Reihen, welche zeigen, wie unterschiedlich bzw. gleichförmig die Länder sich wirtschaftlich verhalten.

### 5.2.2.2 Länder-Anpassungsfaktoren für Wohnungsvermögen:

Bei der Auswertung der Länder zeigten sich deutliche Unterschiede im Spar- und Konsumverhalten zwischen den Ländern. Letzteres, insbesondere der Konsumgüterverzehr, musste sich, wie anzunehmen war, auch deutlich im Bereich des privaten Wohnens, insbesondere auch in der Ausrüstung = Ausstattung der Haushalte, niederschlagen.

Betrachtet man den entsprechenden, von der OECD entwickelten PPP - Index, so erkennt man, dass sich die Bürger der 4 Rhein - Anliegerstaaten mit dem jährlich erwirtschafteten, inländischen Anteil ihrer Sozialprodukte einen doch signifikant unterschiedlichen Lebensstandard leisten können.

Da die angezeigten Beziehungen langfristig stabil sind, ist anzunehmen, dass sich diese Größenordnungsunterschiede nicht nur in den kurzfristigen Konsumaktivitäten abbilden, sondern auch beim Vermögensbestand an langlebigen Konsum- bzw. Luxusgütern. Dafür spricht vor allem auch das gleichförmige Verhalten der Sparquoten, welche insbesondere auch die Vermögensanlagen abbilden.

Für den Bereich Wohnvermögen ergaben sich bei der Normierung des deutschen PPP-Index auf 1 folgende Faktoren für die Schweiz, Frankreich und die Niederlande:

Schweiz: 1,20

Frankreich: 0,9238

Niederlande: 1,0952

### 5.2.2.3 Länder-Anpassungsfaktoren für die Vermögen der Wirtschaft:

Betrachtet man das Investitionsgebaren in Form der Bruttoanlageinvestitionen (= BAI; auch Bruttokapitalbildung, englisch: gross capital formation, GCF), wiederum als Flussgröße und bezogen auf das GDP, erkennt man, dass sich die 4 Rhein - Anliegerstaaten bei der Zuführung von Investitionen zum Vermögensbestand der Wirtschaft ziemlich gleichartig verhalten; wieder sind langfristig stabile Durchschnittswerte verzeichnet.

Allerdings ist zu beachten, dass die prozentualen Zuflüsse von neu gebildeten Vermögenswerten auf deutlich niveaueverschiedene Vermögens - Bestände aufbauen. Wenn jedoch das Investitionsgebaren gemessen am GDP langfristig stabil ist, dann ist auch anzunehmen, dass sich der Vermögensaufbau ebenfalls parallel zum GDP entwickelt.

Deswegen erfolgte die Bildung der Faktoren für den Bereich Wirtschaft anhand des für den deutschen Wert normierten GDP.

Schweiz: 1,1653

Frankreich: 0,9280

Niederlande: 1,0636

### 5.2.2.4 Anwendung im Rechenmodell:

Für die Bewertung der Industriegebietsflächen konnten die Anpassungsfaktoren für den Bereich Wirtschaft direkt angewandt werden: Anpassungsfaktor = Länderkorrekturfaktor!

Für die Bewertung der Siedlungsflächen, die einen Flächennutzungsmix aufweisen, wurde für jedes Land unter Zurechnung der nicht identifizierbaren Anteile " Staat" zum "Wohnen" - im Verhältnis 40 : 60 (Wohnen : Industrie), aus den 2 Anpassungsfaktoren ein Länderkorrekturfaktor bestimmt:

Schweiz:	1,18
Frankreich:	0,93
Niederlande:	1,08

D.h.: die für die vier deutschen Bundesländer ermittelten Werte [in EURO/ m<sup>2</sup>] wurden zunächst gewichtet gemittelt und anschließend bei der Bewertung von Flächen in der Schweiz jeweils mit dem Faktor 1,18 multipliziert, bei der Bewertung von Flächen in Frankreich mit dem Faktor 0,93, usw. Daraus ergeben sich folgende spezifischen Vermögenswerte:

Tabelle 5.8: Spezifische Vermögenswerte Deutschland (flächengewichteter Mittelwert der Länder Baden-Württemberg, Rheinland-Pfalz, Hessen und Rheinland-Pfalz)

<b>Nutzungs-klasse:</b>	<b>Wert je m<sup>2</sup> immobil</b>	<b>Wert je m<sup>2</sup> mobil</b>	<b>Gesamt</b>
▪ 1: Siedlung	233,- €/m <sup>2</sup>	55,- €/m <sup>2</sup>	288,- €/m <sup>2</sup>
▪ 2: Industrie	246,- €/m <sup>2</sup>	82,- €/m <sup>2</sup>	328,- €/m <sup>2</sup>
▪ 3: Verkehr	250,- €/m <sup>2</sup>	2,- €/m <sup>2</sup>	252,- €/m <sup>2</sup>
▪ 4: landwirtschaftliche Nutzfläche			7,- €/m <sup>2</sup>
▪ 5: Forst			1,- €/m <sup>2</sup>
▪ 6: Sonstige			kein Wert

Tabelle 5.9: Spezifische Vermögenswerte Schweiz

<b>Nutzungs-klasse:</b>	<b>Wert je m<sup>2</sup> immobil</b>	<b>Wert je m<sup>2</sup> mobil</b>	<b>Gesamt</b>
▪ 1: Siedlung	275,- €/m <sup>2</sup>	65,- €/m <sup>2</sup>	340,- €/m <sup>2</sup>
▪ 2: Industrie	287,- €/m <sup>2</sup>	96,- €/m <sup>2</sup>	383,- €/m <sup>2</sup>
▪ 3: Verkehr	292,- €/m <sup>2</sup>	3,- €/m <sup>2</sup>	295,- €/m <sup>2</sup>
▪ 4: landwirtschaftliche Nutzfläche			7,- €/m <sup>2</sup>
▪ 5: Forst			1,- €/m <sup>2</sup>
▪ 6: Sonstige			kein Wert

Tabelle 5.10: Spezifische Vermögenswerte Frankreich

<b>Nutzungs-klasse:</b>	<b>Wert je m<sup>2</sup> immobil</b>	<b>Wert je m<sup>2</sup> mobil</b>	<b>Gesamt</b>
▪ 1: Siedlung	217,- €/m <sup>2</sup>	51,- €/m <sup>2</sup>	268,- €/m <sup>2</sup>
▪ 2: Industrie	229,- €/m <sup>2</sup>	76,- €/m <sup>2</sup>	305,- €/m <sup>2</sup>
▪ 3: Verkehr	232,- €/m <sup>2</sup>	2,- €/m <sup>2</sup>	234,- €/m <sup>2</sup>
▪ 4: landwirtschaftliche Nutzfläche			7,- €/m <sup>2</sup>
▪ 5: Forst			1,- €/m <sup>2</sup>
▪ 6: Sonstige			kein Wert

Tabelle 5.11: Spezifische Vermögenswerte Niederlande

<b>Nutzungs-klasse:</b>	<b>Wert je m<sup>2</sup> immobil</b>	<b>Wert je m<sup>2</sup> mobil</b>	<b>Gesamt</b>
▪ 1: Siedlung	252,- €/m <sup>2</sup>	59,- €/m <sup>2</sup>	311,- €/m <sup>2</sup>
▪ 2: Industrie	262,- €/m <sup>2</sup>	87,- €/m <sup>2</sup>	350,- €/m <sup>2</sup>
▪ 3: Verkehr	266,- €/m <sup>2</sup>	2,- €/m <sup>2</sup>	268,- €/m <sup>2</sup>
▪ 4: landwirtschaftliche Nutzfläche			7,- €/m <sup>2</sup>
▪ 5: Forst			1,- €/m <sup>2</sup>
▪ 6: Sonstige			kein Wert

### 5.2.3 Regionale Anpassung der Werte für die Nutzungsklasse Siedlung

Während die Werte für Industrie und Verkehr landesweit als weitestgehend fix anzusehen sind (die Größe und Dichte einer Industrieanlage bzw. von Verkehrseinrichtungen, hier vorwiegend Bahnanlagen und Hafenanlagen, orientierten sich i.d.R. an technischen Vorgaben und nicht an der geographischen Lage), ist für die Nutzungsklasse Siedlung eine große Schwankungsbreite zu erwarten. Während in ländlichen Gebieten mit großen Grundstücksflächen die Werte je Quadratmeter mit dem angegebenen Mittelwert überschätzt werden, liegen die Werte für städtische Bereiche zu niedrig.

Deshalb wurde der spezifische Vermögenswert der Nutzungsklasse Siedlung gemeindespezifisch angepasst. Ein wesentlicher Indikator für die Über- bzw. Unterschätzung bei Einsatz des Mittelwertes ist die Einwohnerdichte. Je mehr Einwohner auf einer Flächeneinheit leben, desto höher muss das Vermögen sein. Die Einwohnerzahlen aller Gemeinden am Rhein lagen vor. Der Flächenwert, der als Basis herangezogen wurde, ist die Fläche der Nutzungsklasse Siedlung, die mittels Verschneidung der Gemeindegrenzen mit den CORINE-Daten für die Gemeinden ermittelt wurde.

Der Vergleich der Einwohnerdichte in der Gemeinde zur Einwohnerdichte im Land (in Frankreich an der Region Elsaß) ergab einen Faktor, mit dem multipliziert wurde, um den spezifischen Vermögenswert gemeindespezifisch anzupassen.

Lag die Einwohnerzahl einer Gemeinde unter 2500 Einwohner, wurde auf den Einsatz eines Faktors verzichtet. In diesem Fall ist zu erwarten, dass nicht alle Siedlungsflächen in der Gemeinde aufgrund der Vorgaben bei CORINE (> 25 ha) identifiziert wurden, und somit der Quotient zu klein und damit der Faktor wesentlich zu hoch ist. Insbesondere in Rheinland-Pfalz ist dies wegen der dort vorliegenden Gemeindestruktur von großer Bedeutung.

Im folgenden sind an einigen Beispielen die gemeindespezifischen Faktoren dargestellt:

Tabelle 5.12: Gemeindespezifische Anpassung der Nutzungsklasse Siedlung

Stadt / Gemeinde	Einwohnerzahl	Faktor	Wert je m <sup>2</sup> Siedlung
Rotterdam	591.180	1,554	392,- €/m <sup>2</sup>
Nijmegen	147.180	0,948	239,- €/m <sup>2</sup>
Wesel	61.767	0,921	254,- €/m <sup>2</sup>
Düsseldorf	571.475	1,526	352,- €/m <sup>2</sup>
Köln	964.346	1,530	353,- €/m <sup>2</sup>
Bonn	302.873	1,098	298,- €/m <sup>2</sup>
Andernach	29.512	1,020	279,- €/m <sup>2</sup>
Koblenz	109.332	1,199	324,- €/m <sup>2</sup>
Oestrich-Winkel	11.909	1,050	286,- €/m <sup>2</sup>
Mainz	184.752	1,598	423,- €/m <sup>2</sup>
Rüsselsheim	60.222	1,351	289,- €/m <sup>2</sup>
Mannheim	312.216	1,839	485,- €/m <sup>2</sup>
Ludwigshafen am Rhein	167.098	1,936	508,- €/m <sup>2</sup>
Speyer	49.513	1,333	357,- €/m <sup>2</sup>
Strasbourg	252.238	2,087	453,- €/m <sup>2</sup>
Gambsheim	3.707	0,504	109,- €/m <sup>2</sup>
Basel	178.428	1,822	501,- €/m <sup>2</sup>
Schaffhausen	34.225	0,824	227,- €/m <sup>2</sup>
Waldshut-Tiengen	22.211	0,946	260,- €/m <sup>2</sup>

### 5.3 Abschätzen der möglichen Vermögensschäden

Das Ergebnis aus dem vorangegangenen Arbeitsschritt, ein Vermögenswert auf jeder CORINE-Flächennutzungseinheit, ist der Referenzwert zur Abschätzung der Vermögensschäden. Der Vermögenswert stellt die Obergrenze dar, die nur bei vollständiger Zerstörung des Bestandes (Totalschaden) die Größenordnung des Vermögensschadens wiedergibt. Im Untersuchungsraum ist aber aufgrund der Gegebenheiten (Gefälleverhältnisse, Fließgeschwindigkeiten, Überflutungstiefen etc.) nicht mit einer Totalschädigung zu rechnen.

Zur Abschätzung des Vermögensschaden als denjenigen Teil des Vermögenswertes, der geschädigt wird, wurden sogenannte Schädigungsfunktionen eingesetzt. Diese geben in Abhängigkeit des Überflutungswasserstandes den Grad der Schädigung am Vermögenswert in Prozent an.

#### 5.3.1 Grundlagen und Stand der Schadensfunktionsbestimmung

In Deutschland wird das Schadensgeschehen im Hochwasserfall etwa seit 1985 systematisch untersucht. Im Auftrag der LAWA versucht der Arbeitskreis „Nutzen-Kosten-Untersuchungen in der Wasserwirtschaft“ seitdem, Schadensdaten zu sammeln und (einzelobjektbezogen) in die HOWAS-Schadensdatenbank einzustellen. Bis heute sind darin rund 2.000 Schadensfälle an insgesamt rund 3.200 betroffenen Einzelobjekten detailliert erfasst. In HOWAS werden grundsätzlich nur Daten aufgenommen, zu denen auch festgelegte Bezugsdaten bekannt sind. Deshalb erlauben diese Datensätze es auch, Beziehungen zwischen den Wasserständen und wesentlichen Objektmerkmalen zu analysieren sowie nach den Schadensorten (Keller, Stockwerk) und den Schadensarten (am Gebäude selbst, am festen Inventar, am beweglichen Inventar, an Lagerbeständen) zu differenzieren. In HOWAS waren früher vorwiegend Schäden aus dem Wohnbereich enthalten. Deshalb wurden in den letzten Jahren schwerpunktmäßig Schäden an den ökonomischen Vermögenswerten der Wirtschaft (Handwerksbetriebe, Industrielle Produktion, Groß- und Einzelhandel) ergänzt.

Ansonsten wurde versucht, die HOWAS - Datenbank mit neu gesammelten Schadensdaten aus Deutschland anzureichern, auf moderne Datenbank- und Betriebssysteme zu aktualisieren sowie moderne Auswertetools zu implementieren, um einzelne relevante Teilkollektive für die jeweils bearbeiteten Regionen, Bauungsstrukturen usw. ausfiltern, untersuchen und auf Eignung für eine spezifische Anwendung prüfen zu können.

Aufgrund dieser Vorarbeiten konnten die Daten vom Verfasser in Zusammenarbeit mit anderen Experten des LAWA - Arbeitskreises in den Jahren 1999 und 2000 mit bereits vorliegenden bzw. früher verwendeten Funktionsverläufen und Expertenaussagen verglichen, Abweichungen hinterfragt und Ursachen dafür analysiert werden. Dies erfolgte anhand der charakteristischen Merkmale einer jeden Schadensfunktion, nämlich insbesondere:

- Achsenabstand, als Angabe für den Schädigungsgrad bei 0 Meter Überflutung über Geländenniveau
- Funktionstyp und -verlauf
- Schadensmaxima.

Aufgrund dieser Vorarbeiten konnte der Verfasser die im Rahmen der sogenannten Oberrhein - Studie erstmals verwendeten und in den Folgestudien eingesetzten Schadensfunktionen überprüfen bzw. seither für

alle neueren Arbeiten zwischen alternativen Funktionsverläufen selektieren und die insgesamt plausibelsten für den jeweiligen Untersuchungszweck ausfindig machen.

Diese Grundfunktionen haben somit einen hohen Bekanntheitsgrad erreicht; circa 130 Experten aus allen einschlägigen Bereichen, insbesondere Wasserwirtschaft, Versicherungswirtschaft, Katastrophenschutz, haben sie intensiv untersucht. Dazu gehören auch Kollegen aus UK, NL, FR, CH. Bei der Vorstellung wurde jedoch stets sehr eindringlich auf folgendes hingewiesen:

Nach wie vor beruht der Großteil der Datensätze in HOWAS auf Schadensereignissen mit Überflutungshöhen am Objekt bis zu etwa 1,5 Metern, in wenigen Fällen bis zu 2 Metern! Die darüber hinaus reichenden Angaben dürfen somit nicht als „Stützstellen“ interpretiert werden; es handelt sich vielmehr um Extrapolationswerte. Zu deren Plausibilitätsprüfung konnten bislang ausschließlich Expertenbefragungen (bei Versicherungsexperten, Schadensschätzern, Betroffenen, Unternehmen usw.) gesammelt werden. Gleiches gilt für gleichwertige Datenbanken in anderen Staaten. Lediglich in den Niederlanden gibt es Erfahrungen mit Überflutungswasserständen bis 5 Meter und höher. Diese Informationen sind teilweise hier eingeflossen.

Als eine weitere, ganz wesentliche Voraussetzung für nachvollziehbare Schadensfunktionsdarstellungen haben unsere Expertenbefragungen eine saubere Trennung zwischen

- Schäden an der Gebäudesubstanz (im folgenden kurz: "**Bau**") selbst

und

- Schäden an Gebäudeinhalten bzw. Wertbeständen auf Außenflächen (im folgenden kurz: "**Ausrüstung**" im weitesten Sinne)

ergeben. Bei den Ausrüstungen werden neben den fest mit den Bauten verbundene Einrichtungen auch die Vorräte und der Hausrat subsummiert)

In diesem Zusammenhang ist es wichtig, nochmals darauf hinzuweisen, dass Schadensfunktionen in anderen Ländern bisher meist als Gesamt-Schadensfunktionen dargestellt wurden, also ohne eine solche Unterscheidung in den originalen Schadensdaten.

Nach den Erfahrungen der Bearbeiter erklären sich etliche "Ausreißer nach oben" aus besonderen Verhältnissen bei den betroffenen Objekten wie z.B. alte / schlechte Bausubstanz; unangepasste Nutzung etc. Bei der Ableitung von Prozent - Schadensfunktionen für die reinen Gebäudeschäden ergaben sich bisher stets 2 Cluster: Eine sehr große Teilmenge von Schadensfällen, bei denen der Schaden bezogen auf den Gesamtwert der Gebäudesubstanz (= **Bau**) vergleichsweise gering ausfiel, meist unter 5 %. Dem gegenüber steht eine sehr kleine Teilmenge von extrem hohen Schadenswerten, bei denen die Gebäude aufgrund der physischen Einwirkungen bei schlechter Bausubstanz bzw. aufgrund von Sondereinflüssen (z.B. Ölkontaminationen) zu Totalschäden wurden.

Aufgrund dieser Erkenntnisse wird mit getrennten Funktionen gearbeitet und zwischen "**Bau**" und "**Ausrüstung**" unterschieden. Dabei ist zu berücksichtigen, dass bei der Betrachtung einzelner Objekte das Aufteilungsverhältnis zwischen Bausubstanz und Ausrüstung bezogen auf den gesamten vorhandenen Vermögenswert in Währungseinheiten recht unterschiedlich ist:

- Im Bereich Wohnen beginnt dies bei geringwertiger Wohnsubstanz mitunter bei einem Verhältnis von 50:50, häufiger sind allerdings Relationen von 75:25 bis 90:10. D.h. die "Ausrüstung", bestehend vor allem aus Hausratsgegenständen, stellt einen geringeren Vermögensanteil.

- Im Bereich der Wirtschaft findet man Wertverhältnisse von 50:50 allenfalls bei ganz kleinen Handwerksunternehmen. Ansonsten stellt man im Bereich der produzierenden Wirtschaft meist fest, dass die Gebäude nur wenige Prozent des gesamten Vermögenswerts ausmachen, den weitaus überwiegenden Vermögensanteil stellen die Produktionsanlagen dar. Im Bereich des Handels gilt ähnliches, wobei die größten Werte dort in den jeweiligen Warenlagern stecken. Innerhalb des Anteils "Bau" bestimmen in der Wirtschaft dann oft die jeweiligen Verwaltungsgebäude der Betriebsstätten den Wertanteil.

- Im Bereich Staat (einschließlich Nicht-Regierungs-Organisationen, NGO) findet man, je nach Abgrenzung, einen sehr heterogenen Mix, der von einfachsten Zweckbauten bis zu sehr wertvoll ausgestatteten, denkmalgeschützten Gebäuden reicht, deren ideeller Wert mit dem Geldwert gar nicht zu beschreiben ist bzw. auch Sonderbauwerke mit sehr unterschiedlichen Anteilswerten. In der statistischen Masse dominieren allerdings Objekte mit Büronutzungen bzw. sozialen und Bildungsfunktionen.

Derartige Merkmalsunterschiede sind für mikroskalige Untersuchungen selbstverständlich sehr wichtig und müssen entsprechend bei mikroskaligen Schadenspotentialabschätzungen so genau wie möglich berücksichtigt werden.

Die Erstellung der IKSR - Schadenkarten ist jedoch als makroskaliger Ansatz zu verstehen; dabei kann - aus oben bereits angesprochenen Gründen - der empirischen Vielfalt allenfalls durch Abstützung auf statistisch durchschnittliche Gegebenheiten Rechnung tragen!

### 5.3.2 Anpassungsbedarf

Die bisher in Deutschland verwendete Gliederung der Schadensfunktionen ergab sich bzw. war abgestimmt auf die in Deutschland verfügbaren Flächennutzungsinformationen. Das waren statistische Flächennutzungsdaten, das ALB (Amtliches Liegenschaftsbuch), die ALK (Amtliche Liegenschaftskarten) bzw. ATKIS (digitalisierte Amtliche Liegenschafts- / Nutzungsinformationen).

Es zeigte sich, dass aufgrund der Vorgaben in CORINE (mindestens 25 Hektar großen Flächennutzungseinheiten) und der Flächenzusammensetzung innerhalb der CORINE-Flächen, die Schädigungsfunktionen nicht unesehen übernommen werden können.

Nur ein Teil der Wirtschaftsaktivitäten findet in Industriegebietsflächen statt. CORINE weist nur diese Flächen gesondert aus. Alle anderen Wirtschaftsaktivitäten, die in Siedlungsbereichen angesiedelt sind, bleiben aus der CORINE- Flächenschlüsselung ausgeblendet.

Umgekehrt wäre es falsch, die CORINE - Siedlungsflächen so zu interpretieren, als würden sie ausschließlich oder mindestens überwiegend einen Besatz mit Wohnnutzungen tragen. Folglich ist zu berücksichtigen, dass es in allen CORINE - Siedlungsflächen einen MIX gibt, in dem sich neben Wohnnutzungen auch Handwerksbetriebe, Handelsgeschäfte, Büros und Geschäftslokale von Dienstleistern, Behörden, Vereinen, Verbänden usw. befinden.

Damit stellt sich die Frage, wie so ein Mix - möglichst gemessen an der Zahl der Objekte bzw. Objekttypen - aussieht. Hierzu reichen die amtlichen Statistiken - wieder einmal - nicht aus: Schon im Bereich Wohnen lassen sich die Zahlen nur mit Einschränkungen vergleichen. Im Bereich Wirtschaft verhindert ein unauflös-

bares Durcheinander von Erfassungskonzepten (z.B. Unternehmen vs. Unternehmensstandort; Betrieb vs. Betriebsstätte; Wirtschaftseinheit vs. Betriebseinheit, usw. ....) die Gegenüberstellung der Daten. Der Bereich Staat (i.w.S.) wird in dieser Hinsicht gar nicht gesondert ausgewiesen. Hier bleibt also auch nur der empirische Weg. Dazu ist festzustellen, dass im Rahmen von Schadenspotentialuntersuchungen bisher meist nur mesoskalig die Flächenverhältnisse untersucht wurden. So ergaben sich z.B. in der "Oberrhein-Studie" bezogen auf die Flächennutzung in Quadratmetern folgende Anteile:

Landwirtschaft:	67 % (inklusive aller Forstflächen)	
Wirtschaft:	11 % )	44 %
Wohnen:	06 % )	24 %
Staat:	08 % )	32 %
sonstiges / nicht zuzuordnen:	08 %	
SUMME:	100 %	100 %

Die Nachteile dieser Bezugsbasis bei sehr großräumigen Analysen besteht darin, dass der Besitz verzerrt dargestellt wird: Im Bereich Wirtschaft sind die Betriebsstandorte meist von größeren Freiflächen (Grünflächen, Parkflächen, Außenlager, Reserveflächen, Abfallhalden usw. usf.) umgeben. Dadurch wird der Bereich Wirtschaft flächenmäßig überrepräsentiert. Ähnliches gilt für den Bereich Staat (einschließlich aller NGO), indem vor allem sämtliche Flächennutzungen, die Freizeit und Erholung dienen (Sportflächen usw.) hier subsumiert werden.

Realistischer werden die Anteilsverhältnisse bezogen auf Flächen dann wiedergegeben, wenn man einzelne Verdichtungsbereiche analysiert. So ergaben sich z.B. in einer deutschen Großstadt bezogen auf die Flächennutzung in Quadratmetern folgende Anteile:

Landwirtschaft:	25 %	
Wirtschaft:	13 % )	35 %
Wohnen:	24 % )	65 %
sonstiges / nicht zuzuordnen:	38 % (einschließlich Staat....)	
SUMME:	100 %	100 %

Diese Aussage wird gestützt durch Ergebnisse mikroskaliger Untersuchungen. In einem überflutungsgefährdeten Gebiet mit einer Überflutungsfläche von maximal 65 Hektar befanden sich bezogen auf die jeweilige Zahl der Objekte:

Landwirtschaft:	23 %	
Wirtschaft:	21 %	
(einschließlich ein typisches Industriegebiet größer 25 Hektar)		28 %
Wohnen:	51 %	
(überwiegend typisch ländlich, mit Gebäudefreiflächen / Gärten)		67 %
Staat:	04 %	05 %
sonstiges / nicht zuzuordnen:	01 %	
SUMME:	100 %	100 %

Bei der Wertung der Verhältnisse ist zu beachten, dass es sich hierbei um ein überdurchschnittlich ländlich strukturiertes Gebiet handelt.



Demgegenüber ergab die Auszählung von ATKIS - Objekt - Klassen in der bereits mehrfach erwähnten Niederrhein - Studie folgende Verhältnisse:

Wirtschaft:	40 %
Wohnen:	56 %
Staat:	04 %

Diese Relationen sind wiederum unter Berücksichtigung der Tatsache zu bewerten, dass es sich um einen überdurchschnittlich starken Wirtschaftsraum handelt.

Fasst man die letzten drei Ergebnisse zusammen,

Gebiet	Verdichtungsraum	Ländliches Gebiet	Niederrhein	ANNAHME
Bezug	Fläche	Objekte	Objektklassen	DURCHSCHNITT
Wirtschaft	35	28	40	35
Wohnen	<< 65	67	56	60
Staat	?	5	4	5

so kann man die Annahme begründen, dass die durchschnittliche Belegung eines CORINE -Siedlungsraums großräumig am besten durch die rechts angegebenen Anteile abgebildet wird.

Diese Annahme ist essentiell wichtig, um die Mischbestände, die sich aus den CORINE - Flächennutzungsdaten ergeben, hinsichtlich ihrer Schadensanfälligkeit adäquat bewerten zu können. Denn mit dieser Wertigkeit müssen aus den bisher verwendeten Grundfunktionen sogenannte „Summenfunktionen“ gebildet werden.

### 5.3.3 Kurzdarstellung und Begründung der Grundfunktionen / Erläuterung der Einsatzweise

Vorab ist nochmals der Hinweis zu wiederholen, dass wegen der großflächigen Nutzungseinteilungen nur der engste Kern derjenigen Schäden abgeschätzt werden kann, die sich in Geldgrößen ausdrücken lassen. Damit beschreiben die ermittelten Werte die Untergrenze aller wahrscheinlichen ökonomischen Effekte. Vernachlässigt werden müssen z.B. jegliche Viehschäden, Kosten von Betriebsunterbrechungen, Folgeschäden durch Ausfall von Infrastruktureinrichtungen sowie alle außerökonomischen Folgen des Extremereignisses (vgl. bereits veröffentlichte Schadens-Systematiken).

Eine weitere grundsätzlich wichtige Annahme ergibt sich noch bei der Funktionsauswahl, ob die Schadensabschätzung für ein "offenes" oder "geschlossenes", sprich: deichgeschütztes, Gebiet erfolgt. Das ist durch die Abkürzungen "o.S." sowie "g.S." gekennzeichnet. Speziell im Bereich Wohnen wurde bei der Schadensanfälligkeit auch unterschieden, ob diese ohne oder mit Evakuierung (Evak.) erfolgt. Beide Fallunterscheidungen sind für kleinere Hochwasserlastfälle und für Erwartungswertberechnungen entscheidend. Für die Schadenabschätzung des Extremereignisses allein gilt jedoch die **Annahme**, dass zum einen ein Großteil der Schäden in geschlossenen Systemen zu verbuchen sind, und dass weder baulicher Schutz noch Evakuierungsmaßnahmen für Hausrat, Vorräte, Anlagen, Ausrüstungsgegenstände usw. den Schadenseintritt signifikant reduzieren könnten.

### 5.3.3.1 Bereich Wirtschaft

Dieser Bereich wurde bisher in 5 bis 6 Teilbereiche aufgelöst behandelt. Eindeutig besteht eine Dominanz der Produzenten (VB) sowie der Handels- und Dienstleistungsbetriebe (HD). Dennoch sollen hier wenigstens auch einige kurze Bemerkungen zu allen Teilbereichen gemacht werden, damit die Entscheidungen über ihre Berücksichtigung zusammen mit anderen Nachbarbereichen bzw. zur Nichtberücksichtigung nachvollziehbar werden.

#### EW: Energie- und Wasserversorgung

Die Objekte bzw. Bauwerke dieses Wirtschaftssektors weisen in ihrem Vorkommen große Unterschiede auf. Anlagen der Energieversorgung reichen von kleinen Trafostationen über Umspannwerke bis hin zu großen Kraftwerksanlagen. Viele solcher Anlagen sind entweder entsprechend dem Stand der Technik (zumindest in Deutschland!) grundsätzlich gegen Wassereinfluss geschützt oder besitzen wenigstens in hochwassergefährdeten Bereichen besondere Schutzeinrichtungen. Trotzdem gibt es einige Beobachtungswerte, denen zufolge solche Anlagen geschädigt wurden (bzw. ausfielen oder –abgeschaltet werden mussten mit Folgewirkungen, die anderweitig zu verbuchen wären!). Ein Teil der Objekte bzw. Anlagen wird statistisch auch nicht im Kapitalstock „EW“ erfasst, sondern als staatlicher Tiefbau [abgekürzt: OET (öffentlicher Tiefbau); siehe unten]. Ähnliches gilt für Anlagen der Wasserversorgung, von denen noch ein vergleichsweise wesentlich höherer Anteil unterirdisch angelegt und deshalb im staatlichen Tiefbau erfasst ist. Auch Anlagen dieses Teilbereichs besitzen häufig besonderen Objektschutz aufgrund dessen Hochwasserschäden zumindest bei kleineren Ereignissen in engen Grenzen gehalten werden. Insgesamt wurden, abgesehen von Reinigungsaufwendungen und von Kosten der Wiederinbetriebnahme (die aus methodischen Gründen nicht funktionsbestimmend mitwirken dürfen), bislang stets nur sehr geringe Schäden an den Realwerten erfasst, im Bereich bis zu 2 Metern Überflutungshöhe weit unter 10 %.

Angesichts der CORINE - Schlüsselung können solche Anlagentypen nur als Bestandteile der **Siedlungsflächen** behandelt werden. Damit unterliegen sie einer Mischfunktion, die alle möglichen Größenordnungen, Ausstattungsgrade und Funktionen überspannt.

#### VB: Verarbeitendes Gewerbe einschließlich Baugewerbe und HD: Handel und Dienstleistungsgewerbe

Beide Teilsektoren bilden den Kernbestand der wirtschaftlichen Aktivitäten. Auch hier sind Schadensfunktionen getrennt bezogen auf **"Bau"** und **"Ausrüstung"** anzuwenden.

Mit zunehmend besseren Möglichkeiten die Daten von Schäden an landwirtschaftlichen Gebäuden, an Wohngebäuden sowie auf anderen wirtschaftlichen Anwesen zu vergleichen, ergab sich im statistischen Material zusammengenommen das Phänomen, dass trotz sehr unterschiedlicher Wert - Größenordnungen die prozentualen Schadensanfälligkeiten in den Best-fit-Analysen die selben Funktionsverläufe bei VB-Gebäuden, HD-Gebäuden, ST-Gebäuden und bei Gebäuden des privaten Wohnvermögens ergeben. Behauptete Unterschiede in Abhängigkeit von Bauwerkstyp (Industriebau versus Wohnbau), Mauerwerksart (Beton versus Ziegel) und dergleichen sind statistisch (noch) nicht belegbar; wie anzunehmen ist, mitteln sie sich im entsprechend großen Datenbestand aus.

Dabei ist selbstverständlich zu beachten, dass die statistische Datenmasse nur Fälle bis zu 2 Metern Überflutungshöhe beinhaltet. Diese folgen zunächst der Funktion  $Y = 4x$ . Erkenntnisse aus den Niederlanden, zeigen, dass im Bereich über die 2 Meter die Schädigung überproportional zunimmt. Dies liegt vermutlich an der insgesamt längeren Einstaudauer. Deshalb wurde die Funktion in Abstimmung mit den Beteiligten um ein exponentielle Glied ergänzt. Die Funktion  $Y = 2x^2 + 2x$  verläuft bis 2 Meter nur knapp unter der linearen Funktion, schneidet diese aber dann und steigt exponentiell an.

Totalschäden sind im HOWAS - Datenmaterial bisher nicht erfasst, jedoch sind einzelne Fälle aus Schadensdokumentationen bekannt. Bei jenen war oft nicht eine besonders schlechte Bausubstanz ursächlich, sondern besonders exponierte Standortgegebenheiten oder physische Einwirkungen (Wasserdruck) führten zum Totalschaden. Als Obergrenze wird der Schädigungsgrad 95% festgelegt. Damit werden etwaige hochwasserresistente Gebäude berücksichtigt.

Die Schäden an den Ausrüstungen verhalten sich allerdings deutlich verschieden. Schäden in Produzierenden Betrieben (VB) wurden in Einzelfällen bis zu einem Maximum von 30 % bei 5 Metern bzw. 15 bis 20 % bei Überflutungshöhen von 1 bis 1,5 Metern angegeben. Statistisch sind als „Ausrüstungen“ im wesentlichen die Produktionsanlagen erfasst. Versicherungssystematisch werden sie dem festen Inventar zugerechnet. Insoweit ist insbesondere auch durch entsprechende Auswertungen diverser Versicherungsunternehmen bekannt, dass zum einen die Schadenspotentiale selbst sehr heterogen sind, zum anderen auch die Schadenswirkungen sehr unterschiedlich. Die Beschreibung von „durchschnittlichen“ Schadensbildern ist entsprechend schwierig; die Ergebnisse daraus werden oft kritisch hinterfragt. Deshalb ist der derzeit wohl praktikabelste Weg, sich auf die „reinen Fakten“ abzustützen. Die neuesten HOWAS – Datenanalysen ergeben in dieser Hinsicht folgende Befunde:

- Die Schäden am Kellerinventar sind in diesem Wirtschaftsbereich im Durchschnitt vergleichsweise gering. Gewerbebauten sind vielfach gar nicht unterkellert. Wenn ja, befinden sich darin Teile der Gebäudetechnik bzw. oft relativ geringwertige Nutzungen wie Materiallager, Umkleiden...). Das Datenkollektiv erlaubt einen Ansatz von 5 % bezogen auf den realen Substanzwert.
- In den Schadensdaten zum sonstigen Inventar sind alle Teilkomponenten davon erfasst, einschließlich sämtlicher Vorratsbestände (Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe, Vorprodukte, Halbfertig- und Fertigwaren). In der Zusammenschau mit dem Kellerinventar ergibt sich aus dem Datenbestand eine lineare Funktion mit einem Anfangswert bei 0 Meter Überflutungshöhe, welcher die Kellerschäden abdeckt:  $Y = 7x+5$ . Die statistischen Werte liegen relativ dicht an dieser Funktion, es gibt nur sehr wenige „Ausreißer“ nach oben.

Die Schäden an den Ausrüstungen im Bereich Handel und Dienstleistungsgewerbe sind wesentlich höher. Die Bestände sind ebenfalls, wie sich an den Vermögensdaten zeigt, sehr heterogen. Wie beim VB-Bereich setzen sie sich aus einer Mischung von größtenteils Kleingewerbe und Mittelstand sowie relativ wenigen Großunternehmen zusammen. Die Teilbereiche weisen in sich nochmals deutlichere Typenunterschiede auf als beim VB-Bereich: Beim Handel setzt sich das Inventar meist großteils aus Vorräten an Handelswaren zusammen; im Dienstleistungsbereich finden sich häufig vor allem im beweglichen Inventar hochwertige Bestandteile (Computeranlagen usw.). Das drückt sich in den Anpassungsfunktionen folgendermaßen aus:

- Die Schäden am Kellerinventar fallen im Durchschnitt doppelt so hoch aus bezogen auf den Realwert, woraus zu schließen ist, dass Keller häufiger vorhanden sind bzw. höherwertiger genutzt werden.
- Auch die übrigen Inventarschäden fallen deutlich höher aus als im Bereich VB. Das deckt sich mit den Erfahrungen aus der Versicherungswirtschaft, denen zufolge die Schäden an den Produktionsanlagen selbst im VB-Bereich gar nicht so gravierend ausfallen. Kostenintensiv und problematisch (wegen der Folgeeffekte in Form von Betriebsunterbrechung) sind dort oft die Reparaturaufwendungen und Ersatzteilbeschaffungen. Dagegen werden, zumal im Handelsbereich, die Vorratsbestände an Handelswaren direkt geschädigt bzw. zerstört. Sie werden unverkäuflich und führen zu Umsatzeinbußen. In Zusammenschau mit dem Kellerinventar passt sich die lineare Funktion  $Y = 15x+10$  (bei 6 Metern begrenzt) am besten in den neuesten Datenbestand ein. Ihre Fortschreibung z.B. bis

zur 5-Meter-Überflutung führt zu einem Schaden von 85 %; bei 6 Metern wird der Totalschaden erreicht.

Aus den beiden oben genannten Ausrüstungs-Funktionen muss angesichts des Mischbestands "Siedlungsfläche" nochmals eine Summenfunktion gebildet werden. Regional überwiegt statistisch einmal die Produktion - VB, in anderen Bereichen die HD-Aktivitäten. Dazu liegen nur Länder-Daten bzw. Daten für politisch abgegrenzte Gebiete vor; es gibt keine Möglichkeit, diese für den Überflutungsbereich exakt zu bestimmen. Also sollte die Summenfunktion aus Gewichtsanteilen 50 : 50 bestimmt werden.

#### ST (Hochbau): Öffentliche Einrichtungen und Nichterwerbsorganisationen aller Art

Die wirtschaftsstatistische Systematik schließt in diesen Bereich neben den im Hochbau gebundenen Vermögen von Bund, Ländern und Gemeinden auch diejenigen von Nichterwerbsorganisationen ein. Städtische Kindergärten gehören also genauso in diesen Bereich wie private Kindergärten, die sich im Eigentum einer Elterninitiative, eines kirchlichen Trägers usw. befinden. Alle öffentlichen Verwaltungsgebäude, Schulen, Feuerwehrhäuser, Kasernen usw. usf. sind ebenfalls in diesem Bereich zusammengefasst.

Für Schäden an deren Ausrüstungen ergibt sich aus dem Datenbestand eine Anpassungsfunktion wie bei den Produzierenden Betrieben:  $Y = 7 \cdot x + 5$ . Da sie hier im Mischbestand Siedlungsfläche anteilig berücksichtigt werden, ist eine adäquate Bewertung gegeben.

#### VN: Verkehrswesen sowie Nachrichtenübermittlung

Der wirtschaftsstatistische „Sammelbereich“ VN stellt eine besondere Form von Dienstleistungen dar und setzt sich aus recht unterschiedlichen Betriebsformen mit kaum vergleichbar zu machenden Vermögensstrukturen zusammen. Die statistischen Erfassungs- und Zuordnungsvorschriften sind recht komplex. Von dem hier enthaltenen Bereich Verkehrswesen sind deutlich zu unterscheiden die linearen Infrastruktureinrichtungen (sie werden im wesentlichen beim staatlichen Tiefbau erfasst) sowie die Transportmittel (insbesondere die Omnibusse, LKWs usw.; diese werden im KFZ-Vermögen erfasst). Somit sind insbesondere Verwaltungsgebäude und sonstige Verkehrsflächen wie Depots, Umschlagplätze, Hafengebiete gemeint.

Im Bereich der Nachrichtenübermittlung dagegen besteht ein Großteil der (oberirdischen, sprich: Hochbau-) Infrastruktur aus Bauwerken mit hochwertigen Inhalten (Telekommunikationseinrichtungen, Radiostationen, Funkhäuser, Fernsehsender usw.).

Allerdings ist festzustellen, dass auch die neu ergänzten Datenbestände in HOWAS nicht ausreichen, um darauf differenziertere Funktionsanalysen aufzubauen. Die Anzahl entsprechender Datensätze reicht gerade als Kollektiv für den Gesamtbereich. Ihr Anteil am gesamten Vermögensbestand bzw. Schadenspotential im Untersuchungsgebiet (0,3 % der Flächennutzungen) rechtfertigen auch eine „Summenfunktion“.

#### OET (öffentlicher Tiefbau): Objekte des öffentlichen Tiefbaus (OET) = Infrastruktureinrichtungen

Abgesehen von diversen Zuordnungsproblemen zwischen Hochbau- und Tiefbauobjekten (typisches Beispiel: Kläranlagenbestandteile werden teils hier, teils dort zugeordnet) gibt es in Deutschland eine Konvention, nach der „in Zweifelsfällen“ Objekte, die höher als 1 m über Geländeoberkante herausragen, als Hochbauten erfasst werden. Brückenbauwerke dagegen sind in Deutschland laut einer anderen Konvention, unabhängig von ihrer Höhenkote im Gelände, stets Tiefbauobjekte. Dazu zählen immer auch Straßen, Autobahnen, Triebwerks- und Schifffahrtskanäle, unterirdische Leitungstrassen und dergleichen.

Wegen der Höhenbegrenzung bei 1 Meter über GOK kommt eine Steigungsfunktion für den Bereich des Staatlichen Tiefbaus nicht in Frage. So stellt sich „nur“ noch die Frage, mit welchem Schadensmaximum die limitierte Funktion am 1-Meter-Punkt anzusetzen ist.

Die Zahl der Beobachtungswerte ist relativ gering. Dies stützt viele vorliegende Befragungsergebnisse, bei denen Experten anführten, überflutungsbedingte Schäden an Tiefbauten träten allenfalls sporadisch auf und vor allem dann, wenn die Hochwassermassen auf eine ohnehin schlechte Substanz trafen (an Straßenunterbauten, Bahnkörpern usw.). Auch echte Zerstörungen an Kanalsystemen und dergleichen werden relativ selten festgestellt. Solche Aussagen fundieren den empirischen Befund: bezogen auf den Zeitwert verdichten sich die Daten um den 10%-Schaden als limitiertes Maximum bei und ab 1 Meter Überflutungshöhe über GOK. Für die Überflutungsbereiche zwischen 0 und 1 Meter kann entsprechend zwischen 0 und 10 % interpoliert werden.

### 5.3.3.2 Privates Wohnen: Ausrüstung = Hausrat

Wie oben bereits geschildert, resultiert aus den jüngsten Datenanalysen für die reinen Substanzschäden an Wohngebäuden (**Bau**) derselbe Funktionstyp und Verlauf wie in den Bereichen VB, HD, ST. Es sollte allerdings an dieser Stelle nochmals angemerkt werden, dass dabei für die privaten Wohngebäude die größte Grundgesamtheit zur Verfügung steht: eine Gesamtzahl von fast 2.000 Beobachtungswerten von Wohngebäuden unterschiedlichster Bauwerkstypen, Alterszustände usw.!

Betreffend die "Ausrüstung" in diesem Bereich liegen somit ebenfalls etwa so viele und dabei sehr detaillierte Daten gegliedert nach Keller, Außenbereichen, Stockwerken, Nebengebäuden usw. usf. vor. Für die einzelnen Bestandteile des Hausrats (Holzmöbel, Elektrogeräte, Elektronik, Bücher, Teppiche, usw. usf.) gibt es außerdem aus speziellen Untersuchungen recht differenzierte Schadensprognosen. Allerdings ist die Zusammensetzung des Hausrats von Haushalt zu Haushalt verschieden, der Zeitwert stark vermögensabhängig, das Verhältnis von festem zu beweglichem Inventar höchst unterschiedlich usw. Entsprechend muss eine großräumige Untersuchung auf Durchschnittswerten aufbauen, die in der großen Masse des Bestands gelten.

Die Größe des Kollektivs erlaubt Strukturierungen des Datenmaterials in unterschiedliche Teilkollektive. Für diese Untersuchung wird eine möglichst universell anwendbare Funktion benötigt. Deswegen wurden vor allem 3 Teilkollektive untersucht wie folgt:

- EFH (Abkürzung für Einfamilienhäuser) sind im Sinne dieser Untersuchung **alle freistehenden Häuser, Reihenhäuser, Bungalows**, usw. mit bis zu 1 OG für Wohnzwecke, also bestehend aus Keller (ja / nein); EG und OG.
- ZFH und kleine MFH (Abkürzungen für Zweifamilienhäuser; Mehrfamilienhäuser) sind alle jene, die bis zu maximal 2 OG besitzen - und nicht der Objektklasse der EFH zuzuordnen sind.
- MFH sind alle übrigen Gebäudetypen, die statistisch als „Wohnblocks“ angegeben werden, ohne dass Zusatzinformationen verfügbar wären dahingehend, ob es sich nun um ein Gebäude mit 3 oder 4 Stockwerken handelt oder um ein „echtes“ Hochhaus (baurechtliche Abgrenzung in DE z.B. ab 5 Stockwerken wegen erhöhter Ausstattungsforderungen, z.B. betreffend Aufzugsinstallation).

Diese Dreiergliederung wurde vorgenommen, um die Hypothese zu prüfen, dass sich dabei deutliche Unterschiede in den Schadensverläufen zeigen müssten. Dabei ergaben sich folgende Anpassungen:

- EFH:  $Y = 15x+20$
- ZFH usw.:  $Y = 10x+20$
- MFH:  $Y = 8x+ 5$

Die Ergebnisse sind wie folgt zu interpretieren:

- Zwischen EFH und den kleinen MFH bestehen hinsichtlich der Inventarschäden in Kellern keine Unterschiede. Die Höhe von 20 Schadensprozenten in diesem relativ großen Datenkollektiv zeigt, dass, überall wo vorhanden, Keller recht intensiv genutzt und mit wertvollem Inventar belegt sind. Hierzu gehören wahrscheinlich in vielen Fällen spezielle Einrichtungen: von der Sauna über den Hobbyraum bis zur Kellerbar finden sich in den Datensätzen alle vorstellbaren Nutzungen. Die Datensätze beinhalten zwar keine Angaben zu den Vorwarnzeiten, jedoch lässt sich aus den Dokumentationen der zugrundeliegenden Ereignissen ersehen, dass auch in dieser Hinsicht ein sehr heterogener Mix gegeben ist von Fällen aus schnell auftretenden Starkregenereignissen ohne jegliche Evakuierungschance bis zu Fällen mit langen Vorwarnzeiten von erfahrungsgemäßen 6 bis zu 10 Stunden. Dies erklärt, dass in Einzelfällen durchaus Kellerschäden von weit über 20 % bezogen auf den durchschnittlichen Objektwert erfasst wurden, also bei einem Zeitwert von z.B. 200.000 DM des Bauwerks Kellerschäden von 40.000 DM oder mehr, entsprechend einem anteiligen Hausratsschaden im Einfamilienhaus von 40 % bei einem Hausratswert von 100.000 DM. Der Bestandsmix relativiert diese Schadensanteile.

Zu beachten ist, dass das Schadensmaximum in der Kategorie der EFH kurz über der 5-Meter-Höhe mit 95 % liegt. Das bedeutet dass diese Häuserklasse definitionsgemäß dann vollständig überstaut ist: Bei einer Überflutungshöhe von 5 Metern resultiert die Datenextrapolation darin, dass bei den typischen Bauwerken mit maximal einem OG und eventuell noch einem DG alle Hausratsgegenstände im Keller, EG und OG betroffen sind. Verschont bleiben bzw. schadensunanfällig sind dann offensichtlich nur äußerst geringe Hausratsanteile ("etwas bleibt immer übrig"). Bei älteren Gebäuden mit früher üblichen Stockwerkshöhen von unter 2,30 Metern wäre ein eventuell vorhandenes DG dann ebenfalls schon betroffen.

- Beim ZFH mit im Regelfall ebenfalls mindestens 1 OG und eventuell einem DG sowie bei den erkennbar kleineren MFH ergibt sich eine gegenüber den EFH schon deutlich abgeminderte Schadensfunktion. Gründe dafür können erweiterte Evakuierungsmöglichkeiten für den Hausrat in höhere Stockwerke ebenso bilden wie unterschiedliche Eigentums- bzw. Vermögensverhältnisse (Mietwohnungshäuser), die einen relativ höheren Anteil schadensunanfälliger bzw. weniger wertvoller Hausratsbestandteile erklären könnten.
- Die übrigen MFH, die der dritten Klasse zugeordnet sind, weisen eine deutlich andere Schadensfunktion auf: Die Kellerschäden sind wesentlich niedriger, was sich durch typischerweise viel kleinere Kellerabteile und dadurch wesentlich begrenztere Nutzungsmöglichkeiten erklären lässt. Ob sich im übrigen die deutlich niedriger ausfallenden Schadensprozente allein durch bessere Evakuierungsmöglichkeiten des Hausrats in höhere Stockwerke erklären lassen ist fraglich. Möglicherweise spielt hier auch der Tatbestand hinein, dass in Erdgeschoss solcher Häuser oft gar keine Wohnnutzung stattfindet, sondern vielmehr Büros, Praxen, Geschäfte usw. vorhanden sind. Jedenfalls dürfte diese dritte Klasse nur für die sogenannten "Kerne" der CORINE - Siedlungsflächen zutreffend sein (die aber hier nicht gesondert erfasst und bewertet werden können).

Da keine genaueren Informationen für das Gebiet vorliegen, wird angenommen, dass die EFH - Bebauung zwar überwiegt, jedoch auch die anderen Typen vorkommen. Aus diesem Grunde wurde eine Anteilsschlüsselung 50:25:25 (EFH:ZFH:MFH) angesetzt, die zu folgender Summenfunktion führt:  $Y = 12x + 16,25$ .

#### KFZ: Schäden an (privatgenutzten) PKW

KFZ stellen einen signifikanten Anteil am Realvermögen vieler Haushalte dar. Die Einschränkung in der Überschrift deutet bereits an, dass Schadensschätzungen sich entsprechend den vorliegenden Erkenntnissen grundsätzlich auf PKW beschränken müssten. Denn zu Schäden an LKW, Omnibussen, sonstigen kraftbetriebenen Geräten, Traktoren usw. liegen bislang kaum verwertbare Beobachtungsdaten vor (Masse, Höhenauslegung, Bauart usw. bedingen andere, wohl in den meisten Fällen anteilig wesentlich geringere Schadensanfälligkeiten gegenüber Hochwasser).

Für PKW gibt es eine ganze Reihe von Erkenntnissen aus Laborversuchen mit Süßwasserbeaufschlagung, wenn diese mehrere Stunden anhält. Sie besagen im wesentlichen folgendes: Sobald der Wasserstand die Bordschwelle überschreitet, also Wasser durch die unteren Türöffnungen in das Fahrzeug eindringt (meist in der Höhe von 0,3 bis 0,4 Metern), ergeben sich bereits direkte Schäden bei Neufahrzeugen in Höhe von bis zu 25 % des Fahrzeugneuwerts dadurch, dass Fußbodenbeläge, Sitzpolster usw. in Mitleidenschaft gezogen werden (solche Teile lassen sich meist nicht trocknen und reinigen, sondern müssten ausgewechselt werden). Ein nächster Sprung in der stufigen Schadensfunktion tritt bei Überflutungshöhen zwischen 0,6 und 0,8 Metern ein, weil dann Teile der Fahrzeugelektronik getroffen werden. Von da ab steigen die Schäden bis zur Überflutungshöhe von etwa 1,5 Metern an (ab da stehen die meisten KFZ bereits vollständig unter Wasser). Wenn das Fahrzeug nicht beim Ereignis gleichzeitig auch physische Schäden (durch Fortschwemmen, Kollision mit anderen KFZ, Gebäuden usw.) erleidet, ergibt sich ein Schadensmaximum von etwa 60 % bezogen auf den jeweiligen Zeitwert. Soweit die Durchschnittsvorstellung für einen Einzelfall.

Solche Laborergebnisse liegen jedoch nur für Überflutungshöhen bis zu 1,5 Metern vor. Bei Überflutungshöhen höher 2 Meter stehen jedoch die meisten Fahrzeugtypen komplett unter Wasser, entsprechend den Massen- und Auftriebsverhältnissen sind dann Fortschwemmungen und damit verbundene dynamische Effekte mit Karoserieschäden nicht mehr gut auszuschließen, entsprechend auch nicht der 100 %-Schaden!

Dies alles ist bekannt: Es gibt allerdings keinen naheliegenden Weg, die Kfz-Bestände in die Berechnungsgänge dieser Schadenabschätzung einzubeziehen! Sie werden deshalb bei der Abschätzung nicht weiter verfolgt.

#### **5.3.3.3 Landwirtschaft / Forstwirtschaft**

Im Bereich der Landwirtschaft sind prinzipiell 3 unterschiedliche Schadenswirkungen zu untersuchen:

- Schäden an Gebäuden
- Schäden an der Ausrüstung der Landwirtschaftsbetriebe
- Ertragsschäden / Ernteschäden

Zu den Schäden an Gebäuden ist festzustellen: Entsprechend der CORINE - Flächenabgrenzung ist nicht auszuschließen, dass sich in den identifizierten Landwirtschaftsflächen auch Einzelgehöfte / Aussiedlerhöfe befinden. Es gibt jedoch außer der Beobachtung, dass solche Phänomene regional recht unterschiedlich sind, keine verwertbaren Angaben dazu. Deswegen muss angenommen werden, dass der Großteil der landwirtschaftlichen Gehöfte und Betriebe in den CORINE - Siedlungsbereichen erfasst ist. Im übrigen hat die Gegenüberstellung des Datenmaterials von Wohngebäuden in Landwirtschaftsbetrieben zu sonstigen Wohngebäuden im ländlichen Raum bzw. bei Einzelhausbebauung ergeben, dass Schäden sowohl an der

baulichen Substanz (**Bau**) als auch den Gebäudeinhalten (**Ausrüstung**, hier insbesondere Ausstattung mit Hausrat) keine signifikanten Größenordnungsunterschiede mehr aufweisen.

Für die Schäden an der spezifischen Betriebsausrüstung der Landwirtschaftsbetriebe, also insbesondere an Stalleinrichtungen, Förderanlagen, Silos, Traktoren usw. ergibt sich aus den HOWAS - Daten zwar eine vorläufige, statistisch noch nicht besonders gut abgesicherte Funktion ( $Y = 13 * \text{Wurzel}_x$ ), da jedoch die Datenbasis aus oben erwähnten Gründen ohnehin keine eindeutige Funktionszuteilung erlaubt, sollte auch unter dem Stichwort "Untergrenzenschätzung" auf eine weitere Berücksichtigung verzichtet werden.

Für die Ertragsschäden in der Landwirtschaft wurden in den letzten Jahren erhebliche und sehr differenzierte Erkenntnisse zusammengetragen. Die Schäden bestimmen sich aus vielerlei Parametern, so dass hier ganz besonders das weiter oben geschilderte Konzept der Schädigungsmatrizen relevant werden würde. Letztere sind für die einzelnen Frucht- und Anbauarten höchst unterschiedlich. Für das Untersuchungsgebiet und die Aufgabe der Studie scheint, wie oben bereits bemerkt, eine solche differenzierte Parameterfestlegung jedoch nicht anwendbar. Voraussetzung für signifikante Schäden wäre anzunehmen, dass das Extremereignis im Sommer kurz vor der Ernte eintrifft. Ansonsten hätten landwirtschaftliche Schäden, wie die Ergebnisse aller früheren Schadenspotentialuntersuchungen, deutlich belegen, auch nur eine untergeordnete Bedeutung für die Gesamtgrößenordnung der Schadensabschätzung. Um dennoch einen Schadenswert berücksichtigen zu können, wurde mit beginnender Überflutung ein konstanter Schädigungsgrad von  $Y=50$  angenommen. Da der Vermögenswert der CORINE-Nutzungsklasse Landwirtschaft zu fast 100% durch den Anteil öffentlicher Tiefbau bestimmt wird und dieser zumindest im freien Feld als nicht schadensempfindlich anzusehen ist, reduziert sich die Summenfunktion auf  $Y=1$ .

Zum Bereich der Forstwirtschaft ist festzustellen, dass die Festlegung von echten "Schadensfunktionen" mindestens voraus setzt, dass die Arten der Bestände bekannt sind. Wesentliche unabhängige Parameter sind hier Wasserstandshöhe ( $> 2,5$  m) und Wasserstandsdauer (mehr als wenige Tage) bei gleichzeitigem Fehlen von signifikanten Fließgeschwindigkeiten verbunden mit rasch einsetzendem Sauerstoffmangel. Diese Bedingungen dürften beim Extremereignis vielerorts erfüllt sein. Ohne genauere Bestandsangaben macht allerdings nur der Ansatz eines groben Durchschnittswerts Sinn wie er bereits in der "Oberheinstudie" zum Zweck der Größenordnungsangabe eingesetzt wurde. Es wird ebenfalls eine Funktion verwendet  $Y=1$ .

Tabelle 5.13: Übersicht über die verwendeten Schädigungsfunktionen ( $x$  = Überflutungshöhe in m;  $Y$  = Schädigungsgrad in %)

Schädigungsfunktion	Funktionstyp
<i>SF Siedlung, immobil</i>	$Y = 2x^2 + 2x$
<i>SF Industrie, immobil</i>	$Y = 2x^2 + 2x$
<i>SF Verkehr, immobil</i>	{0..1} $Y=10x$ ab 1 $Y=10$
<i>SF Ausrüstung Wirtschaft</i>	$Y = 11 * x + 7,5$
<i>SF Ausrüstung Wohnen</i>	$Y = 12 * x + 16,25$ { $x=1...7$ }
<i>SF Ausrüstung Staat</i>	$Y = 7 * x + 5$
<i>SF Siedlung, mobil (35%Wirtschaft, 60%Wohnen, 5%Staat)</i>	$Y = 11,4 * x + 12,625$
<i>SF Industrie, mobil</i>	$Y = 7 * x + 5$
<i>SF Verkehr, mobil</i>	{0..1} $Y=10x$ ab 1 $Y=10$
<i>SF lwNF</i>	$Y = 1$
<i>SF Forst</i>	$Y = 1$



#### 5.4 Berechnungsprozedur

Die Berechnung der Vermögensschäden erfolgte mit ArcView im Grid-Format. Dazu wurde ein regelmäßiges Raster mit einer Kantenlänge von 31,62 Metern bzw. einer Zellen-Fläche von 1000m<sup>2</sup> erzeugt. Zuerst wurden die CORINE-Nutzungsdaten mit den Gemeindegrenzen verschnitten. Somit entstand ein gemeindespezifischer CORINE-Datensatz, der mit den gemeindespezifischen Vermögenswerten je Flächeneinheit verknüpft werden konnte.

Durch Überlagerung mit dem Überflutungshöhengrid konnten dann die Flächen identifiziert werden, die überhaupt Schaden erleiden können. Die Wasserflächen des Rheins und der Nebengewässer wurden aus der Berechnung ausgenommen. Die Information Überflutungstiefe ist die Eingangsgröße zur Anwendung der zur Nutzung gehörenden Schädigungsfunktionen. Durch Multiplikation der spezifischen Vermögenswerte (jeweils auf der Flächeneinheit 1000m<sup>2</sup>) mit dem Schädigungsgrad erhält man den Schaden auf der betrachteten Zelle entweder absolut oder umrechenbar auf EURO/m<sup>2</sup>.

#### 5.5 Personenrisiken

Die Abschätzung der Personenrisiken erfolgte ebenfalls auf Grundlage der CORINE-Bodennutzungs-Information. Mit dem eingesetzten GIS-System wurden die Gemeinde-Polygone mit den CORINE-Einheiten verschnitten. Die gemeindeweite Bevölkerungszahl wurde mit dem Anteil der bei Hochwasser betroffenen Gemeindefläche je Nutzungsart (nur die, auf denen Personenrisiken erwartet werden) in Relation gesetzt. Die absoluten Bevölkerungswerte mussten anschließend unter Berücksichtigung des Parameters Überflutungstiefe klassifiziert werden.

Es wurde nicht versucht, die Einwohnerdichte mit einzubeziehen. Dies würde insbesondere bei der Bewertung unterschiedlich dichter Gemeinden u.U. nicht interpretierbaren Ergebnissen führen.

#### 5.6 Ergebnisse

Folgende Ergebnisse ergaben sich für die vier bzw. sechs Abschnitte entlang des Rheines:

Tabelle 5.14: Ermittelte Vermögensschäden entlang der Rheinabschnitte

	<b>ABSCHNITT</b>	<b>Schaden in Mio. EURO</b>
U1	Hochrhein bis Basel	39,3
U2a	Staugeregelter Oberrhein (oberhalb Iffezheim)	1.513
U2b	Deichgeschützter Oberrhein (unterhalb Iffezheim)	10.467
U3a	Mittelrhein	1.688
U3b	Niederrhein	20.303
U4	Deltarhein	130.411
Alle	Gesamtsumme	164.420

## 5.7 Plausibilität der Ergebnisse

Auf Grund der Größenordnung des untersuchten Gebietes konnte die Ermittlung der möglichen Vermögensschäden nur in einem großräumigen makroskaligen Massstab erfolgen. Dabei besteht die Gefahr, dass die Ergebnisse mit einer großen Fehlerspannweite behaftet sind. Deshalb ist es sinnvoll, die Ergebnisse mit anderen bereits zuvor ermittelten Werten zu vergleichen.

Aus zahlreichen Studien der Bearbeiter entlang des Rheines liegen umfangreiche Schadenpotentialdaten vor. Zusätzlich konnten weitere Studien und Veröffentlichungen zur Plausibilitätsprüfung herangezogen werden.

Für die Abschnitte liegen folgende vergleichbaren Ergebnisse vor:

Tabelle 5.15: Ermittelte Vermögensschäden entlang der Rheinabschnitte

	ABSCHNITT	aus Studie / Veröffentlichung	Schaden in Mio. EURO
U1	Hochrhein bis Basel	BWG: Hochwasser 1999, Analyse der Ereignisse, Studienbericht Nr. 10 / 2000	Schweiz ca. 25 Mio.€ <sup>4</sup> (beim Hochwasser 1999) <sup>5</sup>
U2a	Staugeregelter Oberrhein (oberhalb Iffezheim)	keine Werte vorhanden	
U2b	Deichgeschützter Oberrhein (unterhalb Iffezheim)	Pflügner et al.: Hochwasserschadenpotentiale am Oberrhein, 1995 für das BMV	6.340 Mio.€ sind bei HW200 zu erwarten 11.810 Mio.€ (Potential bei HW200+0,5m)
U3a	Mittelrhein	Ruiz Rodriguez + Zeisler, Pflügner Hochwasserschadenpotentiale an Mosel und Mittelrhein, 1997 für das Land Rheinland-Pfalz	880 Mio.€ (bei HW200+0,5m)
U3b	Niederrhein	RWTH et al.: Potentiell Hochwasserschäden am Rhein in NRW, 2000 für das Land Nordrhein-Westfalen	17.537 Mio.€ (bei HW500)
U4	Deltarhein	DWW: Standaardmethode - Schade en Slachtoffers als gevolg van overstromingen, 2001, Overstromingsrisico's buitendijkse gebieden, 2000	ca. 500 Mrd. € (incl. Wertschöpfungsverluste)

<sup>4</sup> Tabelle 1.1 unter der Annahme: Die ausgewiesenen Schäden während der Mai-Hochwasser 1999 in den Kantone Basel-Stadt, Basel-Land und Schaffhausen entfallen zu 100% auf den Rhein; die Schäden der Kantone Aargau, Thurgau und Zürich zu jeweils 10%.

<sup>5</sup> Das betrachtete HWextrem im Abschnitt U1 liegt 1 Meter über dem Hochwasser von 1999.

Es zeigte sich, dass mit Ausnahme der Niederlanden die Zahlen direkt vergleichbar sind.

Im Abschnitt U1 liegen die neu berechneten Werte über den erhobenen Werten von 1999, ohne jedoch den Anteil des Ereignisses von 1999 aus Baden-Württemberg beziffern zu können.

Für den Abschnitt U2a liegen keine vergleichbaren Schadensdaten vor.

Die Ergebnisse im Abschnitt U2b liegen zwischen den abgeschätzten Schadensdaten, die anlässlich der Oberrheinstudie 1995 für die Länder Baden-Württemberg, Hessen und Rheinland-Pfalz ermittelt wurden und den Ergebnissen die daraus von der Arbeitsgruppe der projektbegleitenden Ländervertreter in einer szenarischen Betrachtung für ein HQ200 herausgezogen wurden.

Am Mittelrhein sind die neu berechneten Schadensdaten höher, als die anlässlich der Schadenpotentialuntersuchung am Mittelrhein 1997 ermittelten Werte. Die Ursache liegt größtenteils in der Ausdehnung des CORINE-Datensatzes, der in den Mittelrheingemeinden stets die Siedlungsflächen bis direkt an den Rhein ausbildet. Da dort stets große Überschwemmungshöhen zu erwarten sind und erfahrungsgemäß dort nur Flächen mit niederwertiger Nutzung (Straßen, Parkplätze, Grünflächen etc.) zu finden sind, haben diese vergleichsweise kleinen Flächen großen Einfluss auf den Gesamtschaden.

Die Schadenswerte, die für den Niederrhein ermittelt wurden, können mit den Ergebnisse der nordrhein-westfälischen Landesstudie aus dem Jahr 2000 verglichen werden. Die Abweichungen zu den Ergebnissen dieser Studie, die auf Basis von ATKIS-Nutzungsdaten erstellt wurde, liegt bei ca. +10%. Die Ursache liegt in den verwendeten Schädigungsfunktionen, die zwar an den Funktionen der Landesstudie angelehnt sind, aber im Bereich der Bauten steiler ansteigen.

Ebenfalls verglichen werden können die Zahlen innerhalb des Stadtgebietes Köln. Im Auftrag der Stadt Köln wurden 1998 die Schadenspotentiale für verschiedene Wasserstände ermittelt. Der dabei höchste untersuchte Pegelstand 12,5 m KP entspricht dem HW500. Folgende Zahlen lassen sich vergleichen:

Tabelle 5.16: Vergleich der Ergebnisse im Bereich der Stadt Köln

	<b>Hochwasserschadenpotentialuntersuchung in der Stadt Köln 1998</b>	<b>IKSR-Rheinatlas 2001</b>
Betroffene Fläche	104,25 km <sup>2</sup>	105,13 km <sup>2</sup>
Betroffene Vermögenswerte	20,66 Mrd.€	21,74 Mrd.€
Vermögensschäden bei 12,5m KP / HW500	3,59 Mrd.€	3,52 Mrd.€

Für die Niederlanden wurden mögliche Vermögensschäden von ca. 130 Mrd.€ ermittelt. Demgegenüber steht eine Schadenssumme von ca. 500 Mrd.€ aus der Studie in den Niederlanden. Diese Werte sind aber zunächst nicht vergleichbar. Es zeigte sich, dass in der niederländischen Studie nicht nur Vermögensschäden dargestellt werden, sondern auch die möglichen Wertschöpfungsverluste, weshalb von vorne herein die Zahlen um das Zwei- bis Dreifache höher sein müssen.

Eine Differenz von ca. 190 Mrd.€ findet sich beim Vergleich der landwirtschaftlichen Flächen, die immerhin mehr als 80% der betroffenen Fläche in den Niederlanden ausmachen (Basis CORINE). CORINE differenziert diese Flächen nicht weiter, wodurch alle Einzelobjekte i.d.R. nicht erfasst sind. In der niederländischen

Studie wurden allerdings auch alle Einzelobjekte auf diesen Flächen erfasst. Außerdem wurde ein erheblich höherer Anteil an Ertragsausfallschäden angenommen als in der vorliegenden Studie, wodurch ein größerer Schaden zu erwarten ist, als hier ausgewiesen. Ziel des neuen Rheinatlases ist es auch nicht, die Schäden im landwirtschaftlichen Bereich detailliert darzustellen, sondern vielmehr eine Aussage über die Gesamtschäden im Siedlungsbereich zu treffen.

## 5.8 Bewertung der Ergebnisse

Der ausgewiesene Vermögensschaden bei einem Extremereignis von ca. 165 Mrd.€ entlang des Rheines zeigt den möglichen Vermögensschaden an den mobilen und immobilien Vermögensgegenständen, vorwiegend in den Siedlungsbereichen auf. Die Wertschöpfungsverluste, die nicht bewertet werden konnten, liegen, wie die Studie in den Niederlanden zeigt, in der gleichen Größenordnung wie die Vermögensschäden, teilweise auch darüber.

Weiterhin muss darauf hingewiesen werden, dass der Anteil der Schäden in der Landwirtschaft vor allem in Abhängigkeit der Anbauarten und des jahreszeitlichen Eintreffens des Ereignisses erheblich sein kann. Eine solch detaillierte Betrachtung ist hier ebenfalls unmöglich und auch nicht angestrebt gewesen. Zur Umsetzung des Aktionsplanes, nämlich die Reduzierung der Schadensrisiken in den nächsten Jahren spielt dies aber auch nur eine untergeordnete Rolle. Weitergehende Hochwasservorsorge auf landwirtschaftlichen Flächen ist nicht durchführbar bzw. sogar absurd. Bei der Wertung der Ergebnisse ist dies zu berücksichtigen.