

Brandenburgische Technische Universität Cottbus

Zum Entwicklungsstand und zu den Anforderungen an ein grenzüberschreitendes operationelles Hochwasservorhersagesystem im Einzugsgebiet der Oder

Studie im Rahmen des BMBF-Projektes

Simulation von Hochwasser im Einzugsgebiet der Oder mit einem gekoppelten Modellsystem

(Das diesem Bericht zugrunde liegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 01 LA 9906/9907 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor.)

*erarbeitet am Lehrstuhl Hydrologie und Wasserwirtschaft der
Brandenburgischen Technischen Universität Cottbus*

Federführung: Prof. Dr. rer. nat. habil. Uwe Grünewald

unter maßgeblicher Mitwirkung von:

Dipl. Hydr. Christine Brodersen
Dipl. Hydr. Sabine Schümberg
Dipl. Geoök. Anne Schmitt
Dr.-Ing. Michael Kaltoven
Dipl.-Ing. (FH) Egbert Gassert

sowie unter Verwendung von unmittelbaren Zuarbeiten vom:

Institut für Meteorologie und Wasserwirtschaft (IMGW), Wrocław
Doz. Dr.-Ing. Alfred Dubicki & Mgr. Józefa Malinowska-Małek
Institut für Gewässerforschung (MRI), Szczecin
Prof. Dr. habil. Ing. Władysław Buchholz & Dr. Ryszard Ewertowski
Tschechischen Hydrometeorologischen Dienst (ČHMÚ), Ostrava
Ing. Arnošt Hošek
Institut für Meteorologie und Wasserwirtschaft (IMGW), Poznań
Prof. Dr. habil. Ing. Piotr Kowalczak

Cottbus, Dezember 2000

Inhaltsverzeichnis

1	Veranlassung, Zielstellung und Vorgehensweise	1
1.1	Veranlassung.....	1
1.2	Zielstellung	2
1.3	Vorgehensweise.....	2
2	Kurzcharakteristik des Odereinzugsgebietes.....	3
2.1	Hydrographie.....	3
2.2	Klima und Niederschlagsverhältnisse	7
2.3	Abfluss und Hochwasser	8
2.4	Wasser- und Hochwasserschutzbauten	9
3	Rechtliche Grundlagen und Zuständigkeiten	13
3.1	Tschechische Republik	13
3.2	Republik Polen.....	16
3.3	Bundesrepublik Deutschland.....	19
3.4	Grenzüberschreitende Zusammenarbeit	22
4	Hochwasservorhersage und Hochwasserfrühwarnsysteme.....	24
4.1	Grundlegende Anforderungen an die Hochwasservorhersage.....	24
4.2	Zum Entwicklungsstand von operationellen Hochwasservorhersage- und von Hochwasserfrühwarnsystemen.....	27
5	Ursachen von Hochwasser im Odereinzugsgebiet	30
5.1	Winterhalbjahr	31
5.2	Sommerhalbjahr	33
6	Zum Stand der operationellen Hochwasservorhersage im Odereinzugsgebiet	35
6.1	Hochwasservorhersage für die Obere Oder - Tschechische Republik.....	37
6.1.1	Meteorologischer Vorhersagedienst durch den ČHMÚ	37
6.1.2	Hydrologischer Vorhersagedienst durch den ČHMÚ	38
6.1.3	Geplante Entwicklungen	41

6.2	Hochwasservorhersage für die Obere und Mittlere Oder - Polen	42
6.2.1	Meteorologischer Vorhersagedienst durch das IMGW Wrocław	43
6.2.2	Hydrologischer Vorhersagedienst durch das IMGW Wrocław	44
6.2.3	Geplante Entwicklungen	47
6.3	Hochwasservorhersage für die Untere Oder und Warta – Polen.....	52
6.3.1	Hydrologischer Vorhersagedienst durch das IMGW Poznań.....	52
6.3.2	Situation an der Unteren Oder.....	53
6.4	Hochwasservorhersage für die Grenzoder – Deutschland (Brandenburg)	53
6.4.1	Meteorologischer Vorhersagedienst durch den DWD	53
6.4.2	Hydrologischer Vorhersagedienst in Brandenburg durch das LUA Brandenburg	54
6.4.3	Geplante Entwicklungen	55
6.5	Hochwasservorhersage für die Lausitzer Neiße – Deutschland (Sachsen, Brandenburg)	55
6.5.1	Meteorologische Vorhersage für die Lausitzer Neiße durch den DWD.....	56
6.5.2	Hochwasservorhersage für die Lausitzer Neiße in Sachsen	57
6.5.3	Hochwasservorhersage für die Lausitzer Neiße in Brandenburg	59
7	Wissenschaftlich-technische Projekte zur Hochwassersimulation und zum vorsorgenden Hochwasserschutz.....	60
7.1	Projekte zur Hochwassermodellierung.....	60
7.1.1	LISFLOOD	61
7.1.2	ODRAFLOOD	63
7.2	Weitere Projekte zum Hochwasserschutz	66
7.2.1	Planungsgrundlagen zum vorsorgenden Hochwasserschutz.....	66
7.2.2	Projekte zu Hochwasserinformationssystemen	67
8	Zusammenfassung und Fazit	70
8.1	Zusammenfassung zum gegenwärtigen Entwicklungsstand der operationellen Hochwasservorhersage im Odereinzugsgebiet.....	70
8.2	Ansätze zur Verbesserung der operationellen Hochwasservorhersage im Odereinzugsgebiet	73
8.2.1	Datengewinnung und -bereitstellung	73
8.2.2	Modellaufbau und -bestandteile	74
8.2.3	Einbeziehung der Modellbetreiber und Nutzer der Modellierungsergebnisse	75
8.2.4	Nutzung prä-operationeller Modelle	76
8.2.5	Grenzüberschreitende Zusammenarbeit	77
8.2.6	Koordination laufender und geplanter Aktivitäten	78
8.3	Fazit	80
Literatur		82
Abkürzungsverzeichnis		88
Anhang.....		92

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Einzugsgebiet der Oder mit den wichtigsten Nebenflüssen	6
Abb. 2: Untere Oder mit Darstellung der wichtigsten Polder.....	11
Abb. 3: Volumenanteile tschechischer und polnischer Speicherbecken im Odereinzugsgebiet	12
Abb. 4: Hochwasservorhersage in Tschechien (nach KUBÁT, 1998)	14
Abb. 5: System der Hochwasservorhersage und Hochwasserwarnung in Tschechien (nach KUBÁT 1998).....	15
Abb. 6: Hochwasservorhersage und Entscheidungssystem im polnischen Odereinzugsgebiet (ergänzt nach SCHMITT, 2000)	18
Abb. 7: Hochwasseralarmstufen I bis IV in Brandenburg und Sachsen (nach LUA, 1995; SMU, 1998).....	20
Abb. 8: System der Hochwasservorhersage und Hochwasserabwehr im deutschen Odereinzugsgebiet (Aufgabe der Bundesländer).....	22
Abb. 9: Organigramm der IKSO, Stand: Juli 2000 (SCHMITT, 2000).....	23
Abb. 10: Aktuelles System der Hochwasservorhersage im Odereinzugsgebiet, Stand: Dezember 2000	36
Abb. 11: Schematische Darstellung der Oberen Oder und der wichtigsten Nebenflüsse sowie der Speicherbecken in Tschechien	39
Abb. 12: Prinzip des Hochwasserwarnsystems auf der Basis neuronaler Netze (STARY et al., 1998).....	42
Abb. 13: Schematische Darstellung des Modellsystems des IMGW Wrocław für die Hochwasservorhersage an der Oberen und Mittleren Oder (verändert nach MIERKIEWICZ, 1993).	46
Abb. 14: Wetterradaresystem POLRAD in Polen (existierende und geplante Wetterradaresstationen) (IMGW, 1999)	48
Abb. 15: Darstellung der Pegelstationen der Oberen und Mittleren Oder sowie der Niederschlagsverteilung im Einzugsgebiet mittels FLOOD WATCH, (STROŃSKA et al., 1999).....	51
Abb. 16: Schematische Darstellung der Lausitzer Neiße/Nysa Łużycka/Lužická Nisa	56
Abb. 17: LISFLOOD Simulationskonzept (http://natural-hazards.aris.sai.jrc.it/floods/risks/).....	62
Abb. 18: ODRAFLOOD Modellsystem (GKSS & PARTNER, 1999)	63
Abb. 19: Gegenüberstellung gemessener und mittels des Modelles SEROS simulierter Durchflussganglinien für den Oderpegel Gozdowice für das Hochwasser 1997 (RUHE et al., 1999).....	64
Abb. 20: Pegel	94
Abb. 21: Polder	96
Abb. 22: Speicher	99

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Charakteristika der Oder und ihrer wichtigsten Nebenflüsse.....	5
Tab. 2: Erster und letzter Schneefall für verschiedene Regionen im Odereinzugsgebiet	8
Tab. 3: Vergleich von Abflussextrêmwerten mit langjährigen Mittelwerten.....	8
Tab. 4: Vergleich verschiedener Hochwasservorhersagesysteme	26
Tab. 5: Komponenten und Faktoren eines Hochwasserfrühwarnsystems	29
Tab. 6: Hauptursachen für Hochwasser im Einzugsgebiet der Oder	31
Tab. 7: Maximale Wasserstände (HW) und Durchflüsse (HQ) ausgewählter Eishochwasser an den Pegeln Eisenhüttenstadt und Hohensaaten-Finow	33
Tab. 8: Maximale Durchflüsse ausgewählter Sommerhochwasser an der Oder	35
Tab. 9: Numerische meteorologische Modelle, deren Ergebnisse zur quantitativen Niederschlagsvorhersage vom ČHMÚ genutzt werden.....	37
Tab. 10: Hydrometrische und hydrometeorologische Stationen im Einzugsgebiet der Oberen und Mittleren Oder, die für die Automatisierung vorgesehen sind	49
Tab. 11: Hochwasservorhersage durch das IMGW Poznań	52
Tab. 12: Ausgewählte Projekte zur Hochwasservorhersage im Einzugsgebiet der Oder	60
Tab. 13: Internationale Projekte zur Hochwassersimulation	61
Tab. 14: Gegenüberstellung der Projekte ODRAFLOOD und ODER-LISFLOOD.....	65
Tab. 15: Internationale Projekte zum Hochwasserschutz im Odereinzugsgebiet im Bereich Planung und Informationssysteme	69
Tab. 16: Wichtige Namen in polnischer, tschechischer und deutscher Schreibweise	92
Tab. 17: Wichtige Oderpegel in Polen, Tschechien und Deutschland	93
Tab. 18: Genutzte Polder an der Oder	95
Tab. 19: Polnische Speicher	97
Tab. 20: Tschechische Talsperren	98
Tab. 21: Zusammenstellung der Projekte aus Kapitel 7	100

1 Veranlassung, Zielstellung und Vorgehensweise

1.1 Veranlassung

Hochwasser und damit verbundene Überschwemmungen sind **Naturereignisse**, von denen seit jeher eine große Gefährdung für die betroffene Bevölkerung und Sachwerte ausgehen. „Von allen Naturgefahren treten Überschwemmungen global am häufigsten auf und führen zu den meisten Toten und zu den größten volkswirtschaftlichen Schäden“ (MÜNCHNER RÜCK, 1997, S. 7). Seit jeher existieren daher Bemühungen, möglichst zeitig und effizient vor solchen Naturgefahren zu warnen. Für Mitteleuropa berichtet SCHAFFERNAK (1935) über erste Hochwasservorhersagen an der Seine in Frankreich durch BELGRAND im Jahre 1856, und FÜGNER (1995) stellt anschaulich dar, wie im 18. Jh. an der Elbe oberhalb Dresdens mit Hilfe von Reitern und Kanonenschüssen vor dem durch Eisaufbruch entstehenden Hochwasser gewarnt wurde.

Hochwasserereignisse sind auch **im Odereinzugsgebiet nichts ungewöhnliches**. Das Sommerhochwasser 1997 kann hinsichtlich seiner Scheitelabflüsse, aber auch hinsichtlich seiner Dauer und Schäden als das größte Hochwasser des 20. Jh. im Odereinzugsgebiet angesehen werden. Über 100 Tote waren insgesamt in Tschechien und Polen zu beklagen. In allen drei betroffenen Ländern Tschechien, Polen und Deutschland entstanden Schäden von über 3,53 Mrd. EURO (IKSO, 1999). Katastrophale Ausmaße erreichte das Hochwasser im Oberen und Mittleren Odereinzugsgebiet. Die zahlreichen Deichbrüche im Ober- und Mittellauf der Oder, vor allem auf polnischem Gebiet, haben die Situation an der deutsch-polnischen Grenzoder entscheidend entschärft (GRÜNEWALD et al., 1998). Dadurch war es dem Katastrophenschutz und den Helfern unter großem Einsatz möglich, hier eine Katastrophe abzuwenden.

Das **Hochwasser 1997 machte die Defizite** des existierenden Hochwasservorhersage- und Hochwasserwarnsystems an der Oder *deutlich*. Sowohl die einzelnen Komponenten des Systems (Erfassen – Vorhersagen – Warnen – Reagieren) als auch deren Zusammenspiel zeigten Mängel, die sich letztlich auch auf die grenzüberschreitenden Informationsflüsse auswirkten (GRÜNEWALD et al., 1998). An der Oder war man auf ein Hochwasserereignis dieser Größenordnung nicht ausreichend vorbereitet. Letzendlich war es auch vielen glücklichen Umständen zuzuschreiben, dass in Deutschland die Schäden in relativ engen Grenzen gehalten werden konnten.

Um das Hochwassermanagement und die grenzüberschreitende Zusammenarbeit zu verbessern, wurden nach dem Hochwasser 1997 **zahlreiche Projekte und Maßnahmen** – von der Modernisierung der Deiche und Messnetze bis hin zur Entwicklung von vielfältigen Modellen zur Hochwassersimulation – begonnen. Eines dieser vielen Projekte ist das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderte Projekt „*Simulation von Hochwasser im Einzugsgebiet der Oder mit einem gekoppelten Modellsystem*“ (**ODRAFLOOD**). An dem Projekt, in dessen Rahmen die hier vorliegende Studie erstellt wurde, sind deutsche und polnische Partner (GKSS Geesthacht, IMGW Wrocław, MRI Szczecin, DLR Köln, BTU Cottbus) beteiligt.

In diesem Projekt soll ein gekoppeltes Modellsystem, bestehend aus Niederschlag-Abfluss-Modellen und Wellentransformationsmodellen für die Oder und ihre Nebenflüsse, einschließlich Stadtüberflutungs- und Deichbruchszenarien, entwickelt werden. Dieses Modell wird in erster Linie prä-operationell zur Analyse vergangener Hochwasser, zur Szenarienerstellung, für die Erarbeitung von Strategien zur optimalen Steuerung von

Stauseen, Poldern und Rückhaltebecken angewendet werden. Vorgesehen ist aber auch die Erarbeitung von „Grundlagen (Modellen und Szenarien) für die Entwicklung eines operationellen Hochwasservorhersagemodells“ (GKSS & PARTNER, 1999).

1.2 Zielstellung

Ziel dieser Studie ist es, für das Odereinzugsgebiet

- die *allgemeinen* und *speziellen Anforderungen* an ein operationelles Hochwasservorhersagesystem, insbesondere unter dem Aspekt der grenzüberschreitenden Zusammenarbeit, *herauszustellen*
- und diese dem **Entwicklungsstand** der operationellen Hochwasservorhersagen, u. a. mit ihren spezifischen meteorologischen und hydrologischen Eingangsdaten und den verfügbaren hydrologischen Modellen, *gegenüberzustellen* und den Stand der Entwicklung *zu bewerten*.

Zunächst dient diese Arbeit als Voruntersuchung für das Projekt „ODRAFLOOD“ der GKSS Geesthacht und ihrer Projektpartner. Diese Studie richtet sich aber auch an Organisationen und Institutionen, die im Odereinzugsgebiet Projekte und Maßnahmen zur Hochwasservorsorge planen oder durchführen.

Ein frühzeitiges Reagieren auf drohende Hochwassergefahren setzt voraus, dass im Hochwasserfall die möglichen Hochwasserabläufe möglichst umfassend beschrieben sowie zeitig und hinreichend genau prognostiziert werden können. Dadurch können die Schäden deutlich gemindert und die betroffene Bevölkerung besser geschützt werden.

Die *operationelle Hochwasservorhersage* muß deswegen *im Zusammenhang mit* den anderen Komponenten eines **Hochwasserfrühwarnsystems** gesehen werden. D. h. sie ist Teil eines Gesamtsystems aus Datenerfassung, meteorologischer Vorhersage, Hochwasservorhersage, Hochwassermeldesystem, Entscheidungsfindung, Katastrophenschutz und Reaktion der betroffenen Bevölkerung (PARKER et al., 1994).

Es ist ein Hauptproblem von Hochwasservorhersagen, dass der Nutzen nicht automatisch mit der Implementierung eines verbesserten Vorhersagesystems einsetzt. Die Hochwassermeldesysteme, die Entscheidungsfindungssysteme, die Katastrophenabwehr, die Informationssysteme für die Bevölkerung usw. müssen entsprechend mitentwickelt werden (PARKER et al., 1994). Die Erfahrungen der Entscheidungsträger, Verantwortlichen und Betroffenen sind in diesen Entwicklungsprozess adäquat einzubeziehen.

1.3 Vorgehensweise

Die Komponenten und die Komplexität eines Hochwasserfrühwarnsystems hängen unter anderem ab von den hydrologischen Gegebenheiten, den Strukturen und den finanziellen Möglichkeiten der Hochwasservorhersage- und Hochwassermeldedienste und der effizienten Nutzung des Systems (FELDMANN, 1994). An internationalen Flüssen wie der Oder müssen zusätzlich die Besonderheiten der notwendigen grenzüberschreitenden Zusammenarbeit berücksichtigt werden.

Nach einer kurzen Charakterisierung des Odereinzugsgebietes werden in dieser Studie zunächst die rechtlichen Grundlagen und die Zuständigkeiten der Hochwasservorhersage- und Hochwassermeldedienste für Tschechien, Polen und Deutschland (Brandenburg und Sachsen) dargestellt. Daran anschließend werden allgemeine Anforderungen an operationelle Hochwasservorhersagesysteme in internationalen Flusseinzugsgebieten und danach mögliche Entstehungsursachen von Hochwasser im Odereinzugsgebiet beschrieben.

Zentrales Anliegen der Studie ist die Darstellung und Bewertung des aktuellen Standes der Hochwasservorhersagesysteme im Einzugsgebiet der Oder. Die dafür notwendige Beschreibung erfolgt für die einzelnen Abschnitte des Odereinzugsgebietes getrennt nach den jeweiligen Ländern. Die Lausitzer Neiße wird als Teileinzugsgebiet, an dem sowohl alle drei Staaten Tschechien, Polen und Deutschland als auch die beiden Bundesländer Sachsen und Brandenburg beteiligt sind, exemplarisch betrachtet. Soweit erschließbar, werden die in den einzelnen Ländern durchgeführten Projekte und Planungen einbezogen. Ausgewählte international wichtige Projekte zum Thema Hochwasserschutz im Odereinzugsgebiet werden kurz beschrieben. Abschließend wird der Stand der Entwicklung der operationellen Hochwasservorhersagesysteme im Odereinzugsgebiet bewertet und auf kritische Elemente hingewiesen. In einem Fazit werden Vorschläge zur Verbesserung insbesondere unter dem Aspekt des schrittweisen Aufbaus eines grenzüberschreitenden Hochwasserfrühwarnsystems an der Oder abgeleitet.

In der Studie werden in der Regel die geographischen Namen und Ortsnamen so verwendet, wie sie in den aktuellen Karten der jeweiligen Länder gebräuchlich sind. Für wenige Städte in Polen und Tschechien wurde zur besseren Lesbarkeit im deutschsprachigen Raum der deutsche Name angegeben. Für einige Flüsse wurden zur Vermeidung von Missverständnissen sowohl die tschechischen und polnischen und z. T. auch die deutschen Namen parallel verwendet (z. B. Lužická Nisa/Nysa Łużycka/Lausitzer Neiße). Die Tab. 16 im Anhang enthält eine Liste der häufig verwendeten tschechischen, polnischen und deutschen geographischen Namen.

2 Kurzcharakteristik des Odereinzugsgebietes

In diesem Kapitel werden die wichtigsten hydrographischen, klimatischen, hydrologischen und wasserwirtschaftlichen Merkmale des Odereinzugsgebietes kurz beschrieben. Als weitergehende Informationsquellen sei z. B. auf IKSO, 1999; LUA, 1998 sowie die mehrbändige Odermonographie mit Karten und Tabellen von BUREAU, 1896¹ verwiesen.

2.1 Hydrographie

Die 854 km lange **Oder** (polnisch und tschechisch: Odra) ist mit einem Jahresabflussvolumen von ca. 18 Mrd. m³ (Jahresreihe 1941-96 ohne 1945; LUA, 1998) der sechstgrößte Süßwasserzufluss zur Ostsee. Sie entspringt in einer Höhe von 634 m ü. NN im Odergebirge, dem südöstlichen Teil des Mittelgebirgszuges der Sudeten.

Vom 118.861 km² großen **Einzugsgebiet** der Oder liegt der überwiegende Anteil in der *Republik Polen (89 %)*, wo fast die gesamte westliche Landeshälfte über die Oder entwässert wird. 6 % des Odereinzugsgebietes befinden sich in der *Tschechischen Republik* und 5 % in der *Bundesrepublik Deutschland* (ca. 5.600 km²) (Abb. 1).

Die **Landschaft im Odereinzugsgebiet** gliedert sich von Südwesten nach Nordosten stufenförmig in das Bergland, das Vorbergland, die Hochflächen und die Tiefebene. Obwohl der weitaus *größte Teil des Odereinzugsgebietes im Tiefland* mit Höhen unter 200 m ü. NN liegt, üben die *im südlich bis südwestlichen Teil des Einzugsgebietes liegenden Gebirgszüge* und ihre Vorländer den *größten Einfluss auf das Hochwasserverhalten der Oder* aus. Die südlichste Begrenzung bilden die Mährischen Beskiden mit dem Lysá Hora (1.324 m ü. NN) als höchste Erhebung in dieser Region. Westlich davon schließt sich die Mährische Pforte an,

¹ Obwohl bereits von 1896 ist diese Quelle bis heute die umfangreichste und umfassendste Beschreibung des Odereinzugsgebietes. Auszüge der Monographie sind auch veröffentlicht in UHLEMANN (1999).

wo sich die Wasserscheide zwischen dem Oder- und dem südlich davon gelegenen Donaugebiet lediglich auf 310 m ü. NN befindet. Die gesamte Südwestgrenze mit etwa 350 km Länge wird vom Gebirgszug der Sudeten gebildet, deren nördliche Ausläufer von der Mährischen bis zur Lausitzer Pforte zur Oder hin entwässern. Die höchsten Gipfel sind im Osten der Praděd mit 1.490 m ü. NN und im Westen die Śnieżka mit 1.602 m ü. NN.

Nach der Geomorphologie und dem Abflussverhalten wird die Oder in folgende drei Abschnitte unterteilt (IKSO, 1999):

Obere Oder: von den Quellen bis zur Mündung der Nysa Kłodzka,

Mittlere Oder: von der Mündung der Nysa Kłodzka bis zur Mündung der Warta,

Untere Oder: von der Mündung der Warta bis zum Stettiner Haff / Zalew Szczeciński.

Der Oberlauf der Oder hat lediglich auf einer Lauflänge von etwa 54 km (*Quelloder*) einen gebirgigen Charakter mit einem Gefälle von bis zu 7,2 ‰. Die Oder fließt dann mit einem durchschnittlichen Gefälle von 0,36 ‰ durch das Vorland der Sudeten und erreicht unterhalb von Bohumín polnisches Territorium.

Im Mittellauf fließt die Oder bei einem durchschnittlichen Gefälle von 0,28 ‰, abgesehen von zwei nach Nord führenden engen Durchbrüchen in Stauchmoränenzügen zwischen Urstromtälern bei Ścinawa und Nowa Sól, in breiten Tälern in nordwestlicher Richtung bis zur Mündung der Lausitzer Neiße (polnisch: Nysa Łużycka, tschechisch: Lužická Nisa). Von hier fließt sie nach Norden und markiert bis Gryfino als „**Grenzoder**“ auf insgesamt 161,7 km Länge die *Grenze zwischen der Republik Polen und der Bundesrepublik Deutschland*. Nördlich von Frankfurt/Oder nimmt sie rechtsseitig ihren größten Nebenfluss, die Warta auf, welche knapp die Hälfte des Gesamteinzugsgebietes der Oder umfasst und im langjährigen Mittel etwa 40 % des Gesamtabflusses liefert. Das Gefälle reduziert sich ab der Einmündung der Warta auf 0,05 ‰. Weitere wichtige Nebenflüsse der Oder sind in Tab. 1 aufgeführt.

Bei Widuchowa teilt sich die Oder in die West- und die Ostoder. Die Westoder ist noch auf 17,1 km Grenzgewässer, die Ostoder ist als eigentliche Stromoder anzusehen. Ost- und Westoder sind durch viele kleine Fließgewässer und Kanäle, welche die Polder des Międzyodrzegebietes durchfließen, miteinander verbunden. Nach Passage des Jezioro Dąbie fließt die Oder wieder als ein Strom in das Stettiner Haff / Zalew Szczeciński, welches über die drei Arme Peene-Strom, Świna und Dziwna mit der Ostsee (Pommersche Bucht - Zatoka Pomorska) verbunden ist.

Tab. 1: Charakteristika der Oder und ihrer wichtigsten Nebenflüsse

Fluss	Länge [km]	Fläche des Einzugsgebietes [km ²]	Quellgebiet	Höhenlage der Quellgebiete [m ü. NN]
Odra/Oder	854,3	118.861,0		634
Opava (Oppa) (l) **	131,0	1.835,0	Sudeten	1.400
Ostravice (Ostrawitz) (r) **	65,0	811,0	Beskiden	730
Olše, Olza (Olsa) (r)	86,2	1.117,6	Beskiden	850
Kłodnica (Klodnitz) (r)	75,3	1.084,8	Sudeten	305
Osobłoga (Hotzenplotz) (l)	65,5	993,2	Sudeten	700
Mała Panew (Malapane) (r)	131,8	2.131,5	Schlesisch-Krakauer Hochland	**315
Stobrawa (Stober) **	85,0	1.601,9	Vorland des Schlesisch- Krakauer Hochlandes	260
Nysa Kłodzka (Glatzer Neiße) (l)	181,7	4.565,7	Sudeten	975
Oława (Ohle) (l)	91,7	1.002,7	Vorland der Sudeten	315
Ślęza (Lohe) (l)	78,6	971,7	Vorland der Sudeten	370
Bystrzyca (Weistritz) (l)	95,2	1.767,8	Sudeten	690
Widawa (Weide) (r)	103,2	1.716,1	Wał Trzebnicki	200
Kaczawa (Katzbach) (l)	83,9	2.261,3	Sudeten	**540
Barycz (Bartsch) (r)	133,0	5.534,5	Wał Trzebnicki	126
Bóbr (Bober) (l)	271,6	5.876,1	Sudeten	1.190
Nysa Łużycka, Lausitzer Neiße, Lužická Nisa (l)	251,8	4.297,0	Sudeten	**777
Warta (Warthe) (r)	808,2	54.528,7	Schlesisch-Krakauer Hochland	380
Ina (Ihna) (r)	129,1	2.189,4	Pommersche Seenplatte	**107

Quelle: IMGW, 1983; ** BUREAU, 1896

(l) - linksseitiger Nebenfluss

(r) - rechtsseitiger Nebenfluss

2.2 Klima und Niederschlagsverhältnisse

Das Odereinzugsgebiet liegt in der ganz Mitteleuropa beeinflussenden *gemäßigten Westwindzone*. Das **Klima** zeigt jedoch bereits einen *merklichen kontinentalen Einfluss* von Osteuropa her. Es ist charakterisiert durch *eine größere saisonale Veränderlichkeit der Wetterlagen* und damit auch des Abflussgeschehens.

Die Lage der Gebirgszüge der Sudeten und Beskiden beeinflusst unmittelbar die **Niederschlagsverhältnisse** (BUREAU, 1896): Die feuchten Luftmassen der Westwinde werden an den westlichen (im Sommer vorwiegend südwestlichen, im Winter hauptsächlich nordwestlichen) Seiten der Gebirge zum Aufsteigen gezwungen. Die nordostwärts gelegenen Gebirgsvorländer befinden sich im Regenschatten und haben weniger Niederschlag als nach ihrer Lage und Höhe zu erwarten wäre. Die größten Niederschlagsmengen im Odereinzugsgebiet zeigen die Nordwestseiten der von Südwest nach Nordost verlaufenden Beskiden.

In den Kammlagen der *höheren Gebirgsregionen* liegen die *Jahresniederschlagssummen bei 1000 bis 1400 mm*, insbesondere in den Quellgebieten von Ostravice, Olše/Olza, Opava, Nysa Kłodzka, Bóbr, und Lužická Nisa/Nysa Łużycka/Lausitzer Neiße. *Der größte Teil des Odereinzugsgebietes* liegt in einem Bereich mit *Jahresniederschlagssummen zwischen 600 und 700 mm*. Zum Unterlauf hin sind die geringsten Jahresniederschlagssummen mit weniger als 500 mm zu beobachten (LUA, 1998).

Betrachtet man den innerjährlichen Gang der Niederschläge, so zeigt sich, dass die *größten Niederschlagsmengen* (mehr als ein Drittel des Jahresniederschlags) *in den Monaten Juni bis August* auftreten.

Im *Sommer* kommt es von Zeit zu Zeit vor, dass sich *Tiefdruckgebiete* auf der von den üblichen Bahnen abweichenden *Zugstraße Vb²* bewegen, die von Italien über Polen zum Baltikum verläuft. Bei nördlichen bis nordwestlichen Winden führt dies zu ausgedehnten Starkregenfällen, die neben den Nordhängen der Beskiden auch an den Nordhängen der Sudeten und ihren Vorländern hohe Niederschlagsintensitäten verursachen. Bei dieser Wetterlage ist die *Gefahr eines Sommerhochwassers in der Oder sehr groß*. Sie verschärft sich, wenn die Bewegung der Tiefdruckgebiete sehr langsam erfolgt und somit die Regenfälle eine lange Dauer erreichen.

Die **Schneeverhältnisse** differieren stark in Abhängigkeit von der Höhenlage und der Entfernung zum Meer. Tab. 2 gibt einen Überblick zum ersten und letzten Schneefalltag in verschiedenen Bereichen des Odereinzugsgebietes.

Für das Abflussverhalten wird Schnee insbesondere dann wichtig, wenn es zur Ausbildung einer größeren Schneedecke und somit zur vorübergehenden Speicherung von größeren Mengen Wasser im Einzugsgebiet kommt. Im Mittel ist im gesamten Odereinzugsgebiet von Dezember bis Februar mit Schnee zu rechnen, während in höheren Gebirgslagen im Mittel von Oktober bis Mai eine Schneedecke besteht. Die mittlere jährliche Dauer der

² Eine typische Wetterlage für ein Sommerhochwasser an der Oder (von den Meteorologen als Vb Wetterlage bezeichnet) ist dadurch charakterisiert, dass sich infolge eines massiven Kaltlufteinbruchs über Westeuropa – unterstützt durch die Leewirkung der Alpen – zunächst ein Tiefdruckgebiet über Oberitalien bildet. Dieses verlagert sich nord- oder nordostwärts und führt dabei feuchtwarme Meeresluft von der Adria mit sich, die beim Zusammentreffen mit der Kaltluft zum Aufgleiten gezwungen wird. Die große Höhe und die starken Verwirbelungen in diesen Luftmassen sowie ihr langsames Fortschreiten führen dann zu ausgedehnten und länger andauernden Starkniederschlägen.

Schneebedeckung beträgt im Flachlandbereich 40 – 60 Tage, im Mittelgebirge 80 – 120 Tage und in den höheren Gebirgsregionen 120 – 200 Tage (BUREAU, 1896; HAD, 2000).

Tab. 2: Erster und letzter Schneefall für verschiedene Regionen im Odereinzugsgebiet

Region	erster Schneefall	letzter Schneefall
Gebirgskuppen	Mitte August	Anfang Juni
Gebirge, Vorgebirge	Anfang – Mitte Oktober	Anfang – Mitte Mai
Hügelland, Wartagebiet	Anfang November	Ende April
Flachland	Anfang November – Anfang Dezember	Mitte März – Mitte April
Mündungsgebiet	Mitte November – Anfang Dezember	Anfang April

Quellen: BUREAU, 1896; HAD, 2000

2.3 Abfluss und Hochwasser

Die Oder zeigt ein *ausgeprägtes Schwankungsverhalten* im **Abflussgeschehen**, das am prozentualen Anteil der Extremwerte im Bezug zum langjährigen mittleren Abfluss sichtbar wird. In Tab. 3 wird dies am Beispiel der Pegel Eisenhüttenstadt und Hohensaaten-Finow im Vergleich zu Rheinpegeln mit ähnlicher Einzugsgebietsgröße verdeutlicht. Im Hochwasserbereich liegen die prozentualen Abflüsse bezogen auf den mittleren Abfluss (MQ) an den Oderpegeln deutlich höher als die an den Rheinpegeln und im Niedrigwasserbereich niedriger. Die vor allem im Sommer und Herbst *auf tretenden Niedrigwasserperioden* behindern, neben dem im Winter auftretenden Eisstand, die Schifffahrt auf der Oder. Im Mittel führt die Oder bei Racibórz 25 (LPB, 1996) und bei Hohensaaten 44,1 Tage (1900-1990; UHLEMANN, 1999) Eis.

Tab. 3: Vergleich von Abflussextrmwerten mit langjährigen Mittelwerten

Oderpegel	NNQ [m³/s] Eintrittsdatum % von MQ	MQ [m³/s]	HHQ [m³/s] Eintrittsdatum % von MQ
Eisenhüttenstadt $A_{Eo} = 52033 \text{ km}^2$	73,6 (07.08.1950) 24	304 (1941-1995 ohne 1945)	2500 (06.11.1930) 822
Hohensaaten-Finow $A_{Eo} = 109564 \text{ km}^2$	111 (11.09.1921) 21	521 (1941-1995 ohne 1945)	3480 (03.04.1888) 668

Datenquelle: DGJ 1995 (Elbegebiet, Teil II)

Rheinpegel	NNQ [m³/s] Eintrittsdatum % von MQ	MQ [m³/s]	HHQ [m³/s] Eintrittsdatum % von MQ
Speyer $A_{Eo} = 53131 \text{ km}^2$	364 (04.01.1954) 29	1270 (1951-1989)	4350 (27.05.1983) 343
Kaub $A_{Eo} = 103729 \text{ km}^2$	476 (28.12.1921) 29	1620 (1931-1986)	7000 (05.01.1883) 432

Datenquelle: DGJ 1989 (Rheingebiet, Teil I); DGJ 1986 (Rheingebiet, Teil III)

Im **Ober- und Mittellauf** der Oder bestimmen *Schneesmelze und Niederschlag* den Abfluss. Im **Unterlauf der Oder** werden die *hydrologischen Verhältnisse* durch ein *komplexes* System aus Wasserrückstau vom Stettiner Haff / Zalew Szczeciński und der Ostsee, atmosphärischen Einflüssen (Wind und Luftdruck) sowie dem vom Einzugsgebiet im Oberlauf stammenden Abfluss bestimmt (BUCHHOLZ, 2000).

Hochwasser an der Oder sind *nicht außergewöhnlich* und treten *regional fast alle Jahre* auf. *Geringer* ist dagegen die *Wahrscheinlichkeit*, dass katastrophale *Hochwasser den ganzen Oderlauf betreffen*. Man kann unterscheiden zwischen den im Frühjahr mit der *Schneesmelze* auftretenden Hochwassern (Kap. 5.1) und den meist *im Sommer* („Johanniflut“) durch *großräumige Starkregenfälle* ausgelösten Hochwassern (Kap. 5.2). Obwohl auch an der Oder, vor allem *im Unterlauf*, *Winterhochwasser dominieren*, lässt sich feststellen, dass die Oder *häufiger* von *großen Sommerhochwassern* heimgesucht wird *als z. B. die Elbe* (FISCHER, 1907; IKSO, 1999). Eine weitere *Besonderheit* der Oder sind die sogenannten *Eishochwasser* (Kap. 5.1), bei denen es im Winter zu Rückstauwirkungen durch „Eisstandsbildung“ bzw. Eiszusammenschiebungen und Eisversetzungen im Mittel- und Unterlauf der Oder kommt.

Auskunft über historische Oder-Hochwasser geben alte Chroniken und Schriftstücke. Es wurde z. B. über das Hochwasser 1310 in der Nysa Kłodzka berichtet, bei dem nach der Überschwemmung der Glatzer (Kłodzko) Vorstadt 2000 Menschen ertranken (FAL, 1997). Hochwassermarken am Steintor in Krosno Odrzańskie belegen Hochwasser vom Juli 1595, April 1698 und Mai 1729 (BUREAU, 1896).

Als verheerendste Hochwasser im 18. und 19. Jh. werden die vom Juli 1736, August 1813 und August 1854 angesehen, die am gesamten Oderlauf zu vielen Deichüberspülungen und Deichbrüchen führten und damit großräumige Überschwemmungen zur Folge hatten (FISCHER, 1907).

Im 20. Jh. waren die bedeutendsten Hochwasser im Juli 1903, Oktober 1915, Juni 1926, im November 1930, September 1938, im März 1940 und 1947, Juli 1958, Juni 1965, August/September 1977, August 1985, Januar 1982 und Juli 1997 (BFG, 1997; LUA, 1998). In Abhängigkeit von den Niederschlags- und Abflussverhältnissen in den Nebenflüssen oder auch bedingt durch örtliche Abflussverhältnisse führten an den einzelnen Pegeln (insbesondere im Winter bei Eisversetzungen) verschiedene Hochwasserereignisse zu Maximalwasserständen und -abflüssen. So brachte beispielsweise das Hochwasser von 1903 vor allem im Ober- und Mittellauf Maximalwerte, während im Unterlauf z. B. die Ereignisse von 1940 und 1977 Extremwerte der Wasserstände hervorriefen. Im Bereich der deutsch-polnischen Grenzoder war das Winterhochwasser 1947 sehr kritisch. Durch Eisversetzung wurden die Deiche überströmt und das Oderbruch überschwemmt. Das *Sommerhochwasser 1997* ist eindeutig das *größte Hochwasser an der Oder im 20. Jh.* Dies betrifft sowohl den Umfang des betroffenen Gebietes als auch die Größe und Dauer des Hochwassers und die verursachten Schäden (GRÜNEWALD et al., 1998).

2.4 Wasser- und Hochwasserschutzbauten

Laufzeit und Form der Hochwasserwellen werden durch wasserbauliche Maßnahmen beeinflusst. Der **Ausbau des Flusslaufes der Oder**, vor allem *für die Schifffahrt*, begann *bereits im 13. Jh.* Aus dieser Zeit stammen auch die ersten Wälle, die zum Schutz gegen Hochwasser errichtet wurden. *Seit dem 18. Jh.* fand ein *umfangreicher Ausbau der Oder und ihrer Nebenflüsse* statt. Es erfolgten wasserbauliche Eingriffe und Veränderungen wie Laufbegradigungen, Abtrennungen von Mäandern und Altarmen, der Bau von Umflutern, Deichen, Poldern, Buhnen, Staustufen, Talsperren und Rückhaltebecken.

Laufbegradigungen: Die zwischen 1740 und 1896 vorgenommenen Durchstiche in der Oder führten zu einer Laufverkürzung von etwa 160 km, was ca. 20 % der Gesamtlänge entspricht (BFG, 1997). Im Bereich des Oderbruchs wurde der Flusslauf der Oder auf die höher gelegene Ostseite verlegt.

Umfluter: Umflutkanäle wurden vor allem zum Schutz von Städten wie Wrocław, Opole und Racibórz eingerichtet.

Deiche: Der Oderlauf besaß zwischen der Mündung der Opava (Opawa, Oppa - km 0) und dem Stettiner Haff / Zalew Szczeciński ursprünglich ein natürliches Überschwemmungsgebiet von rund 3.700 km². Nach den Eindeichungen waren 1896 davon noch rund 860 km² (ca. 23 %) vorhanden (BFG, 1997). Neben dem Oderbruch mit rund 800 km² gingen vor allem in der Oberen und Mittleren Oder Retentionsflächen verloren.

Da die heute vorzufindenden Deiche in unterschiedlichen Jahrhunderten entstanden sind und auf unterschiedlichen Bemessungsgrundlagen basieren, existiert entlang der Oder kein auf ein einheitliches Niveau bezogenes Hochwasserschutzsystem. Der Abstand der Deiche, die Größe des Querschnittes sowie die Höhe der Deichkrone über dem maßgeblichen Wasserspiegel wurden nicht nach einheitlichen hydrologischen Bemessungsgrundlagen festgelegt, projektiert und realisiert. Zusätzlich sind die geologischen Bedingungen im Untergrund der Deiche häufig ungünstig (IMGW, 1975; WKP, 1997; BGR, 1997).

In Brandenburg werden seit dem Hochwasser 1997 die Deiche systematisch grundlegend erneuert. Seit 1997 wurden Deichabschnitte auf einer Gesamtlänge von über 50 km repariert und ausgebaut (MLUR, 1999). In Polen und in der Tschechischen Republik beschränkte man sich aus finanziellen Gründen zum größten Teil auf die Reparatur der zahlreichen Deichbrüche. In der deutsch-polnischen Grenzgewässerkommission wurde im Jahre 1998 die Auslegung der Deiche an der Grenzoder auf ein 200-jähriges Hochwasser plus 1 m Freibord festgelegt.

Polder: Für den Hochwasserschutz durch Überflutung nutzbare größere Polderflächen liegen vor allem bei Wrocław, an der Mündung der Warta und im Unteren Odertal (Tab. 18 und Abb. 21 im Anhang).

An der Oberen und Mittleren Oder umfassen die vorhandenen Polder zur Zeit eine Fläche von mehr als 12.000 ha mit einem Fassungsvermögen von ca. 184 Mio. m³ (NALBERCZYŃSKI, 1999). Die Flutung der Polder erfolgt über nichtsteuerbare, stationäre Überläufe. Durch zusätzliche Polder könnten weitere Flächen von über 9.500 ha (193,6 Mio. m³) ausgewiesen werden, wahrscheinlicher sind jedoch Planungen, die von der Errichtung von 5 neuen Poldern mit einer Gesamtfläche von etwas über 4.000 ha bzw. einem Fassungsvermögen von 67,6 Mio. m³ ausgehen (NALBERCZYŃSKI, 1999). Die ungenügende Anzahl von Poldern und der teilweise schlechte technische Zustand der wasserbaulichen Steueranlagen beschränken die Möglichkeit ihrer wasserwirtschaftlichen Inanspruchnahme. Für eine auf den Hochwasserschutz ausgerichtete Polderbewirtschaftung fehlen entsprechende System- und Rechtslösungen (ZALESKI, 1998).

Im Mündungsbereich der Warta existiert auf polnischer Seite keine durchgehende Deichlinie, damit ist hier ein großes natürliches Überschwemmungsgebiet vorhanden (Naturschutzgebiet (Polder) Słonsk mit einer Überflutungsfläche von 5.100 ha), das auch beim Hochwasser 1997 einen erheblichen Wasserrückhalt bot.

Die für den Hochwasserschutz bedeutendsten Polder am Unterlauf der Oder (Abb. 2) liegen auf polnischer Seite zwischen der West- und der Ostoder (Międzyodrze, 6.000 ha) (BUCHHOLZ, 1997); auf deutscher Seite sind es der Criewener (A) und Schwedter (B) sowie der Fiddichower Polder (10) bei Schwedt (LUA, 1997 a). Im Land Brandenburg wird über die Einrichtung weiterer Polder von insgesamt 6.000 ha (z. B. Lunow-Stolper Polder mit

1.600 ha, Gartzzer Bruch mit 1.000 ha, Neuzeller Niederung mit 2.300 ha und Kienitz-Sophientaler Polder mit 645 ha) mit einem Speichervolumen von etwa 13 Mio. m³ diskutiert (LUA, 1997 a).

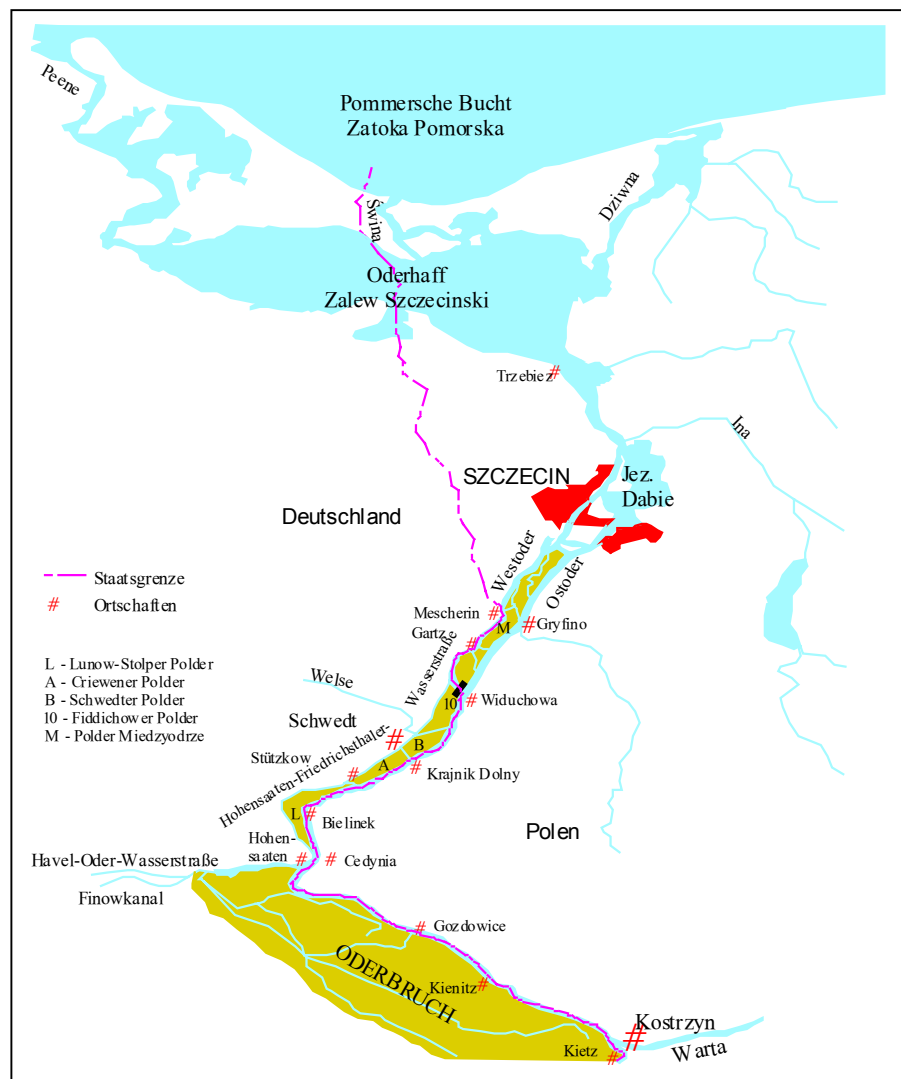


Abb. 2: Untere Oder mit Darstellung der wichtigsten Polder

Buhnen: Zur Verbesserung der Schifffahrt wurde von der 1874 gegründeten Oderstrombauverwaltung der gesamte Fluss unterhalb von Koźle mit einem Buhnensystem (LPB, 1996) zur Regulierung des Niedrig- und Mittelwasserabflusses in einem einheitlichen, schwach gekrümmten Strombett fixiert. Unterhalb der Wartamündung dienen die existierenden Buhnen, die bis zum Oder-km 683 reichen (Bereich des Criewener Polders), heute mehr oder weniger lediglich als Uferbefestigung (www.wsa-egerswalde.de).

Staustufen: Zur Erhöhung der Wasserführung für die Schifffahrt wurden im Abschnitt zwischen Koźle und Brzeg Dolny 24 Staustufen mit Schiffsschleusen errichtet (Koźle, Januszkowice, Krępa, Krapkowice, Rogów, Kąty, Groszowice, Opole, Wróblin, Dobrzeń, Chróścice, Zawada, Ujście Nysy Kłodzkiej, Zwanowice, Brzeg, Lipki, Oława, Ratowice, Janowice, Bartoszowice, Zacisze, Różanka, Rędzin, Brzeg Dolny). Von den Wehren an der Oder sind 15 neu, zwei werden zur Zeit umgebaut und zwei müssen wiederaufgebaut werden (ZALESKI, 1998). Zwei neue Staustufen in Malczyce und Lubiąż sind geplant.

Speicher- und Hochwasserrückhaltebecken: Speicherbecken spielen eine wichtige Rolle im Hochwasserschutz, da sie zur Absenkung und zeitlichen Verzögerung der Scheitel unterhalb der Talsperre beitragen. Ihre Bewirtschaftung für den Hochwasserschutz steht jedoch in der Regel im Gegensatz zu den Bedürfnissen der Schifffahrt und der Energiewirtschaft, so dass ihr Speichervolumen im Hochwasserfall nicht vollständig genutzt werden kann.

Im tschechischen Odereinzugsgebiet sind acht Talsperren mit einem Gesamtstauraum von über 358 Mio. m³ nutzbar (Abb. 3 und im Anhang Abb. 22 und Tab. 20). Die bedeutendsten befinden sich in Slezká Harta an der Moravice und in Sanče an der Ostravice (IKSO, 1999; POVODÍ ODRY, 1999; www.povodiodry.cz).

Der Gesamtstauraum der im polnischen Einzugsgebiet der Oder befindlichen Staubecken beträgt rund 937 Mio. m³. Die größten Speicherbecken liegen in Otmuchów und Nysa (Nysa Kłodzka), in Turawa (Mała Panew) sowie in Jeziorsko an der Warta (IKSO, 1999; im Anhang Abb. 22 und Tab. 19). Weitere drei Staubecken befinden sich in Bau (Sosnowka, Kozielno und Topola) und zwei in der Planung (Racibórz und Kamieniec Ząbkowicki) (ZALESKI, 1998).

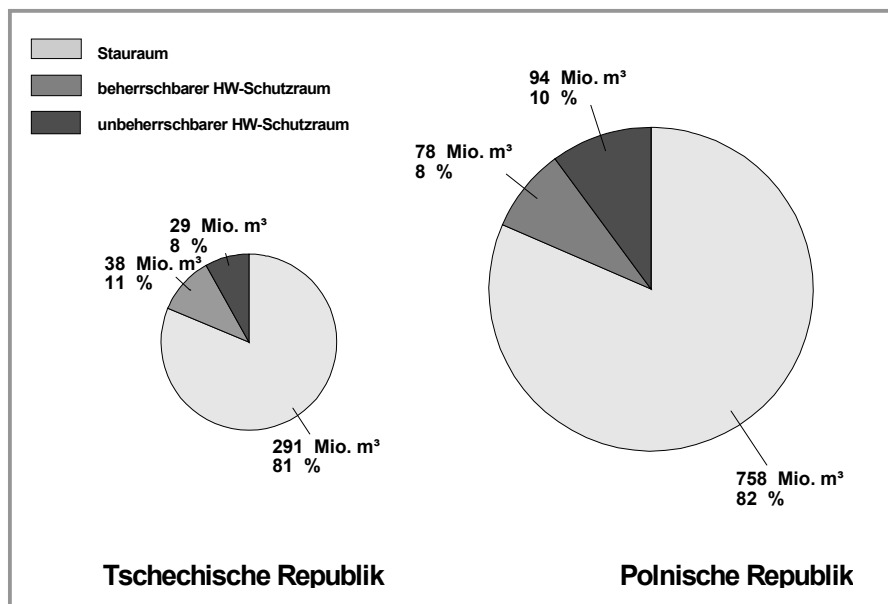


Abb. 3: Volumenanteile tschechischer und polnischer Speicherbecken im Odereinzugsgebiet

Zwischen 1905 und 1929 entstanden im Einzugsgebiet der Oberen und Mittleren Oder 14 Hochwasserrückhaltebecken. Zwei davon, Bukówka und Słup (früher Żarek) wurden später zu Speichern umgebaut. Das Gesamtvolumen der restlichen 12 beträgt rund 53 Mio. m³, davon sind 24 Mio. m³ beherrschbar (IKSO, 1999). Die Rückhaltebecken sind vor allem von lokaler Bedeutung, da sie in dichtbesiedelten Flusstälern an den Oberläufen der Nebenflüsse liegen, sie allein bieten jedoch noch keinen ausreichenden Hochwasserschutz (ZALESKI, 1998).

Es lässt sich schlussfolgern, dass die *Oder keineswegs ein naturbelassener Fluss* ist. Im Laufe der Jahrhunderte wurden vielfältige Eingriffe vorgenommen. Dabei überwogen eindeutig wirtschaftliche Erwägungen für die Schiffbarmachung der Oder. Für den Hochwasserschutz sind im Ober- und Mittellauf vor allem die Speicherbecken und im Unterlauf die Polder von Bedeutung. Das Oderhochwasser vom Juli 1997 verdeutlichte, dass nach dem heutigen Stand von Wissenschaft und Technik viele der Wasserbauwerke (Deiche, Schifffahrtsstraße, Polder, Kanäle usw.) mangelbehaftet und veraltet sind (MAŁKIEWICZ & BARTOSIEWICZ, 1997) bzw. durch das Hochwasser beschädigt wurden. Das polnische „Programm für die Oder 2006“ sieht

unter anderem umfangreiche Investitionen für die Modernisierung sowie den Ausbau des bestehenden Hochwasserschutzsystems vor (ZALESKI, 1998). Ein großes Potential für einen vorsorgenden Hochwasserschutz besteht im Reaktivieren bestehender Polder und deren Ausstattung mit Ein- und Auslassbauwerken sowie im Bau weiterer Speicherbecken im Oberlauf der Oder und ihrer Nebenflüsse. Weiterhin ist zu überdenken, inwieweit in bestehenden Speichern der Hochwasserschutzraum gegenüber den anderen Nutzungen erhöht werden kann.

3 Rechtliche Grundlagen und Zuständigkeiten

Eine der wichtigsten Grundlagen für eine effektive Hochwasserabwehr ist die Organisation eines funktionierenden Hochwasservorhersage- und Hochwassermeldedienstes. Im folgenden sollen die rechtlichen Grundlagen und die Zuständigkeiten der Hochwasservorhersage- und Hochwassermeldedienste in den drei Oderanliegerstaaten erläutert werden.

3.1 Tschechische Republik

In der Tschechischen Republik sind für den *Hochwasservorhersage* und *-meldedienst* folgende **Gesetze und Verordnungen** von Bedeutung:

- Wassergesetz Nr. 138/1973 Gesetzessammlung (§ 42 Grundsätze des Hochwasserschutzes), z. Zt. in der Novellierung
- Gesetz des Tschechischen Nationalrates Nr. 130/1974 Gesetzessammlung „Über die staatliche Verwaltung in der Wasserwirtschaft“ im vollständigen Wortlaut des Gesetzes des Tschechischen Nationalrates Nr. 458/1992 Gesetzessammlung
- Regierungsverordnung Nr. 100/1999 „Über den Hochwasserschutz“ (ersetzt die Regierungsverordnung Nr. 27/1975)

Derzeit läuft in Tschechien ein Gesetzgebungsverfahren zur Schaffung eines neuen Wassergesetzes, welches prinzipiell einen überwiegenden Teil der Bestimmungen der Regierungsverordnung Nr. 100/1999 zum Hochwasserschutz übernimmt und voraussichtlich nach der Verabschiedung im Parlament am 01.01.2001 in Kraft tritt (KRAMER et al., 2000).

Die Regierungsverordnung Nr. 100/1999 trifft unter anderem Festlegungen zur Erstellung von Hochwasserplänen, zu Untersuchungen der Hochwasserfrüherkennung sowie zum Vorhersage- und Meldedienst. Die Erstellung von Hochwasserplänen unterliegt dem Ministerium für Umwelt der Tschechischen Republik, den Kreis-, Gemeinde- und Stadtbehörden, aber auch den Nutzern und Eigentümern von Immobilien an Wasserläufen oder in Überschwemmungsgebieten. Dabei sind die eigenen Hochwasserpläne der jeweils nächsthöheren Instanz vorzulegen und werden von dort bestätigt. Die bestätigten Hochwasserpläne sind jährlich zu überprüfen und ggf. zu ergänzen bzw. anzupassen. Auch Veränderungen und Ergänzungen sind zu bestätigen.

Die Hochwasserpläne legen Einzelheiten zur Organisation des Hochwasservorhersage- und Hochwassermeldedienstes fest. Die fachliche Zuständigkeit liegt beim **tschechischen hydrometeorologischen Dienst (ČHMÚ)**, der mit den **Flussgebietsverwaltungen (Povodí)** zusammenarbeitet (§ 19 Abs. 3 Satz 1 Gesetz über die staatliche Verwaltung in der Wasserwirtschaft).

Der ČHMÚ hat ein zentrales Vorhersagebüro in Prag und sechs regionale Vorhersagebüros, von denen für das Odereinzugsgebiet die Nebenstellen in *Ostrava* (Oder in Tschechien, Ostravice, Moravice, Opava, Olše, Bělá), *Hradec Králové* (Stěňava) und *Ústí nad Labem*

(Lužická Nisa und Smědá) zuständig sind. Der ČHMÚ ist sowohl für die *meteorologische* als auch für die *hydrologische Vorhersage* zuständig. Die Hauptaufgabe des meteorologischen Dienstes des ČHMÚ im Bereich der Hochwasservorhersage ist die Wetterbeobachtung und die Ausgabe von Meldungen und Warnungen vor gefährlichen Witterungsereignissen, insbesondere vor Starkniederschlägen, Stürmen, Hagel usw. sowie die quantitative Niederschlagsvorhersage (KUBÁT, 2000 a). Der hydrologische Dienst des ČHMÚ überwacht die aktuelle Situation in den Fließgewässern des Landes über ein eigenes Pegelmessnetz. Die Flusseinzugsgebietsverwaltungen (Povodí) ergänzen diese Daten durch ihre eigenen Pegelmessnetze und durch Informationen über die Steuerung der wasserbaulichen Anlagen. Die zuständige Flusseinzugsgebietsverwaltung für den größten Teil des Einzugsgebietes der Oder ist Povodí Odry mit Sitz in Ostrava. Abb. 4 zeigt die Hauptkomponenten der Hochwasservorhersage in der Tschechischen Republik.

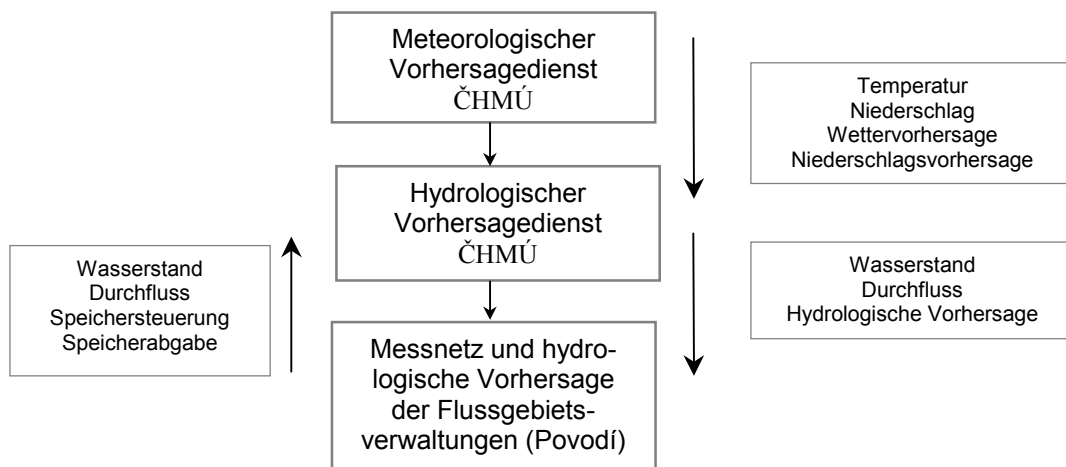


Abb. 4: Hochwasservorhersage in Tschechien (nach KUBÁT, 1998)

Auf regionaler und nationaler Ebene werden Hochwasserwarnungen von der Zentrale des ČHMÚ in Prag an die zentralen Hochwasserschutzbehörden und andere wichtige Institutionen (z. B. Flussgebietsverwaltungen, Hauptbüro für Zivilschutz, Hauptzentrum für Feuerschutz) weitergegeben (Abb. 5). Für den regionalen Bereich und größere Städte können auch die regionalen Vorhersagebüros Hochwasserwarnungen herausgeben (KUBÁT, 1998). Zwischen dem ČHMÚ und den Medien wurde vereinbart, dass in dringenden Situationen die gefährdete Bevölkerung direkt über die öffentliche Medien (Radio, Fernsehen, Internet usw.) informiert werden kann. Umgekehrt sind alle Einwohner zur unverzüglichen Meldung einer drohenden Hochwassergefahr an die zuständigen Stellen verpflichtet.

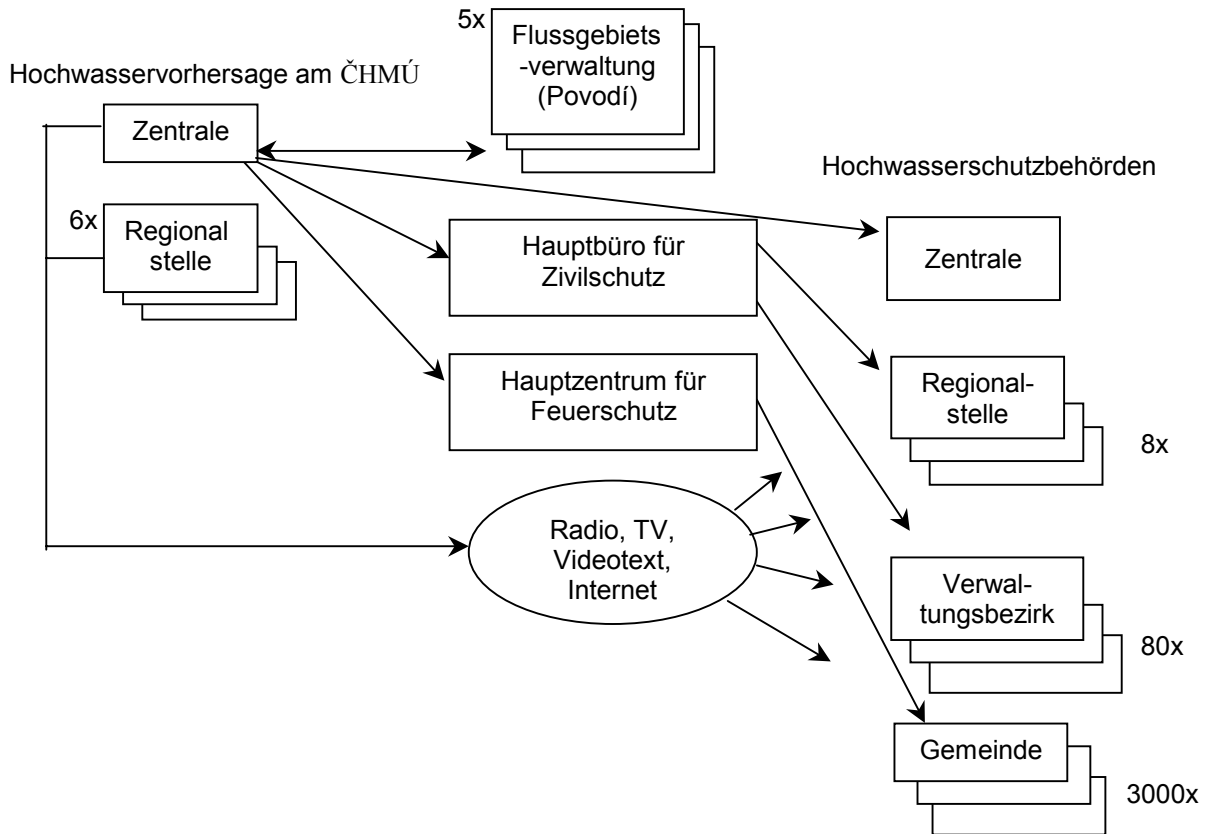


Abb. 5: System der Hochwasservorhersage und Hochwasserwarnung in Tschechien (nach KUBÁT 1998)

In der Tschechischen Republik werden **drei Alarmstufen** unterschieden (KINKOR, 2000; BFG, 1998):

- **Alarmstufe 1 – „Überwachung“:** Die Überwachungsstufe tritt ein, sobald ein bestimmter Wasserstand an ausgewählten Pegeln erreicht ist oder wenn aufgrund der Niederschlags-situation, der Schneelage oder anderen Faktoren eine gefährliche Situation zu erwarten ist. Die Hochwassermelde- und Hochwasserwachdienste beginnen ihre Tätigkeit und es erfolgt täglich eine Meldung über die Hochwassersituation.
- **Alarmstufe 2 – „Bereitschaft“:** Ist erreicht, wenn der Wasserstand weiter ansteigt und es bereits zu Überschwemmungen von Gebieten außerhalb des Flussbettes kommt. Die Hochwasserschutzorgane müssen Sicherungsmittel bereithalten und Maßnahmen zur Verringerung des Hochwassers gemäß den Hochwasserplänen durchführen. Ab Erreichen des entsprechenden Wasserstandes erfolgen täglich zwei Meldungen.
- **Alarmstufe 3 – „Gefahr“:** Diese Stufe tritt ein, wenn die Gefahr besteht, dass zahlreiche Schäden eintreten können und Leben und Eigentum bedroht sind. Es beginnt die Durchführung von Sicherungsarbeiten und ggf. von Rettungsarbeiten und Evakuierungen. Ab Erreichen des entsprechenden Wasserstandes erfolgen täglich mindestens drei Meldungen.

Im Hochwasserfall wird die Hochwasserabwehr durch die Hochwasserschutzkommissionen der Gemeinden, Kreise und Städte sowie der zentralen Hochwasserschutzkommission der Tschechischen Republik organisiert (KINKOR, 2000). Für das Gemeindegebiet gibt das Gemeindeamt (Stadtamt) und für den Kreis das Kreisamt die jeweils vorliegende Maßnahmenstufe bekannt (KRAMER et al., 2000).

3.2 Republik Polen

In der Republik Polen sind für den Hochwasservorhersage und -meldedienst folgende **Gesetze und Verordnungen** von Bedeutung:

- Wassergesetz vom 24.10.1974 mit späteren Änderungen (z. Zt. in Novellierung), Gesetzblatt Nr. 38, Pos. 230
- Verordnung des Ministerrates vom 30.12.1972, Nr. 338/72 über den staatlichen hydrologisch-meteorologischen Dienst
- Verordnung des Ministerrates vom 11.03.1977 über den Schutz der Umwelt vor Hochwasserauswirkungen, Gesetzblatt Nr. 10, Pos. 39 mit späteren Änderungen
- Verordnung vom 29.11.1999 über die Organisationsstruktur und Aufgaben der regionalen Vorstände der Wasserwirtschaft, Gesetzblatt Nr. 101, Pos. 1180

Der direkte Hochwasserschutz gehört nach Art. 70 des Polnischen Wassergesetzes zu den Aufgaben der Hochwasserkomitees. Sie koordinieren im Hochwasserfall alle staatlichen und privaten Aktivitäten der Hochwasserabwehr. Das Hauptkomitee für Hochwasser wird durch den Vorsitzenden des Ministerrates geleitet. Im Hochwasserfall geben die Hochwasserkomitees der Wojewodschaften die Anweisung zur Bildung der regionalen, kommunalen, städtischen und betrieblichen Hochwasserkomitees (Abb. 6).

Die Gebietsreformen, sowie die gewonnenen Erfahrungen der letzten Hochwasser führten zu Änderungen in den Strukturen der Hochwasserabwehr der Republik Polen. Neben den bisher nur im Hochwasserfall zuständigen Hochwasserkomitees (Haupt-, Wojewodschafts-, Gemeinde- und Städtekomitees) wurde mit den Ämtern für Krisenmanagement eine neue, ständig arbeitende Struktur für den Hochwasserschutz geschaffen.

In Polen unterscheidet man zwischen der **Warn- und Alarmstufe**. Die **Warnstufe** beginnt etwa 10 cm unterhalb des Wasserstandes, der zu Ausuferungen führt. Sie verpflichtet zu höherer Wachsamkeit. Die **Alarmstufe** bedeutet Hochwassergefahr. Sie wird unter Beachtung des Bewirtschaftungsgrades des Gebietes ausgerufen und überschreitet den Ausuferungswasserstand meist um einige cm (IKSO, 1999).

Während der Hochwasserbekämpfung wird der aktuelle Stand der Hochwassergefahr durch die Arbeitsgruppe Analysen und Prognosen des Hochwasserschutzkomitees eingeschätzt. Dem Vorsitzenden des Komitees werden Vorschläge für weitere Maßnahmen (z. B. zur Evakuierung) und Entscheidungen (z. B. Verhängung oder Aufhebung des Hochwasseralarmes, der Verringerung von Wasserstauungen oder der Entleerung von Rückhaltebecken) unterbreitet.

Die *Arbeitsgruppe Analysen und Prognosen* stützt sich dabei hauptsächlich auf die hydrologischen und meteorologischen Informationen des **Institutes für Meteorologie und Wasserwirtschaft (IMGW)**. Das IMGW sendet Hochwasservorhersagen und Hochwasserwarnungen sowie weitere hydrologisch-meteorologische Informationen parallel an verschiedene Einheiten und bereitet Informationen für die Medien vor. Die *Zentrale für Hochwasservorhersagen* im Odereinzugsgebiet ist das *IMGW in Wrocław*. Regional fallen Teile des Odereinzugsgebietes unter die Zuständigkeiten des *IMGW in Katowice* (Odereinzugsgebiet von der polnisch-tschechischen Grenze bis zur Mündung der Nysa Kłodzka ausgenommen die Nysa Kłodzka, aber einschließlich des Einzugsgebietes der Stobrawa), des *IMGW Wrocław* (Odereinzugsgebiet von der Mündung der Nysa Kłodzka bis zur Mündung der Lausitzer Neiße/Nysa Łużycka einschließlich der Einzugsgebiete der Nysa Kłodzka sowie der Nysa Łużycka), des *IMGW in Poznań* (Odereinzugsgebiet von der Mündung der Lausitzer Neiße/Nysa Łużycka bis einschließlich des Profils Gryfino (an der Unteren Oder) sowie

einschließlich des Einzugsgebietes der Warta) und des *IMGW Gdynia* (vom Profil Gryfino bis zur Mündung der Oder in die Ostsee sowie Bereich um das Zalew Szczeciński).

Das IMGW Wrocław erfüllt den Hochwassermelddienst für die Oder und ihre Nebenflüsse auf polnischem Gebiet von der tschechisch-polnischen Grenze bis zum Profil Słubice an der Grenzoder. Das IMGW Poznań erfüllt diese Aufgaben für den Bereich vom Profil Słubice bis zum Profil Gryfino (Untere Oder) einschließlich des Warta Einzugsgebietes.

Das IMGW arbeitet für die Hochwasservorhersage eng mit **den regionalen Ämtern für Wasserwirtschaft (RZGW)** zusammen. Die RZGW sind einzugsgebietsbezogen für die Wasserwirtschaft und die Unterhaltung der hydrotechnischen Bauwerke verantwortlich (KRAMER et al., 2000). Das RZGW Gliwice ist zuständig für das Einzugsgebiet der Oder von der tschechisch-polnischen Grenze bis nach Kędzierzyn-Koźle, das RZGW Wrocław für das Einzugsgebiet von Kędzierzyn-Koźle bis zur Mündung der Lausitzer Neiße/Nysa Łużycka und das RZGW Szczecin von der Mündung der Lausitzer Neiße bis zur Mündung ins Meer. Das Einzugsgebiet der Warta liegt in der Zuständigkeit des RZGW Poznań (Polnisches Gesetzblatt Dz.U.99.101.1180 vom 17.12.1999). Im Hochwasserfall liegt die Entscheidung über die Steuerung der Speicher und Rückhaltebecken beim Wojewoden als Leiter des wojewodschaftlichen Hochwasserkomitees.

Einen Überblick zum Hochwasservorhersage- und Entscheidungssystem in Polen gibt Abb. 6.

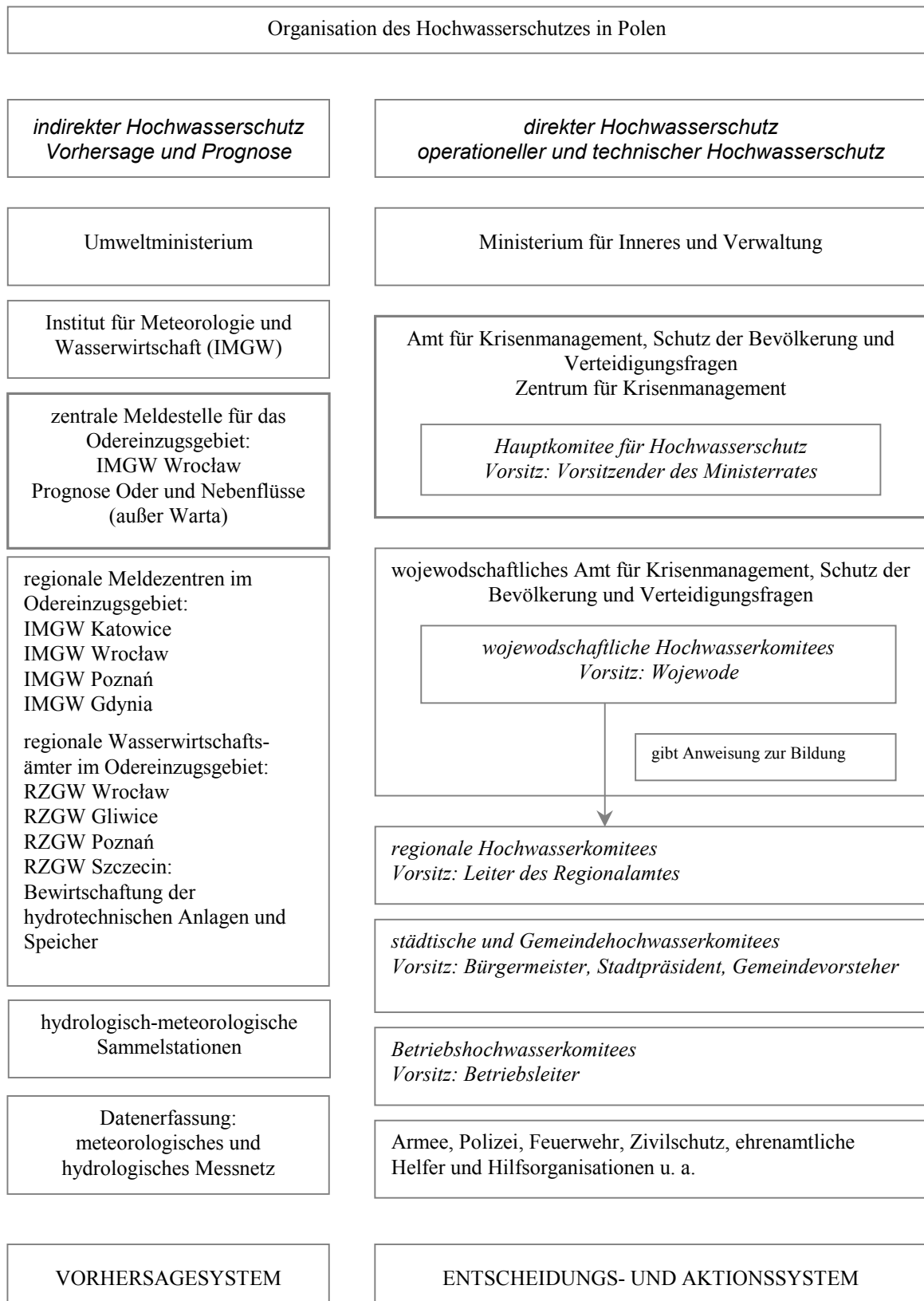


Abb. 6: Hochwasservorhersage und Entscheidungssystem im polnischen Odereinzugsgebiet (ergänzt nach SCHMITT, 2000)

3.3 Bundesrepublik Deutschland

Der Hochwasserschutz ist nach dem Grundgesetz in der Bundesrepublik Deutschland **Aufgabe der Bundesländer**. Für das Odereinzugsgebiet betrifft dies *Brandenburg* und *Sachsen* (Lausitzer Neiße). Für den Hochwasserschutz sind entsprechend der jeweiligen landesrechtlichen wassergesetzlichen Regelungen die Länder, Landkreise, kreisfreien Städte oder die Gemeinden zuständig. Aufbauend auf die vor 1990 existierenden Strukturen sind die in beiden Bundesländern heute zuständigen Verwaltungen bis zu einem gewissen Grad vergleichbar. Für den Bereich der Bundeswasserstraßen werden Wasserstands- und Hochwassermeldedienste von der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes in Zusammenarbeit mit dem jeweils zuständigen Bundesland durchgeführt.

Folgende **gesetzliche Grundlagen** gelten für den Hochwasservorhersage- und Hochwassermeldedienst:

Bundesland Brandenburg:

- Brandenburgisches Wassergesetz (BbgWG) vom 13.07.1994 in der Fassung der letzten Änderung durch Gesetz vom 22.12.1997
- Verordnung vom 09.09.1997 über die Errichtung eines Warn- und Alarmdienstes zum Schutz vor Wassergefahren und zur Übermittlung von Hochwassermeldungen (Hochwassermeldedienstverordnung des Landes Brandenburg)

Freistaat Sachsen:

- Sächsisches Wassergesetz vom 23.02.1993 bzw. seine Neufassung vom 21.07.1998
- Verordnung über den Hochwassernachrichtendienst im Freistaat Sachsen (HWNDV) vom 14.10.1993 und die Hochwassermeldeordnung (HWMO) vom 20.11.1993 bzw. 08.12.1997

Für die Organisation der Hochwasserstandsmeldungen sowie die Errichtung und den Betrieb der Hochwassermeldepegel im deutschen Odereinzugsgebiet sind verantwortlich:

- die *Wasser- und Schifffahrtsdirektion Ost* (WSD Ost): für hochwassergefährdete Gewässer, die Bundeswasserstraßen sind (die Hochwasservorhersage erfolgt aber in den entsprechenden Landesämtern)
- das *Landesumweltamt Brandenburg (LUA)*: für hochwassergefährdete Gewässer in Brandenburg, die nicht Bundeswasserstraßen sind
- das *Sächsische Landesamt für Umwelt und Geologie (LfUG)* sowie die *Staatlichen Umweltfachämter (StUFA)*: für hochwassergefährdete Gewässer im Freistaat Sachsen, die nicht Bundeswasserstraßen sind

Der Hochwassermeldedienst umfasst das Beobachten und Melden von meteorologischen Einflussgrößen, Wasserständen, Durchflüssen und Eiserscheinungen. Diese Beobachtungen werden zu aktuellen Hochwassermeldungen ausgewertet und in Form von aktuellen Wasserständen und Hochwasservorhersagen nach festgelegten Meldeplänen an Behörden, Institutionen, Betriebe und die Öffentlichkeit weitergeleitet. Damit wird über die Entstehung, den zeitlichen Verlauf und die Ausdehnung des Hochwassers bzw. von Eisgefahren informiert sowie die Auslösung von Alarmstufen vorgenommen, um so rechtzeitig entsprechende Abwehrmaßnahmen einleiten zu können. Es gibt in beiden Bundesländern **vier Alarmstufen** (Abb. 7).

	Alarmstufe I <i>Wasserstandsmel-</i> <i>dedienst</i>	Alarmstufe II <i>Kontrolldienst</i>	Alarmstufe III <i>Wachdienst</i>	Alarmstufe IV <i>Katastrophenabwehr</i> <i>Hochwasser</i>
Voraus- setzungen	Festgelegter Richtwert des Wasserstandes am Hochwassermeldepegel wird überschritten, ein weiterer Anstieg ist zu erwarten			
		oder es treten Abflussbehinderungen durch Eis auf, die ein Ansteigen der Wasserstände hervorrufen können	oder es treten Abflussbehinderungen durch Eis, Bäume, Strauchwerk u. a. Treibgut auf, die ein Ansteigen der Wasserstände hervorrufen können	oder unabhängig vom Richtwert besteht eine akute Gefährdung der Funktionssicherheit der Hochwasserschutzanlagen
Situation	Beginn der Ausuferung der Gewässer	Überflutung von Grünland und forstwirtschaftlichen Flächen in den Überschwemmungsgebieten; Ausuferung bei eingedeichten Gewässern bis an den Deichfuß	Überflutung einzelner Grundstücke, Straßen oder Keller; starke Vernässung von Polderflächen und Drängewasser; Wasserstände am Deich bis etwa halbe Deichhöhe	Überflutung größerer Flächen einschließlich Straßen und Anlagen in bebauten Gebieten
Maß- nahmen	Meldung der Wasserstände in bestimmten Zeitabständen an den festgelegten Empfängerkreis, zusätzliche Pegelablesungen in den Hochwassergebieten; Informieren der Behörden über die Hochwasserentwicklung; Überprüfung der Funktionsfähigkeit der Hochwasserschutzanlagen; Kontrolle der Räumung von Tieren, Geräten und Material aus den Überschwemmungsgebieten			
	tägliche Kontrolle der Deiche und wasserwirtschaftlichen Anlagen; Vorbereitung eines durchgehenden Wachdienstes an den Deichen; Vorsorgliche Abstimmung mit Firmen zur Bereitstellung von Arbeitskräften, Material und Transportraum; Vorbereitung für den Transport von Hochwasserschutzmaterialien zu den Gefahrenstellen			
	ständiger Wachdienst auf den Deichen; Auslagerung von Hochwasserschutzmaterialien an bekannte Gefahrenstellen und vorbereitete Zwischenlagerplätze; Vorbeugende Maßnahmen zur Minderung von Gefährdungen (z. B. Verbau von Ausschälungen)			
				aktive Bekämpfung der aufgetretenen Gefahren; Vorbereitung von Evakuierungen

Abb. 7: Hochwasseralarmstufen I bis IV in Brandenburg und Sachsen (nach LUA, 1995; SMU, 1998)

Die Auslösung und Aufhebung der Alarmstufen I und II erfolgt in Brandenburg durch das Landesumweltamt, die der Alarmstufen III und IV durch die zuständigen Landräte und Oberbürgermeister der kreisfreien Städte auf Vorschlag des Landesumweltamtes (LUA, 1995). In Sachsen erfolgt die Auslösung der Alarmstufen I bis IV durch die für die jeweiligen Flussabschnitte zuständige untere Verwaltungsbehörde (SMU, 1998).

Der Hochwassermelddienst beginnt in beiden Bundesländern, sobald an einem Hochwassermeldepegel die Alarmstufe I überschritten wurde und ein weiterer Wasseranstieg zu erwarten ist oder aufgrund der Wetterlage eine Hochwasserwarnung herausgegeben wurde. Er endet mit einer Schlussmeldung, sobald zu erkennen ist, dass die Richtwasserstände für die

Alarmstufe II nicht erreicht werden oder wieder unterschritten wurden und ein weiteres Ansteigen der Wasserstände nicht zu befürchten ist.

In **Brandenburg** werden Hochwasserwarnungen und Hochwasservorhersagen für die hochwassergefährdeten Gewässerabschnitte vom LUA erarbeitet. Das LUA gibt sie an betroffene Landesbehörden, Landkreise und kreisfreie Städte, die dann die weitere Verteilung in ihrem Zuständigkeitsbereich durchführen. Für die Hochwasserabwehr sind in Abstimmung mit den LUA die Landkreise und kreisfreien Städte mit den jeweiligen unteren Katastrophenschutzbehörden zuständig. Die Leitung der Hochwasserabwehr liegt beim Landrat bzw. Bürgermeister. Wird vom Land Brandenburg Katastrophenalarm ausgelöst, übernimmt das Ministerium des Inneren als obere Katastrophenschutzbehörde die Koordinierung.

Im **Freistaat Sachsen** ist das LfUG die Landeshochwasserzentrale. Es leitet und koordiniert den Hochwassernachrichtendienst im Freistaat Sachsen, erarbeitet die Hochwasserberichte sowie die Landeshochwasserberichte für das Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft und nimmt die Einführung und Weiterentwicklung von Hochwasservorhersagemodellen vor. Für die Hochwasserabwehr sind als untere Katastrophenschutzbehörde die Landkreise und kreisfreien Städte und als obere Katastrophenschutzbehörde das Ministerium des Innern zuständig.

In Sachsen sind unterhalb der Katastrophenstufe die Gemeinden nach Sächsischem Wassergesetz verpflichtet, einen Wasserwehrdienst einzurichten, wenn sie erfahrungsgemäß durch Überschwemmungen gefährdet sind. Sie müssen dafür Einsatzkräfte und technische Mittel (Hochwasser-Materiallager) bereithalten. Die zuständige Wasserbehörde ordnet in Abstimmung mit dem zuständigen Staatlichen Umweltafamt gegenüber den Gemeinden den Beginn, das Ende, den Umfang und den Inhalt der Abwehrmaßnahmen an. Beide Institutionen sowie die Landestalsperrenverwaltung unterstützen die Gemeinden bei der Abwehr von Wassergefahren. Tritt Katastrophenvoralarm oder Katastrophenalarm ein, dann ordnet die Katastrophenschutzbehörde den Einsatz von Kräften, die zur Bekämpfung des Katastrophen geschehens und der Minderung seiner Auswirkungen geeignet sind, an und leitet deren gemeinsamen Einsatz.

Abb. 8 gibt einen Überblick zum Hochwasserschutzsystem im deutschen Odereinzugsgebiet. Es unterliegt zwar der Hoheit der Bundesländer, ist aber in Brandenburg und Sachsen ähnlich strukturiert.

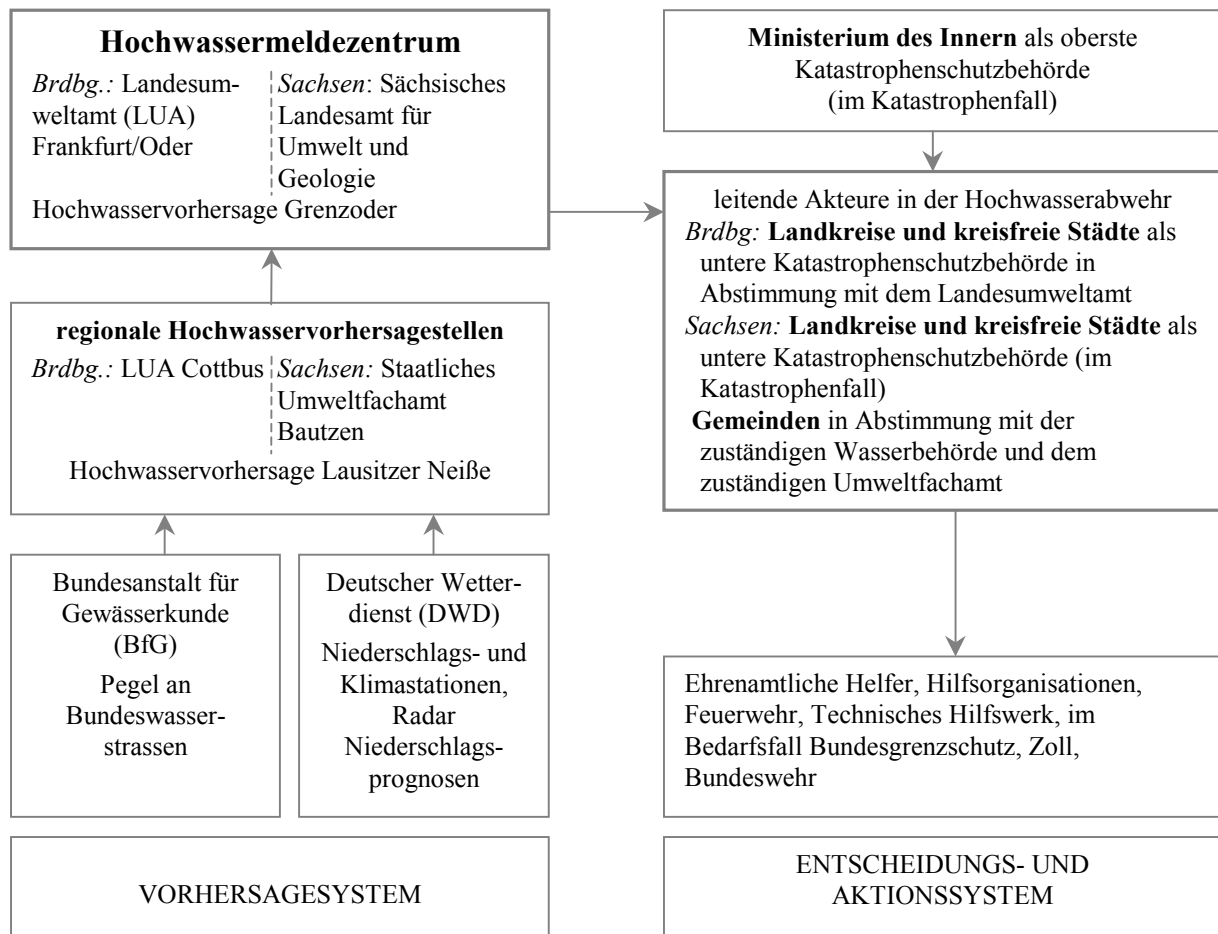


Abb. 8: System der Hochwasservorhersage und Hochwasserabwehr im deutschen Odereinzugsgebiet (Aufgabe der Bundesländer)

3.4 Grenzüberschreitende Zusammenarbeit

Grenzüberschreitende Flüsse erfordern für ihre Bewirtschaftung und zum Schutz vor Hochwasser zwischenstaatliche Vereinbarungen. *Im Odereinzugsgebiet* sind die folgenden **Verträge** maßgeblich:

- Vertrag zwischen der Bundesrepublik Deutschland und der Republik Polen über die Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Wasserwirtschaft auf den Grenzgewässern vom 19.05.1992
- Vertrag zwischen der Bundesrepublik Deutschland und der Tschechischen Republik über die Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Wasserwirtschaft auf den Grenzgewässern vom 12.12.1995
- Vertrag zwischen der Republik Polen und der Regierung der früheren Tschechoslowakischen Republik über die Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Wasserwirtschaft auf den Grenzgewässern vom 21.05.1958
- Vertrag zwischen der Republik Polen, der Bundesrepublik Deutschland, der Tschechischen Republik sowie der Europäischen Union über die Internationale Kommission zum Schutz der Oder gegen Verunreinigung (IKSO) vom 11.04.1996

Im Rahmen der drei erstgenannten Verträge wurden jeweils *deutsch-polnische, deutsch-tschechische* sowie *polnisch-tschechische* **Grenzgewässerkommissionen** gebildet. Diese

befassen sich unter anderem mit dem Hochwasserschutz, der Koordination der Zusammenarbeit der hydrometeorologischen Dienste, dem gegenseitigen Austausch von Beobachtungsergebnissen und dem täglichen Informationsaustausch im Hochwasserfall einschließlich der hydrologischen Prognosen. Damit sind die Grenzgewässerkommissionen wichtige Gremien für den *bilateralen Informationsaustausch*.

Die **Internationale Kommission zum Schutz der Oder (IKSO)** wurde 1996 aus der Erkenntnis gegründet, dass ein wirksamer Gewässerschutz an einem grenzüberschreitenden Gewässer einzugsgebietsbezogen organisiert werden muss. Der entsprechende völkerrechtliche Vertrag ist erst am 28.04.1999 in Kraft getreten, so dass die IKSO bis dahin einen vorläufigen Status hatte. Das Hochwasser vom Sommer 1997 führte dazu, dass die zuständigen Minister am 04.08.1997 beschlossen, die Aufgaben der IKSO auch auf die Hochwasservorsorge und den Hochwasserschutz auszudehnen. Ein Organigramm der IKSO ist in Abb. 9 dargestellt.

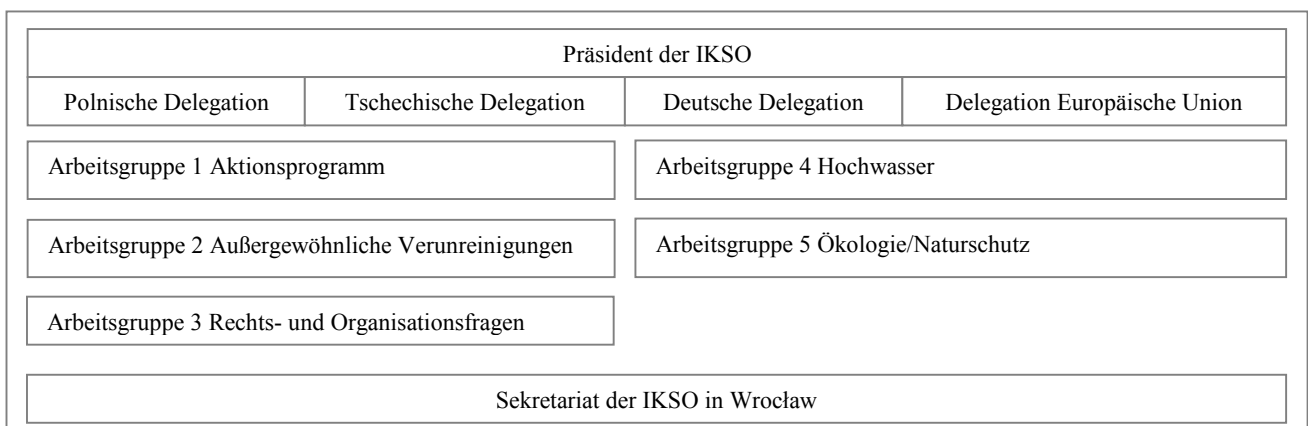


Abb. 9: Organigramm der IKSO, Stand: Juli 2000 (SCHMITT, 2000)

Die *Hauptaufgabe der IKSO* ist es, *grenzüberschreitende Programme und gemeinsame Strategien zu erarbeiten* und damit *politische Entscheidungen vorzubereiten*. Dazu werden Arbeitsgruppen und zu speziellen Fragestellungen auch Expertengruppen eingesetzt. Eine davon ist z. B. die Expertengruppe Hochwassermeldedienst und Vorhersage der *Arbeitsgruppe Hochwasser* der IKSO.

Das Sekretariat der Kommission hat im Februar 2000 seine Arbeit offiziell aufgenommen. Es organisiert und koordiniert die Arbeit der Kommission und ihrer Arbeitsgruppen. Weiterhin strebt es an, eine zentrale Informationsstelle für die Oder und ihr Einzugsgebiet zu sein.

Die Arbeitsgruppen der Grenzgewässerkommissionen unterscheiden sich von der IKSO dadurch, dass sie bilateral und nur entlang der Grenzen in der Regel an sehr konkreten Problemen arbeiten. Die *IKSO* dagegen ist für das ganze Einzugsgebiet der Oder zuständig und *vereint* in ihren Gremien *alle Anrainerstaaten* (SCHMITT, 2000).

4 Hochwasservorhersage und Hochwasserfrühwarnsysteme

Im folgenden werden grundlegende Anforderungen an die operationelle Hochwasservorhersage, die einen entscheidenden Bestandteil des Hochwasserfrühwarnsystems darstellt, formuliert. Der aktuelle Entwicklungsstand wird am Beispiel einiger Flusseinzugsgebiete aufgezeigt.

4.1 Grundlegende Anforderungen an die Hochwasservorhersage

Durch entsprechende Hochwasservorhersagen können Vorsorgemaßnahmen des Katastrophenschutzes, wie z. B. der Aufbau mobiler Schutzwände, die Sperrung von Straßen, Evakuierung der Bevölkerung usw., während des Ereignisses wirkungsvoller und kostengünstiger geplant und umgesetzt werden. Zuverlässige Hochwasserwarnungen ersparen den Kommunen, den Bürgern und der Industrie große finanzielle und psychische Belastungen (HOMAGK & MOSER, 1998).

Die notwendigen Komponenten und die Komplexität des Hochwasservorhersagesystems werden neben dem *Nutzen des Systems* und den zur Verfügung stehenden *finanziellen Mitteln*, im wesentlichen von den *hydrologischen Bedingungen* bestimmt (FELDMANN, 1994). Bereits SCHAFFERNAK (1935, S. 365) stellt bezüglich des Einflusses der hydrologischen Bedingungen fest: „Die Verfahren der kurzfristigen Vorhersage sind in ihrem Aufbau grundsätzlich verschieden, je nachdem ein Wasserlauf mit kleinem Einzugsgebiete und daher geringer Laufzeit oder ein großer Fluss mit einem hydrographisch wie morphologisch sehr verschiedenartigen Einzugsgebiete vorliegt.“

Im **Oberlauf** eines Flusses, meist im Gebirge gelegen, erfolgen Abflüsse nach Niederschlägen oder durch plötzliche Tauwetterlagen rasch und heftig. Die Vorhersagezeiten sind kurz, und bei der Vorhersage muss bereits der *Abflussbildungsprozess*, eventuell sogar der *Niederschlagsbildungsprozess* in der Simulation berücksichtigt werden. Die Bedrohung durch das Hochwasser ist besonders groß. Im *Abflusskonzentrationsprozess* konzentrieren sich die Abflüsse meist auf enge Täler und führen zu schweren Schäden in den schmalen Überflutungsgebieten. Durch die nur kurzen Vorwarnzeiten sind dort lebende Menschen besonders stark bedroht.

Im **Unterlauf**, meist im Flachland gelegen, ist die Einzelwirkung der lokalen Niederschläge oftmals abgeklungen. Hier sind lang andauernde sowie räumlich ausgedehnte Niederschlagsereignisse maßgeblich, vor allem wenn sie mit einer raschen Schneeschmelze und vorausgegangener großräumiger Wassersättigung des Bodens verbunden sind. Die im Prozess des *Abflussverlaufs* in den Gerinnen auftretenden mehr oder weniger großen Überflutungen erfolgen großräumig und bedrohen in erster Linie Gebäude und Sachwerte. Da meist längere Zeiträume für Warnungen und Evakuierungen vorhanden sind, sind Menschenleben bei einem funktionierenden Katastrophenschutz weniger stark gefährdet (PLATE, 1997).

Am Unterlauf befinden sich oftmals größere Siedlungsgebiete, die durch Deiche bis zu einem gewissen Grad geschützt sind. Hier gilt es vor allem die Wasserstände vorherzusagen, bei denen Deiche überspült werden, und die Deichstabilität hinsichtlich der Dauer eines Ereignisses zu beurteilen. Für die Wellentransformation im Flusslauf, für Deichbruchszenarien und Stadtüberflutungsszenarien sind hydrodynamische Modelle notwendig. Für diese müssen Daten aus dem hydrometrischen Messnetz, Querprofile des Flussbettes und digitale Höhenmodelle basierend auf einheitlichen problemorientierten

topographischen Karten vorliegen. Die Flusslaufmodelle sind sinnvollerweise mit Niederschlag-Abfluss-Modellen im Oberlauf zu koppeln.

Die **Hochwasservorhersage** muss als ein *Bestandteil* eines komplexen *Hochwasservorhersage- und -warnsystems* gesehen werden. Die Warnungen der jeweilig Betroffenen müssen mit ausreichendem *Zeitvorsprung* und ausreichender *Genauigkeit* erfolgen. Allerdings nehmen mit zunehmendem Vorhersagezeitraum auch die *Unsicherheiten* der Vorhersage zu. Bereits SCHAFFERNAK (1935, S. 381) stellte diesbezüglich fest, dass die Genauigkeit der kurzfristigen Vorhersage abhängig ist von dem verwendeten Verfahren und der Länge des Vorhersagezeitraumes. In der ersten Hälfte des 20. Jh. „wird der Wasserstand an der Elbe in Deutschland mit Benützung der Pegelprognose bis zu 6 Tagen auf etwa 20 cm genau vorausgesagt, an der Elbe in der Tschechoslowakei auf 1 bis 2 Tage voraus und im Mittel auf 5 cm genau und an der Donau in Österreich auf 1 Tag voraus angegeben, wobei in der größten Anzahl der Fälle der Fehler im Mittel 3 cm beträgt.“

Die Wasserstands- bzw. Abflussvorhersage stützt sich auf verschiedene *hydrometrische* und *hydrometeorologische Daten* und *Produkte*. Die wichtigsten hydrologischen und meteorologischen Eingangsdaten sind Wasserstand, Niederschlag, Temperatur und Schneedeckenparameter. Diese Daten sollten mit einem möglichst dichten automatisierten Messnetz erhoben werden. Die Messstationen sollten über alternative Wege der Datenfernübertragung verfügen, um die Datenübertragung im Hochwasserfall sicherzustellen. Aus gemessenen Wasserständen bzw. Abflüssen sowie gemessenen oder prognostizierten Niederschlägen werden Wasserstände bzw. Abflüsse vorhergesagt.

Typische Komponenten eines **Hochwasservorhersagemodells** sind:





- hydrologisches Niederschlag-Abfluss-Modell
- Flusslaufmodell
- Updating-Prozedur (Nachführung)

Generalisierte *Softwaretools für die Hochwasservorhersage*, die derzeit operationell und weit verbreitet genutzt werden, sind z. B. MIKE 11 (DHI - Danish Hydraulic Institute) und HBV (SMHI – Swedish Meteorological and Hydrological Institute) (REFSGAARD & HAVNØ, 1997). Die hydrologischen Modelle in diesen Programmpaketen sind vom konzeptionellen Typ und behandeln die Teileinzugsgebiete als Blockmodell. Die Flusslaufmodule reichen von hydrodynamischen, auf den vollständigen Saint Venant Gleichungen basierenden Modellen bis zu einfachen linearen hydrologischen Routingprozeduren. Mittels der Nachführungs/updating-Prozeduren sind manuelle Korrekturen sowie die Ermittlung von Fehlerbandbreiten möglich. Generell ist die Software gut entwickelt und geprüft. Maßnahmen zur Verbesserung solcher Systeme liegen in erster Linie nicht in der Verbesserung der Modellstruktur sondern in der *Verbesserung der Eingangsdatenbereitstellung* sowie der *quantitativen Niederschlagsvorhersage* (REFSGAARD & HAVNØ, 1997).

Auch HOMAGK & MOSER (1998) machen auf die Notwendigkeit der *verstärkten Einbeziehung hydrometeorologischer Daten und Produkte* aufmerksam. Durch die Nutzung gemessener und prognostizierter meteorologischer Größen, z. B. quantitativer Niederschlagsvorhersagen aus numerischen Wettervorhersagemodellen, können die Vorhersagezeiträume verlängert werden. *Quantitative Niederschlagsvorhersagen* sind für großräumige Wetterlagen relativ gut zu erstellen. Dagegen können kleinskalige Wetterphänomene wie konvektive Niederschläge mit dieser Methode bisher nur ungenügend vorhergesagt werden. Sturzfluten, bei denen sich das Abflussgeschehen innerhalb von wenigen Stunden abspielt, werden oft durch solche konvektive Niederschläge ausgelöst. Die räumliche Erfassung von Niederschlägen in Echtzeit lässt sich durch die Nutzung von Wetterradardaten verbessern.

Die *Verlängerung des Vorhersagezeitraums* ist vor allem für den rasch reagierenden Oberlauf wichtig, geht aber allerdings meist zu Lasten der Genauigkeit. In Tab. 4 sind Typen von Hochwasservorhersagesystemen diesbezüglich und in ihrer unterschiedlichen Komplexität aufgeführt.

Tab. 4: Vergleich verschiedener Hochwasservorhersagesysteme

Hochwasservorhersagesystem	Vorhersagezeitraum	Genauigkeit	Kosten	Komplexität des Vorhersageverfahrens
A Echtzeitmessungen von Wasserständen bzw. Durchflüssen und Routing / Korrelation zu Schlüsselstellen				
B A + Einbeziehung von Niederschlag/ Korrelation zu Schlüsselstellen				
C Echtzeitmessungen von Niederschlag, Durchfluss, Temperatur etc. + Niederschlag-Abfluss Modell				
D C + Wettervorhersagen (Niederschlag, Temperatur, etc.)				

QUELLE: FELDMANN, 1994; leicht abgeändert

Die *räumliche Erfassung der Niederschläge* z. B. mit Wetterradarstationen sowie die quantitative Niederschlagsvorhersage mittels numerischer Wettermodelle ist allerdings noch immer mit zum Teil sehr hohen Unsicherheiten behaftet. Die Hauptvoraussetzung für eine verbesserte Vorhersage mit langen Vorwarnzeiten ist somit die Verbesserung der Genauigkeit der Niederschlagsvorhersage (REFSGAARD & HAVNØ, 1997). SCHAFFERNAK (1935, S. 365) formulierte hierzu, dass die zukünftige Entwicklung der Wasserstandsvorhersage stark mit dem Ausbau der Wettervorhersage in der Meteorologie zusammenhängt. Und dass – solange diese nur kurzfristig und nicht imstande ist, den Gang des zu erwartenden Niederschlages vorauszusagen – „die Wasserstandsvorhersage noch immer ihr Hauptgewicht auf die hydrographischen Beobachtungen“ legen muss.

Wasserbauliche Anlagen (z. B. Talsperren, Polder) müssen bei der Modellierung berücksichtigt werden. Durch eine entsprechende Steuerung kann die Hochwassergefahr direkt unterhalb der Anlage gemindert sowie die Überlappung von Hochwasserwellen verhindert werden. Andererseits müssen für die erfolgreiche Steuerung verlässliche hydrologische Vorhersagen zur Verfügung stehen.

Eine *notwendige Voraussetzung* für ein effektives Hochwasservorhersagesystem „ist eine *zweckmäßige Organisation des Nachrichtendienstes*, der sowohl die rasche Einholung der hydrographischen und meteorologischen Beobachtungen wie auch die verlässliche Hinausgabe der Prognose umfasst.“ (SCHAFFERNAK, 1935, S. 366).

Innerhalb großer Einzugsgebiete sind oft mehrere Stellen für die Sammlung der hydrometrischen und hydrometeorologischen Informationen und für die Hochwasservorhersage verantwortlich. Dadurch kommt einem *sicheren und effektiven Datenaustausch* eine wichtige Funktion zu. Da bei grenzüberschreitenden Gewässern die entsprechenden Messnetze von verschiedenen Anrainerstaaten betrieben werden, sind zwischenstaatliche Vereinbarungen zum Datenaustausch notwendig. Dies setzt eine entsprechende Infrastruktur voraus.

Die Task Force „Hochwasserschutz und Hochwasservorsorge“ der Konvention zum Schutz und der Nutzung *grenzüberschreitender Wasserläufe* und internationaler Seen schlägt ein *kompatibles* meteorologisches und hydrologisches *Informationssystem* für das gesamte Einzugsgebiet *einschliesslich* einer *Datenbank* mit möglichst automatisiertem Datenkommunikationssystem vor. Zusätzlich sollte ein automatisches Informationssystem mit Daten über die Steuerung von Talsperren und anderen hydraulischen Bauwerken geschaffen und betrieben werden (UN/ECE, 2000).

4.2 Zum Entwicklungsstand von operationellen Hochwasservorhersage- und von Hochwasserfrühwarnsystemen

Nach den ersten gewässerkundlichen Ansätzen zur Hochwasservorhersage (vgl. SCHAFFERNAK, 1935) wurden mit der nationalen und internationalen Entwicklung der meteorologischen und hydrologischen Dienste, des Ausbaus der entsprechenden Messnetze, des rasanten Fortschrittes bei der Datenübertragung und -verarbeitung usw. in allen größeren Flussgebieten mehr oder minder systematisch und mehr oder minder leistungsfähige Instrumente zur Hochwasservorhersage geschaffen. Sie reichen von einfachen Pegelbeziehungen für Scheitelwasserstände bis hin zu leistungsfähigen Hochwasservorhersagesystemen z. B. am Rhein (BARTH & HOMAGK, 1992) und an der Elbe (ELBA = “Eine Leicht Bedienbare Anwendung für die Wasserstandsvorhersage”, FRÖHLICH, 1998). Eine zusammenfassende Darstellung des Entwicklungsstandes in den verschiedenen deutschen Bundesländern enthält LAWA (1993). Darüberhinaus wird gegenwärtig in verschiedenen Bundesländern an der Entwicklung verbesserter Vorhersage- und Schutzkonzepte (z. B. “Integrierende Konzeption Neckar-Einzugsgebiet IkoNE” (www.IKoNE-online.de)) gearbeitet. Wie bei allen sogenannten “Naturkatastrophen” und besonders den damit verbundenen Schäden tritt das Problem „Hochwasser“ erfahrungsgemäß erst bei extremen Ereignissen in das öffentliche Bewusstsein.

So veranlassten die großen, relativ dicht aufeinanderfolgenden Rheinhochwasser in den Jahren 1993/94 und 1995 die Umweltminister der EU-Staaten und der Schweiz am 04.02.1995 die „*Deklaration von Arles*“ zu verabschieden. In dieser wird die Internationale Kommission zum Schutz des Rheines (IKSR) beauftragt, einen Hochwasser-*Aktionsplan für den Rhein* auszuarbeiten. Er wurde inzwischen auf der Basis einer umfangreichen Bestandsaufnahme (IKSR, 1997) erarbeitet. In ihm ist vorgesehen, z. B. in den Jahren 1998 bis 2005 12 Millionen ECU in *die Verbesserung der grenzüberschreitenden Hochwasservorhersage* zu investieren (IKSR, 1998).

Ähnliche Aktivitäten an anderen europäischen Flüssen, z. B. an Maas, Mosel und Saar sowie der Elbe, sind in den letzten Jahren unterschiedlich weit vorangekommen. Am 8. April 1998 wurde ein Hochwasser-Aktionsplan für das Einzugsgebiet der **Maas** beschlossen. Für das Einzugsgebiet der **Mosel** und **Saar** liegt ein Aktionsplan Hochwasser (IKSMS, 1999) und für die Elbe eine Strategie zum Hochwasserschutz im Einzugsgebiet der **Elbe** (IKSE, 1998) vor. Auch für die **Oder** wurde durch die IKSO (2000) eine erste gemeinsame Strategie zum Hochwasserschutz als Grundlage für einen Aktionsplan Hochwasserschutz vorgelegt.

In den **USA** waren 1993 im Mississippi und Missouri-Flusssystem neun US-Bundesstaaten, die ca. 15 % der Fläche der USA umfassen, in katastrophaler Weise von einem Hochwasser betroffen, bei dem viele Flächen mehr als 200 Tage überflutet waren (INGRAM, 1997). Als Reaktion auf das Hochwasser bildete der National Weather Service (NWS) das „*NWS Advanced Hydrologic Prediction System (AHPS)*“. Investiert wurde vor allem in die Modernisierung der Fernerkundung, die Datenautomatisierung und in eine verbesserte

hydrologisch-hydrometeorologische Modellierung, so dass seit Frühjahr 1997 ein verbessertes System genutzt werden kann (INGRAM, 1997).

PRITCHARD (1996) und HAGGETT (1998) berichten aus **England und Wales** über den Aufbau von neuen Hochwasserwarnsystemen bzw. dem Stand der schrittweisen Umsetzung eines *integrierten Ansatzes zur Hochwasservorhersage und Hochwasserwarnung*. Um genau, zuverlässig und rechtzeitig warnen zu können, müssen alle Komponenten des Vorhersage- und Frühwarnsystems effizient zusammenarbeiten. In den letzten Jahren wurde daher unter der Prämisse dieses integrierten Ansatzes in Großbritannien verstärkt in *Hochwasserinformations- und Entscheidungssysteme* investiert. Kriterien, die das Funktionieren der Hochwasserwarnsysteme beeinflussen, hängen von den rechtlichen Voraussetzungen, dem institutionellen Verständnis, den technologischen Möglichkeiten sowie der vorhandenen Expertise und der Zugänglichkeit der Daten ab (HAGGETT, 1998). Um ein solches integriertes System zu entwickeln, ist es wichtig, dass die *Rolle und Verantwortlichkeiten der beteiligten Institutionen und Organisationen klar definiert* sind. Das „*politische Bekenntnis zu Hochwasserwarnungen*“ und entsprechenden Entscheidungen sowie „*positive Organisationskultur und Organisationsklima*“ werden als weitere wichtige Faktoren identifiziert.

Zur Umsetzung sollte *eine* Institution bestimmt werden, die den gesamten Prozess der Hochwasservorhersage- und Hochwasserwarnung überschaubar macht (HAGGETT, 1998). In England und Wales operieren 22 integrierte Hochwasserwarnzentren unter der hauptverantwortlichen Environmental Agency. Die Environmental Agency führte im Jahre 2000 eine groß angelegte „*Flood Awareness Campaign*“ durch (www.environment-agency.gov.uk). Hochwasserrisikokarten wurden an die lokalen Behörden ausgegeben und sind auch im Internet öffentlich verfügbar. Als besonderer Erfolg wird die Einrichtung einer nationalen Telefonzentrale für die *direkte Information der Bürger* über die Hochwassersituation (FLOODLINE) gewertet. Die schweren Hochwasser im Herbst 2000 haben das neue System bereits einem ersten kritischen Test unterzogen, den es auszuwerten lohnt.

In Tab. 5 sind die Komponenten und Faktoren aufgelistet, die für ein erfolgreiches integriertes Hochwasservorhersage-, Hochwassermelde- und Abwehrsystem – kurz *Hochwasserfrühwarnsystem* – beachtet werden und als **Kette vom Monitoring bis zur Reaktion** ineinander greifen müssen.

Meist werden die einzelnen Komponenten des Hochwasserfrühwarnsystems isoliert betrachtet. Das Gesamtsystem ist allerdings mehr als nur die Aneinanderreihung der einzelnen Komponenten. Zwar sollte jede Komponente für sich möglichst dem Stand der Technik entsprechen, von entscheidender Bedeutung ist aber das Zusammenspiel derselben. Oftmals wird einseitig in die Entwicklung von Hochwasservorhersagesystemen investiert, ohne die Verbreitung der Warnungen und Vorhersagen oder deren Umsetzung zu berücksichtigen (HANDMER et al., 1999; SAMUELS, 1998; PARKER et al., 1994).

Die Effektivität und der Nutzen der Hochwasservorhersage und Hochwasserwarnung muss im Zusammenhang mit den Entscheidungsträgern und der betroffenen Bevölkerung gesehen werden. Neben den naturwissenschaftlich-technischen Aspekten bezüglich der Hochwasservorhersage ist es von Bedeutung, wie die Vorhersagen von den betroffenen Akteuren verarbeitet werden und in die Entscheidungsfindungen einfließen.

Tab. 5: Komponenten und Faktoren eines Hochwasserfrühwarnsystems

	Aktivitäten	Akteure	Faktoren
ERFASSEN	Meteorologische Datenerfassung und Vorhersage Hydrologische und hydrometrische Datenerfassung	Meteorologischer Dienst Zentrale und regionale Wasserwirtschaftsbehörden	Automatische Datenerfassung und Datenfernübertragung Dichtes, einzugsgebietsbezogenes Messnetz Wetterradar
VORHERSAGEN	Datensammlung und Interpretation Hochwassermodellierung Hochwasservorhersage Ausgabe von Warnungen	Hochwasservorhersagezentren Zentrale und regionale Wasserwirtschaftsbehörden	Operationelles Hochwasservorhersagesystem mit N-A-Modell und Flusslaufmodell Gute innerstaatliche und grenzüberschreitende Informationsübermittlung
WARNEN	Empfangen von Vorhersagen und Warnungen Interpretation und Entscheidungsfindung Weitergabe von Warnungen Informationsbereitstellung Zusammenarbeit der Akteure und der Medien	Regionale und lokale Entscheidungsträger Hochwasserkomitees und Katastrophenabwehr Zivilschutz (Rettungsdienste, Polizei, Feuerwehr, usw.) Medien	Klare Zuständigkeiten 24 h – Bereitschaft Schnelle und effiziente Kommunikation Langer Vorhersagezeitraum, geringe Fehlwarnungen, gezielte Vorhersagedaten Gute innerstaatliche und grenzüberschreitende Zusammenarbeit
REAGIEREN	Koordination von Maßnahmen und Beteiligten Information der Öffentlichkeit	Hochwasserkomitees und Katastrophenabwehr Lokale Behörden Zivilschutz	Gute Informationssysteme für die Öffentlichkeit mit Rückkopplung
VERHALTEN	Minderung der Schadensrisiken durch vorbeugende Maßnahmen, Hochwasserabwehr und Evakuierungen	Gewässernutzer Betriebe, Industrie in überschwemmungsgefährdeten Bereichen Gefährdete Bevölkerung	Reaktion auf Informationen und Warnungen Verfügbarkeit von Hilfe Bewusstsein für die Situation Hochwassererfahrung

Quelle: verändert nach PARKER et al. (1994)

Besondere Erfordernisse stellen sich darüberhinaus bei *grenzüberschreitenden* Einzugsgebieten. Eine umfangreiche Analyse ist im Tagungsband des UN - ECE Seminars „Nachhaltige Hochwasservorsorge“ (UN/ECE, 2000), das vom 7. – 8. Oktober 1999 in Berlin stattfand, zu finden. In den „Leitlinien für den Hochwasserschutz und die Hochwasservorhersage“ werden im Rahmen der „Übereinkunft zum Schutz und der Nutzung grenzüberschreitender Wasserläufe und internationaler Seen“ international akzeptierte Empfehlungen für Hochwasservorsorgemaßnahmen gegeben (UN/ECE, 2000 a), zu denen nicht zuletzt die *Entwicklung grenzüberschreitender Frühwarn- und -vorhersagesysteme* und der *länderübergreifende Informationsaustausch* gehören.

Im Rahmen der “International Decade for Natural Disaster Reduction (IDNDR)”, die im Jahr 1999 zu Ende ging, wurden *Frühwarnsysteme als eines der wichtigsten Werkzeuge zur Schadensminderung* identifiziert (UN Resolution 49/22 B vom 21. Juni 1995). Deutschland hat am Ende der IDNDR-Dekade ein Konzept zur Katastrophenprävention vorgeschlagen, das u. a. die Einrichtung einer internationalen Koordinierungsstelle für Frühwarnung in Deutschland (Sitz in Bonn) vorsieht. Zweifellos hat Deutschland in den vergangenen Jahren u. a. mit der Ausrichtung der „Early-Warning-Conference“ in Potsdam (EWS, 1998) eine Vorreiterrolle bei Initiativen zur Verbesserung der Frühwarnung übernommen (PLATTE, 2000). In Fortsetzung dieser Aktivität wurde 1999 das Deutsche Forschungsnetz Naturkatastrophen (DFNK) eingerichtet. Es soll die erforderliche integrative und interdisziplinäre Katastrophenforschung und -vorbeugung vernetzen. Dadurch soll erreicht werden, dass die Erfahrungen der an verschiedenen Katastrophentypen arbeitenden Institutionen und Wissenschaftlergruppen stärker gebündelt, Informations- und Warnsysteme vereinheitlicht und die jeweils besten Erfahrungen, Systeme und Arbeitstechniken verallgemeinert und in die Praxis des Katastrophenmanagements umgesetzt werden. Weiterhin soll das DFNK dazu beitragen, das Bewusstsein für die Bedeutung der Katastrophenvorsorge in Politik und Öffentlichkeit zu erhöhen (<http://dfnk.gfz-potsdam.de>). Die erste Phase des DFNK ist auf die Region Köln am Rhein orientiert (Hochwasser, Erdbeben, Sturm, ...). Erste Überlegungen für eine zweite Phase (Feuer, Niedrigwasser) und die regionale Erweiterung auf Berlin-Brandenburg (HÜTTL, 2000) liegen vor.

5 Ursachen von Hochwasser im Odereinzugsgebiet

Die Anforderungen, die an ein Hochwasservorhersagesystem – oder in seiner Weiterentwicklung – an Hochwasserfrühwarnsysteme gestellt werden, hängen entscheidend von den im Einzugsgebiet herrschenden Bedingungen der Hochwasserentstehung ab. Diese werden im folgenden als Grundlage für die anschließende Darstellung und Bewertung der Hochwasservorhersagesysteme im Odereinzugsgebiet beschrieben.

Grob lassen sich die verschiedenen, im Odereinzugsgebiet auftretenden Hochwasser nach ihrer *Ursache* gemäß Tab. 6 typisieren.

Im **Winterhalbjahr** werden erhöhte Abflüsse im oberen und mittleren Teil des Einzugsgebietes in erster Linie durch die Schneeschmelze (Frühjahrshochwasser) verursacht. Zu gefährlichen Situationen kommt es, wenn diese Schmelzwasserabflüsse mit Niederschlägen oder Eisstand bzw. Eisversatz vor allem im Bereich der Unteren Oder zusammentreffen.

Im **Sommerhalbjahr** können an niederschlagsreiche Großwetterlagen gebundene zyklonale Starkniederschläge zu extremen Hochwasserereignissen im gesamten Odereinzugsgebiet führen und an der Unteren Oder durch Rückstau vom Stettiner Haff verstärkt werden.

An der Oberen Oder und in den aus dem Gebirge kommenden Zuflüssen spielen im Sommer auch konvektive Starkniederschläge eine bedeutende Rolle.

Tab. 6: Hauptursachen für Hochwasser im Einzugsgebiet der Oder

Obere Oder und Oberläufe der linksseitigen Oderzuflüsse	Schneesmelze	Konvektive Starkniederschläge Zyklonale Starkniederschläge
Mittleres Oder-einzugsgebiet und Warta	Schneesmelze	Zyklonale Starkniederschläge
Unteres Odereinzugsgebiet	Eishochwasser	Zyklonale Starkniederschläge Rückstauwirkung vom Oderhaff
Winterhalbjahr		Sommerhalbjahr

5.1 Winterhalbjahr

Winter- und Frühjahrshochwasser

Im Frühjahr kommt es durch das Abschmelzen großflächiger Schneerücklagen hauptsächlich in den Monaten Februar und März an der Oder immer wieder zu erhöhten Abflüssen. Da der Schnee in den Vorgebirgen und Tälern normalerweise früher schmilzt als in den Hochlagen der Gebirge, können lang anhaltende Hochwasserwellen entstehen (BUREAU, 1896). Überflutungen durch Schneeschmelzeereignisse treten vor allem in den rechtsseitigen Odernebenflüssen auf (BUREAU, 1896; CZAMARA & WOJARNIK, 1999).

Durch die *Schneesmelze allein* kommt es in der Oder und ihren Nebenflüssen in der Regel *nicht zu extremen Hochwasserereignissen*. Das *Abflussvolumen*, der *Abflussscheitel* und die *Hochwasserdauer* können jedoch *durch das zeitgleiche Auftreten von Niederschlägen erhöht* werden.

Eishochwasser

In den Wintermonaten liegt die Oder, verglichen mit weiter westlich gelegenen europäischen Flüssen, häufiger im Bereich kalter Festlandsluft und ist daher häufiger von Eisbildung betroffen. Im Mündungsbereich der Oder vollzieht sich die Eisbildung ähnlich wie in stehenden Gewässern, d. h. die Wasseroberfläche friert an den Ufern beginnend zu (JAHRBUCH DER SCHIFFFAHRT 1964, 1965). Bei längeren starken Frostperioden bilden sich in den oberen und unteren Oderabschnitten nicht nur Randeis³ sondern auch Grund-⁴ und Schwebeis⁵, welches aufschwimmt und als Treibeis⁶ solange abgeführt wird, bis es an einem Hindernis zum Stehen kommt.

Am *Ober- und Mittellauf der Oder* bilden Wehre, vor allem bei Wrocław, Oława und Brzeg, sowie enge Brücken (Krosno, Cigacice, Głogów, Opole) den Ansatzpunkt für den Aufstau des Treibeises (UHLEMANN, 1999).

Im *Unterlauf der Oder* wirken sich die starke Abnahme des Wasserspiegelgefälles (von 28 cm/ km bei Eisenhüttenstadt auf weniger als 1,5 cm/ km unterhalb Schwedt), der Rückstau des Stettiner Haffs / Zalew Szczeciński und der Ostsee sowie die Verengung des Querschnittes unterhalb des Wehres Widuchowa ungünstig auf das Eisabfuhrvermögen aus

³ Eis, das sich an der Wasseroberfläche vom Ufer oder von Einbauten her gebildet oder dort angesammelt hat

⁴ Eis, das sich am Gewässerbett unter Wasser gebildet hat, solange es dort verbleibt

⁵ Eis, das innerhalb des Wasserkörpers schwebt

⁶ als einzelne Schollen oder in Feldern zusammengeschlossen an der Wasseroberfläche treibendes Eis

(FREYDANK, 1986). Die heranschwimmenden Treibeisschollen werden durch die Eisdecke⁷ des Stettiner Haffs / Zalew Szczeciński oder des Sees Jezioro Dąbie aufgehalten.

Die aufgestauten Treibeisschollen frieren aneinander und bilden stromaufwärts den sogenannten Eisstand⁸. Die raue Unterseite des Eises verringert die Fließgeschwindigkeit und führt daher bei gleichbleibendem Abfluss zu Rückstau (JAHRBUCH DER SCHIFFFAHRT 1964, 1965). Der Wasserstandsanstieg beträgt dabei in Abhängigkeit von der Wasserführung im Grenzüberschneidung in der Regel zwischen 0,80 m bis 1,50 m (LUA, 1994). Die Geschwindigkeit, mit der die Eisstandsgrenze stromaufwärts fortschreitet, hängt einerseits von der Menge des ankommenden Treibeises und andererseits von der Durchflusshöhe ab, da bei unterschiedlichen Strömungsgeschwindigkeiten das Eis mehr oder weniger stark zusammengepresst wird (FREYDANK, 1986).

Beim Abklingen der Frostperiode bilden sich unterhalb von Einleitungen und an den Bühnenköpfen eisfreie Rinnen, die den Beginn der selbständigen Eisstandsauflösung einleiten. Das Eis bricht in Schollen auseinander und treibt als „Eisgang“ ab. Gefährlich für Deiche und Bauwerke ist der sogenannte Eisversatz⁹. Deshalb muss das Abschwimmen des Eises durch einen rechtzeitigen Eisaufbruch vom Stettiner Haff / Zalew Szczeciński und dem See Jezioro Dąbie ermöglicht werden (LUA, 1994).

Der *Zeitraum*, in dem die Untere Oder *durch Eis beeinflusst* wird, beginnt nach BUREAU (1896) am Pegel Schwedt zwischen dem 16. und 23. November und endet zwischen dem 21. Februar und 18. März. Statistisch gesehen drang die Eisstandsbildung in den letzten 100 Jahren etwa alle 2 Jahre bis zur Mündung der Lužická Nisa/Nysa Łużycka/Lausitzer Neiße vor. Insbesondere durch die Verschmutzung und die Erwärmung des Flusses mit Ab- und Kühlwässern hat sich in den letzten Jahrzehnten die Dauer und Intensität der Eisbildung verändert. Seit Anfang der 70er Jahre werden kürzere Eisstandsperioden beobachtet (LUA, 1994).

Eis- und Frühjahrshochwasser können sich **überlagern** und durch den Eisversatz zu einer *besonderen Gefahr für die Deiche* werden, wenn:

- die Oder bereits vor einer Eisstandsbildung eine hohe Wasserführung besaß, die durch die Rückstauwirkung der Eisstandsbildung erhöht wird (0,80 bis 1,50 m Wasserspiegelanstieg möglich),
- im Mittelgebirgsraum des Odereinzugsgebietes hohe Schneerücklagen vorhanden sind und durch Temperaturanstiege dort plötzlich Tauwetter mit Niederschlag einsetzt,
- im Unterlauf der Oder noch Frost herrscht, und ein Eisaufbruch von der Mündung her nur bedingt möglich ist (LUA, 1994; TRÖMEL, 1997).

Zu einem katastrophalen Zusammentreffen von Eishochwasser und Schneeschmelze kam es im März 1947 (TRÖMEL, 1997, S. 5): „In der Nacht zum 22. März 1947 überströmten bei Reitwein die Oderfluten in breiter Front den Hauptoderdeich. Unaufhaltsam nagten sie am Deichkörper und rissen bald an zwei Stellen breite Lücken. In der Folge nahm die schlimmste Überschwemmungskatastrophe, die das Oderbruch in diesem Jahrhundert erlebt hat, ihren Lauf“.

Tab. 7 enthält Wasserstände und Durchflüsse der Pegel Eisenhüttenstadt und Hohensaaten-Finow bei Eishochwasserereignissen der jüngeren Vergangenheit.

⁷ über den Bereich von Randeis hinaus an der Wasseroberfläche gebildete, unbewegliche Eisschicht

⁸ Zustand, nachdem Treibeis in einem Fließgewässer zusammengefröhen und zum Stehen gekommen ist

⁹ zusammengeschobenes Eis, das den Abflussquerschnitt eines Fließgewässers stark einengt

Tab. 7: Maximale Wasserstände (HW) und Durchflüsse (HQ) ausgewählter Eishochwasser an den Pegeln Eisenhüttenstadt und Hohensaaten-Finow

Ereignis	Pegel Eisenhüttenstadt/Oder		Pegel Hohensaaten-Finow/Oder	
	HW [cm]	HQ [m³/s]	HW [cm]	HQ [m³/s]
März 1940	611 am 22.03.	1830	778 am 21.03. 21.30 Uhr	2120 am 19./21.03.
März 1947	638 am 23.03. 8.00 Uhr	2040 am 23.03. 8.00 Uhr	598 am 31.03. 12.00 Uhr	1790 am 31.03. 12.00 Uhr
Dezember 1981	485 am 17.12. 6.00 Uhr	764 am 16.12. 6.00 Uhr	662 am 27.12. 6.00-18.00 Uhr	1210 am 17.12. 6.00 Uhr
Januar 1982	596 am 24.01. 6.00-7.00 Uhr	972 am 14.01. 24.00 Uhr	746 am 18.01. 14.00-20.00 Uhr	1515 am 15.01. 0.00-4.00 Uhr

Quelle: LUA, 1994

Der Abflussscheitel fällt häufig nicht mit dem maximalen Wasserstand zusammen, da der Wasserstand zusätzlich durch den Eisstand beeinflusst wird (LUA, 1994).

5.2 Sommerhalbjahr

Das natürliche Abflussverhalten der Oder bei Hochwasser im Sommer wird vor allem durch die Niederschlags- und Abflussentwicklung in ihren Nebenflüssen und deren Einzugsgebieten, insbesondere denen der Gebirgsregionen, geprägt.

Für den **Ober- und Mittellauf der Oder** ist das Niederschlags-Abflussverhalten nach BUREAU (1896) wie folgt zu beschreiben:

Extremniederschläge mit hohen Intensitäten und großen (lokalen) Ereignissummen *im Bergland*, im Oberlauf der Oder und den Nebenflüssen sowie den linken Nebenflüssen des Mittellaufes verursachen plötzliche Wasseranstiege (Sturzfluten). Bei den extremen Sommerhochwasserereignissen an der Oder in den Jahren 1736, 1854, 1903 und 1997 haben *vorausgehende ausgiebige Niederschläge* häufig zu einer *Sättigung des Bodens* und damit zu einer Verschärfung der Abflusssituation geführt.

Durch das *konzentrische Flussnetz* im Oberlauf sowie ähnliche Flusslaufängen der Oder und ihrer Zuflüsse, besteht die Gefahr einer *Überlagerung* der aus den einzelnen Flüssen kommenden Hochwasserwellen.

Die Hochwasserwelle hängt somit neben der Niederschlagsintensität und -summe auch wesentlich von der *räumlichen Niederschlagsverteilung* ab:

Treten *Niederschläge* in den *Sudeten* und *Beskidien* gleichzeitig auf, werden die Hochwasserwellen aus der Ostravice und der Olše/Olza durch die etwa einen Tag später gemeinsam eintreffenden Hochwasserwellen aus der Quelloder und der Opava verlängert. Die Osobłoga-Welle läuft der Welle aus den Oderquellen gewöhnlich voraus und ist häufig stärker ausgeprägt als die Welle der Quelloder selbst. Die Hochwasserwelle der Nysa Kłodzka wird durch ihr stark verzweigtes Gewässernetz verzögert, so dass ihre Hochwasserwelle häufig mit der Welle der Osobłoga zusammenfällt.

Fallen die *Niederschläge in den Beskidien* dagegen etwa einen Tag eher als in den Sudeten, überlagern sich die Wellen der Quelloder, der Osobłoga und der Nysa Kłodzka zu einem steilen Hochwasserscheitel. Bei Extremniederschlägen im Einzugsgebiet der linksseitigen Nebenflüsse (besonders Bóbr und Lužická Nisa/Nysa Łużycka/Lausitzer Neiße) kommt es zur Überlappung der Hochwasserwellen und Rückstauerscheinungen im Mittellauf der Oder.

Der Bóbr mit seinem Nebenfluss Kwisa und die Lužická Nisa/Nysa Łużycka/Lausitzer Neiße sind in ihren Oberläufen ausgesprochene Gebirgsflüsse. Die Hochwasserwelle des Bóbr benötigt etwa vier Tage aus dem Gebirge bis zur Mündung in die Oder, die der Lužická Nisa/Nysa Łużycka/Lausitzer Neiße ab Görlitz etwa drei Tage. Die Nebenflüsse Kłodnica, Mała Panew, Stobrawa, Oława und Ślęza sind nur selten von Hochwasser betroffen. Auch die Wellen der Bystrzyca, Kaczawa und Widawa führen meist nicht zu einer bedeutenden Erhöhung des Wasserstandes in der Oder. Sie erreichen meist einige Tage vor der Oderwelle die Mündungen, wogegen die Hochwasserwelle aus der Barycz oft mit dieser zusammentrifft. Der größte Nebenfluss der Oder, die Warta führt normalerweise keine größere Hochwasserwelle zur Oder, so auch nicht während des Hochwassers 1997. Grund hierfür sind neben dem überwiegenden Flachlandcharakter des Warta Einzugsgebietes die großen Rückhalteräume mit dem Speicher Jeziorsko sowie dem natürlichen Polder entlang der Wartateilstrecke Konin-Pyzdry (KOWALCZAK, 1998). Der Mündungsbereich der Warta mit dem großflächigen Polder Słonsk wirkt auch als Retentionsfläche für die Hochwasserwelle der Oder. So flossen während des Hochwassers 1997 erhebliche Wassermengen von der Oder in diesen Polderbereich und führten so zu einer Absenkung des Wasserspiegels in der Oder (TADEUSZEWSKI, 2000). Allerdings kann durch die Warta die Oderwelle insgesamt verlängert werden.

Das Zuflussgebiet der **Unteren Oder** liegt zum größten Teil im Flachland, wo sommerliche Niederschläge in der Regel keine ausgeprägten Hochwasserwellen verursachen. Die aus dem oberen Stromlauf kommenden Hochwasserwellen treten mit abgeflachter Form in die Untere Oder ein und flachen sich hier noch weiter ab. Vor allem der Bereich des Polders Międzyodrze wirkt als Rückhalteraum und senkt die Wasserstände.

In diesem durch die Ostsee beeinflussten Flussabschnitt gelten andere Abflussbedingungen verglichen mit der Oberen und Mittleren Oder. Dieser Streckenabschnitt zeichnet sich durch ein sehr geringes Gefälle aus und wird durch den Rückstau aus dem Stettiner Haff / Zalew Szczeciński bzw. der Ostsee beeinflusst. Die Wasserstände und Abflüsse werden durch ein komplexes Zusammenspiel vom Rückstau durch die Wasserstände im Stettiner Haff / Zalew Szczeciński und der Ostsee, atmosphärischen Einflüssen (Wind und Luftdruck) sowie dem vom Oberlauf kommenden Abfluss bestimmt. Im unteren Oderabschnitt wurden im Gegensatz zum Ober- und Mittellauf die bisherigen Höchstwasserstände (HHW) während des Hochwassers 1997 nicht überschritten. Problematisch hingegen gestalten sich die Fließgeschwindigkeiten. Besonders an der Engstelle bei Bielinek, wo auf beiden Seiten Deiche gebaut sind, treten hohe Fließgeschwindigkeiten bis 2,5 m/s auf. Während des Hochwassers 1997 kam es dadurch lokal zu Erosionen des Flussbettes von 9 bis 10 m, welche die Stabilität von Hochwasserschutzbauten gefährden. Der Windeinfluss ist bei hohen Abflüssen in der Oder von geringerer Bedeutung als unter Niedrigwasserbedingungen. Dennoch kann durch nordwestliche und nordöstliche Winde ein Rückstau erzeugt werden, der die Abflusssituation verschärft. Das Zusammentreffen eines Hochwasserereignisses mit langandauernden Winden aus nördlichen Richtungen ist von geringer Wahrscheinlichkeit (BUCHHOLZ, 1997).

Durchschnittlich beträgt die *Laufzeit der Hochwasserwellen* vom Pegel Miedonia im Oberlauf der Oder bis zur Grenzoder in Abhängigkeit von der Niederschlagsverteilung in den einzelnen Teileinzugsgebieten und der allgemeinen Ausgangssituation 7 bis 10 Tage. In der Grenzoder beträgt die Laufzeit von Eisenhüttenstadt bis Schwedt bei Hochwasser etwa 1,4 Tage (LUA, 1994).

Tab. 8 gibt einen Überblick zu Abflüssen bei bedeutenden Sommerhochwassern, die den gesamten Oderlauf betroffen haben.

Tab. 8: Maximale Durchflüsse ausgewählter Sommerhochwasser an der Oder

Pegel	Maximale Durchflüsse [m³/s]				
	August 1854	Juli 1903	August 1977	August 1985	Juli 1997
Chałupki		-	738	1.050	2.160
Racibórz-Miedonia (Ratibor)		*2.000	960	1.337	3.100
Koźle (Kosel)	***2.850	-	886	1.287	3.290
Opole (Oppeln)		-	1.014	1.306	3.500
Brzeg Most (Brieg-Brücke)		-	1.300	1.350	3.530
Malczyce (Maltsch)		*2.200	1.470	1.510	3.100
Głogów (Glogau)	***2.313	*1.975	1.430	1.260	3.040
Połęcko (Pollenzig)		**2.110	1.680	1.290	3.200
Eisenhüttenstadt		**2.110	**1.615	****1.370	**2.600
Słubice		**2.120	-	-	3.320
Hohensaaten-Finow		**2.120	**1.795	****1.435	*****2.700 bis 3.000

Quelle: RADCZUK, 1997; * FISCHER, 1907; ** BFG, 1997; *** BUREAU, 1896, geschätzte Durchflüsse; **** LUA, 1997; *****LUA, 1998

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass *Sommerhochwasser* bisher die *Extrem-Ereignisse* darstellen, von denen *große Teile* des Flusses *gleichzeitig* betroffen waren.

Die Abflusssituation im Oberlauf der Oder ist gekennzeichnet durch die häufige Überlagerung der Hochwasserwellen der linksseitigen Zuflüsse und eine ausgeprägte wasserbauliche Infrastruktur (Talsperren, Staustufen, usw.).

Winter-/Frühjahrs- und Eishochwasser für sich allein führen in der Regel nicht zu überregionalen Extremhochwasser. Eine Überlagerung kann aber zu lokalen Extremsituationen führen. Grundsätzlich unterscheidet sich die Situation an der Unteren Oder von der im Ober- und Mittellauf der Oder vor allem durch das geringe Gefälle und den Rückstau vom Stettiner Haff / Zalew Szczeciński.

6 Zum Stand der operationellen Hochwasservorhersage im Odereinzugsgebiet

Die **Hochwasservorhersage-** und **-meldedienste** *orientieren* sich gegenwärtig im Odereinzugsgebiet *überwiegend an Ländergrenzen* und weniger an den Teileinzugsgebieten oder den hydrologischen Gegebenheiten. Daher wird in diesem Kapitel das Hochwasservorhersagesystem für die jeweiligen Abschnitte des Odereinzugsgebietes gemäß der administrativen Grenzen der Staaten und Bundesländer behandelt. In Abb. 10 ist das aktuelle System der Hochwasservorhersage im Odereinzugsgebiet als Übersicht dargestellt.

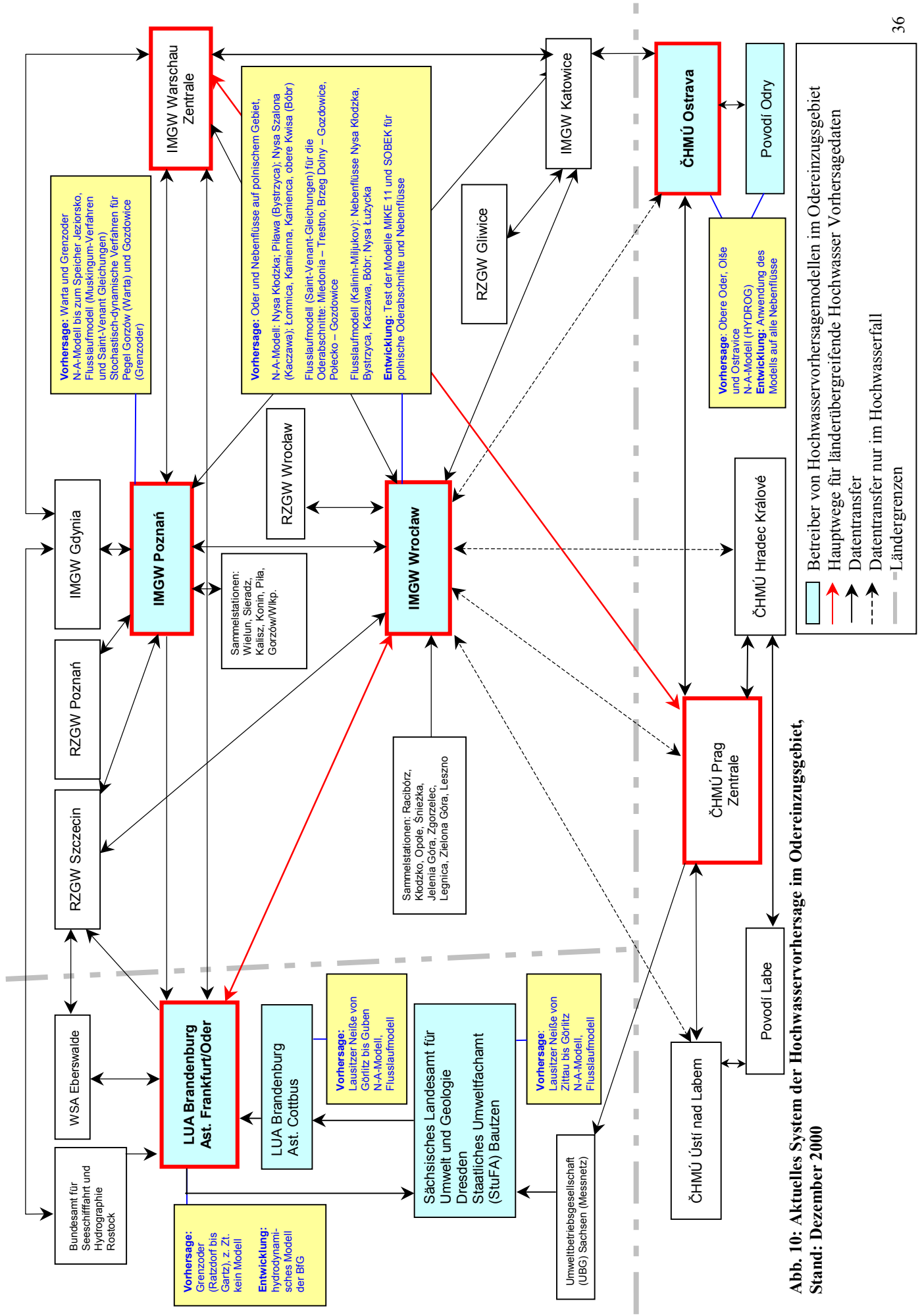


Abb. 10: Aktuelles System der Hochwasservorhersage im Odereinzugsgebiet, Stand: Dezember 2000

6.1 Hochwasservorhersage für die Obere Oder - Tschechische Republik

Der Hauptteil des *Odereinzugsgebietes auf Tschechischem Territorium* liegt im Quellgebiet der Oder in Nordmähren und Schlesien. Hinzu kommen kleinere Einzugsgebiete der Stěna, Smědá (polnisch: Witka) und Lužická Nisa (Nysa Łużycka/Lausitzer Neiße) in Nordböhmen.

Der **Tschechische Hydrometeorologische Dienst (ČHMÚ)** ist für die Hochwasservorhersage und den Hochwassermeldedienst zuständig. Die formal zwischen der meteorologischen und hydrologischen Vorhersage aufgeteilten Dienste arbeiten innerhalb des ČHMÚ eng zusammen. Die *Zentrale des ČHMÚ* hat ihren Sitz in *Prag-Komořany*. Regionale Zweigstellen des ČHMÚ im Odereinzugsgebiet sind in Ostrava (Oder in der Tschechischen Republik, Ostravice, Moravice, Opava, Olše, Bělá), in Hradec Králové (Stěna) und in Ústí nad Labem (Lužická Nisa und deren Zufluss Smědá). Das ČHMÚ greift für seine Vorhersagen zum Teil auf das gut ausgebaute Messnetz der jeweils zuständigen Flussgebietsverwaltungen Povodí Odry und Povodí Labe zurück.

6.1.1 Meteorologischer Vorhersagedienst durch den ČHMÚ

Die Hauptaufgabe des meteorologischen Bereiches des ČHMÚ auf dem Gebiet der Hochwasservorhersage ist die Ausgabe von Meldungen und Warnungen vor gefährlichen Witterungsereignissen, z. B. Starkniederschlägen, Stürmen, Hagel usw. Der meteorologische Dienst der Zentrale in Prag und der regionalen Stellen in Ústí nad Labem und Mošnov (Flughafen von Ostrava) arbeitet rund um die Uhr (KUBÁT, 1998).

Für die zweimal täglich erstellte **quantitative Niederschlagsvorhersage** nutzt der ČHMÚ die Ergebnisse von vier **numerischen meteorologischen Modellen**, die in Deutschland, Großbritannien, Frankreich und Tschechien selbst betrieben werden (Tab. 9). Das lokale Modell ALADIN wird seit Juli 1998 auf einem Großrechner am zentralen Vorhersagezentrum des ČHMÚ in Prag-Komořany betrieben (ŠÁLEK, 1998 a).

Tab. 9: Numerische meteorologische Modelle, deren Ergebnisse zur quantitativen Niederschlagsvorhersage vom ČHMÚ genutzt werden

Modell	Land	Rasterweite [km]	Zeitschritt [h]	Vorhersagezeitraum [h]
EUROPA Modell	Deutschland (Offenbach)	50	6, 12, 24	78
Deutschland Modell	Deutschland (Offenbach)	15	6	48
British LAM Modell	Großbritannien (Bracknell)	50	3, 6	36
ALADIN Modell	Frankreich Tschechische Republik (seit 1998)	15	3, 6, 12, 24	48

Quelle: KUBÁT, 2000

Die quantitative Niederschlagsvorhersage mittels meteorologischer Modelle birgt nach wie vor Fehler. Die simultane Verwendung verschiedener Modelle hilft bei der Bewertung und Einschätzung der Ergebnisse (KUBÁT, 2000).

Die mit dem Modell ALADIN für neun Regionen der Tschechischen Republik erstellte quantitative 3-tägige Niederschlagsvorhersage wird bisher nur intern verwendet. Die

regionalen Vorhersagestellen präzisieren die Ergebnisse der Niederschlagsvorhersage für ihr Gebiet. Geplant ist die Veröffentlichung der quantitativen Niederschlagsvorhersage als Rasterdatensatz (KUBÁT, 1999). Im Hochwasserfall sind die mit dem Modell ALADIN erstellten Vorhersagen auf der Internetseite des ČHMÚ für jedermann zugänglich (www.chmi.cz/meteo/ov/aladin/res/index.html).

Numerische meteorologische Modelle eignen sich in erster Linie zur Vorhersage großräumiger, zyklonaler Niederschläge, weniger jedoch zur Vorhersage lokaler Starkniederschläge. Zur Erfassung lokaler Niederschlagsereignisse, zur Verbesserung der Vorhersagegüte und zur Ausgabe von Warnungen, werden Informationen von **meteorologischen Radarsystemen** sowie von **Satelliten** genutzt (KUBÁT, 2000 a). Diese liefern Echtzeitinformationen über das Wettergeschehen.

Meteorologische Radarstationen bilden das aktuelle Niederschlagsgeschehen in Echtzeit ab. Besonders wichtig sind die Informationen über lokale Starkniederschläge, die mit dem Bodenmessnetz oft nicht erfasst werden können. In der Tschechischen Republik werden zwei meteorologische Radarstationen (Brdy-Praha und Skalky bei Boskovice) betrieben. Angaben über diese Stationen sind im Internet unter www.chmi.cz/meteo/rad/erad_sit.html veröffentlicht. Durch zusätzliche Radarstationen der Nachbarländer ist das Gebiet der Tschechischen Republik fast völlig abgedeckt. Zusammen mit den polnischen meteorologischen Radarstationen (Orzesze bei Katowice und Pastewnik südlich von Wrocław) soll ein gemeinsames, von beiden Ländern nutzbares Radarbild für die Gebirgsregion des Odezeinzugsgebietes erstellt werden (HOŠEK, 1998).

Die Radardaten haben eine zeitliche Auflösung von 10 Minuten. Die räumliche Ausdehnung sowie die Niederschlagsdynamik werden durch die Radarbilder gut erfasst. Probleme bereitet die Ableitung quantitativer Niederschlagswerte. Diese weichen oft noch stark von den Messwerten der Niederschlagsstationen ab (KUBÁT, 2000). Derzeit wird das System RAMAP zur Verarbeitung von Radarniederschlagsinformationen entwickelt. Es soll die Gebietsmittel von Niederschlägen generieren und überwachen, ob Grenzwerte überschritten werden (KUBÁT, 1999). Momentan im Probetrieb in der Zentrale des ČHMÚ, soll es vor allem für das Monitoring gefährlicher Niederschlagsereignisse dienen (KIMLOVÁ, 1999).

Der ČHMÚ nutzt auch Daten der **Satelliten NOAA** und **METEOSAT**. Die Daten des polumlaufenden NOAA Satelliten für die Region werden vier mal am Tag geliefert (ŠÁLEK, 1998). Die Informationen vom geostationären METEOSAT Satelliten stehen alle 30 Minuten zur Verfügung und werden auf der Internetseite www.chmi.cz/meteo/sat/sat_eng.html veröffentlicht. Mit den METEOSAT-Daten kann die Entwicklung der Bewölkung nahezu in Echtzeit beobachtet werden (ŠÁLEK, 1998).

Die Niederschlagsdaten vom **Bodenmessnetz des ČHMÚ**, die unmittelbar für Warnungen zur Verfügung stehen, sind durch die Anzahl der automatisierten Messstationen limitiert. Daten in Echtzeit werden zum größten Teil von den synoptischen Stationen des ČHMÚ geliefert. Zur Zeit werden weitere Stationen automatisiert und Vereinbarung über einen Datenaustausch mit den Flussgebietsverwaltungen, die über eigene Messnetze verfügen, getroffen.

6.1.2 Hydrologischer Vorhersagedienst durch den ČHMÚ

Das Hochwasservorhersagezentrum für die Obere Oder in der Tschechischen Republik ist die regionale ČHMÚ Zweigstelle Ostrava. Eine enge Zusammenarbeit besteht mit der ČHMÚ Zentralstelle in Prag und dem regionalen meteorologischen Vorhersagedienst in Mošnov/Ostrava sowie mit der Flussgebietsverwaltung Povodí Odry. Die *Sondersituation* von **Povodí Odry** beruht auf einem stark gestiegenen Wasserbedarf, der sich mit der Einwohnerzahl und dem Ausbau der Industrie in der dortigen Region entwickelt hat. Große

Investitionen in die wasserbauliche Infrastruktur für die Wasserspeicherung, für Hochwasserschutz und Erholungsnutzung wurden realisiert.

Die acht heute vorhandenen Talsperren (Abb. 11) werden von Povodí Odry gesteuert und verwaltet. Povodí Odry betreibt für das Monitoring dieses komplexen wasserwirtschaftlichen Systems ein eigenes, weitgehend automatisiertes Messstellennetz, das weiter ausgebaut wird (POVODÍ ODRY, 2000).

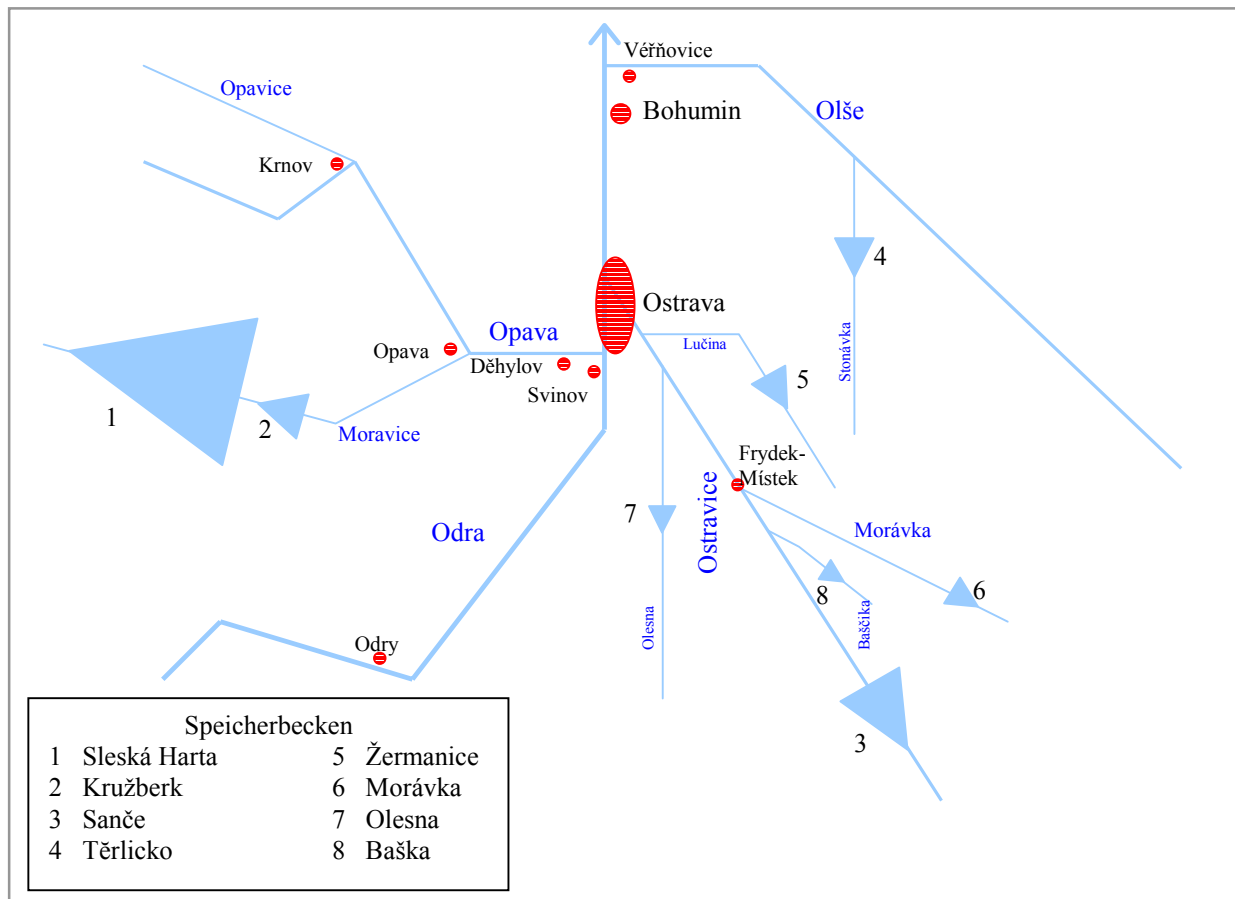


Abb. 11: Schematische Darstellung der Oberen Oder und der wichtigsten Nebenflüsse sowie der Speicherbecken in Tschechien

Somit stehen dem Hochwasserzentrum ČHMÚ Ostrava neben den **Daten** und **Informationen** aus dem eigenen automatisierten hydrometeorologischen Messnetz auch Daten von *Povodí Odry* für Hochwasservorhersagen zur Verfügung.

Insgesamt liefert Povodí Odry kontinuierliche Messdaten von 48 (in Zukunft 56) automatisierten Niederschlagsstationen sowie von 43 (in Zukunft 46) automatisierten Pegelstationen. Weiterhin werden Informationen über den Wasserstand und Abgaben aus 6 Talsperren (Datenerfassung einmal stündlich) übermittelt.

Von dem Messnetz des ČHMÚ stehen Informationen von 3 (in Zukunft 4) hauptamtlichen meteorologischen Stationen (Datenerfassung jede Stunde), von 8 automatisierten Klimastationen (Datenerfassung alle 3 Stunden), von 2 (in Zukunft 3) automatisierten Niederschlagsstationen (Datenerfassung 1 mal täglich, im HW-Fall häufiger) sowie von 15 automatisierten Pegeln (Datenerfassung 1 mal täglich; im HW-Fall häufiger) zur Verfügung.

Die Datenübermittlung erfolgt beim ČHMÚ über feste Kommunikationsverbindungen (im Notfall über mobile Telefone) und bei der Flussgebietsverwaltung Povodí Odry über das Funknetz. Bei den meisten Meldeprofilen sind zwei alternative Wege der Datenübertragung möglich. Der Informationsaustausch zwischen dem ČHMÚ Ostrava und Povodí Odry ist automatisiert und läuft über den FTP Server des ČHMÚ.

Weiterhin stehen **meteorologische Daten** und **Vorhersagen** des meteorologischen Dienstes des ČHMÚ zur Verfügung.

Von der meteorologischen Zentralstelle in Prag werden geliefert:

- tägliche Wettersituation und -vorhersage für die Tschechische Republik für die nächsten 2 bis 6 Tage
- tägliche quantitative Niederschlagsvorhersage für die nächsten 48 h für 6 Regionen im Einzugsgebiet der Oberen Oder
- tägliche quantitative Niederschlagsvorhersage für die nächsten 72 h für 2 Gebirgsregionen
- tägliche Hinweise auf Stark- und Dauerregen mit einer Gültigkeit von bis zu 72 h
- tägliche Warnung vor dem Auftreten von gefährlichen und Grenzwerte überschreitenden Niederschlägen für die nächsten 24 h
- Radarsammelmeldung von den meteorologischen Radarstationen Skalky bei Boskovice und Brdy-Praha (zukünftig ergänzt um Informationen von den polnischen Radarstationen Orzesze bei Katowice und Pastewnik bei Wrocław), aktualisiert im 10 Minuten Takt (Intranet des ČHMÚ)
- aktuelle Aufnahmen von den meteorologischen Satelliten (im Intranet des ČHMÚ)

Von der regionalen Zweigstelle in Mošnov/Ostrava wird die regionale Wettervorhersage für die nächsten 12 Stunden (2 mal täglich) sowie für die nächsten zwei und drei Tage (1 mal täglich) geliefert (HOŠEK, 2000).

Von der *polnischen Seite* werden vom IMGW Katowice und dem IMGW Wrocław täglich Daten von 4 meteorologischen Stationen, 5 Niederschlagsstationen und 7 Pegelmessstationen sowie Vorhersagen und Warnungen übermittelt. Dabei handelt es sich vor allem um Daten über das Einzugsgebiet der Olše, wo Polen Oberlieger der Tschechischen Republik ist (HOŠEK, 2000).

Die **Hochwasservorhersage** durch den ČHMÚ selbst erfolgt gegenwärtig nur für ausgewählte Pegel und basiert bisher meist nur auf Pegelbeziehungen zu flussaufwärts gelegenen Stationen (KUBÁT, 1998). Für das Einzugsgebiet der Oder werden für den Pegel Bohumín 6-stündige Vorhersagen erstellt. Nach dem Hochwasser 1997 wurde gefordert, verstärkt Niederschlag-Abfluss-Modelle für die Hochwasservorhersage einzusetzen (ŘIČICOVÁ, 1999).

Der ČHMÚ Ostrava hat demzufolge das von Povodí Odry entwickelte **Modellsystem HYDROG** übernommen. Povodí Odry wendet dieses Modell bereits für Teileinzugsgebiete der Oder (Ostravice, Olše) zur Steuerung der Talsperrensysteme an. Seit 1997 nutzt Povodí Odry dafür auch die mit dem numerischen meteorologischen Modell ALADIN des ČHMÚ in Prag erstellten quantitativen Niederschlagsvorhersagen (siehe Kap. 6.1.1). Die vom ČHMÚ derzeit im Test genutzte Modellversion HYDROG-S enthält nur das Niederschlag-Abfluss-Modell ohne operative Talsperrensteuerung. Der ČHMÚ plant, das Modell HYDROG auf das gesamte Einzugsgebiet der Oberen Oder bis zur tschechisch-polnischen Grenze, einschließlich des Flusses Bělá (Zufluss zur Nysa Kłodzka), auszuweiten.

Im Modell HYDROG ist das Einzugsgebiet in Flussabschnitte, in Teilflächen entlang dieser Flussabschnitte sowie in Talsperren eingeteilt. Der Abflussvorgang wird mit einer

Kombination aus hydraulischen und hydrologischen Methoden simuliert. Der Oberflächenabfluss und der Abfluss im Flussnetz werden mit einer kinematischen Wellenapproximation abgebildet, der unterirdische Abfluss von den Teilflächen mit einem konzeptionellen Modell (STARY et al., 1998). Neben dem Niederschlag-Abfluss Modul enthält es auch ein Modul zur operationellen Steuerung der Talsperren (HOŠEK, 2000).

Das Vorhersagemodell HYDROG wird für die folgenden Teileinzugsgebiete durch Povodí Odry betrieben:

- Ostravice bis zur Mündung in die Odra
- Olše bis zur Mündung in die Oder

Im Testbetrieb durch Povodí Odry sowie ČHMÚ Ostrava sind die folgenden Modelle:

- Bělá bis zum Grenzprofil (HYDROG, Povodí Odry)
- Odra bis zum Meldeprofil Odra (HYDROG-S, ČHMÚ Ostrava)
- Opava bis zum Meldeprofil Opava (HYDROG-S, ČHMÚ Ostrava)

Im **Hochwasserzentrum des ČHMÚ Ostrava** werden die operationellen hydrometeorologischen Informationen in der *regionalen operationellen Datenbank*, die sich zur Zeit noch im Aufbau befindet, zusammengeführt. Nach der Verifikation und Bearbeitung werden die Informationen zu festgelegten Terminen automatisch zur Zentralstelle des ČHMÚ in Prag, zu Povodí Odry sowie an Hochwasserschutzbehörden und ausländische Partner weitergeleitet.

Mit Polen erfolgt täglich einmal ein Datenaustausch über die Telekommunikationsdienste der ČHMÚ Zentrale in Prag mit der IMGW Zentrale in Warschau. In Hochwassersituationen findet der Austausch auch direkt zwischen den regionalen Zweigstellen des ČHMÚ (Ústí nad Labem, Hradec Králové und Ostrava) und denen des IMGW (Wrocław, Katowice) statt (HOŠEK, 2000).

6.1.3 Geplante Entwicklungen

Im Jahr 2001 will der ČHMÚ Vorhersagen für 48 Stunden für den Pegel Bohumín (Odra) (heute sind es 6 Stunden), für den Oderquerschnitt unterhalb der Einmündung der Olše sowie für den Grenzpegel Mikulovice an der Bělá herausgeben.

Zur Zeit wird ein *Schneesmelzmodul* für das Modell HYDROG entwickelt und getestet. Desweiteren soll HYDROG auch um ein Modul zur Simulation von gesteuerten Flutungen sowie Deichüberläufen erweitert werden (POVODÍ ODRY, 2000).

Zwei Möglichkeiten der Anwendung *neuronaler Netze* zur Optimierung der Steuerungsprozesse und Algorithmen werden betrachtet:

Die erste Anwendung betrifft die vom meteorologischen Modell ALADIN vorhergesagte *Niederschlagsverteilung*. Das Modell liefert Niederschlagsintensitäten für sechs Gebiete. Der vorhergesagte Niederschlagswert wird für das jeweilige Gebiet als homogen angenommen. Da das Einzugsgebiet der Oberen Oder im Gebirge liegt, ist diese Annahme stark fehlerbehaftet. Durch den Einsatz neuronaler Netze soll nun der vorhergesagte Niederschlag in Intensitäten für die jeweiligen Niederschlagsstationen umgeformt werden.

Die zweite Anwendung zielt auf die *Entwicklung eines Warnsystems* ab. Das neuronale Netz wird mit einer Reihe von Varianten verschiedener Eingabedatenkombinationen (unterschiedliche Systemzustände und Niederschlagsvorhersagen) und den korrespondierenden Ergebnissen des HYDROG Modells (Scheiteldurchflüsse an ausgewählten Profilen) trainiert. Die schnellere Datenanalyse ermöglicht es dem für die

Talsperrensteuerung Zuständigen, schneller zu handeln und frühzeitig vorsorgende Maßnahmen zum Hochwasserschutz einzuleiten (Abb. 12) (STARY et al., 1998).

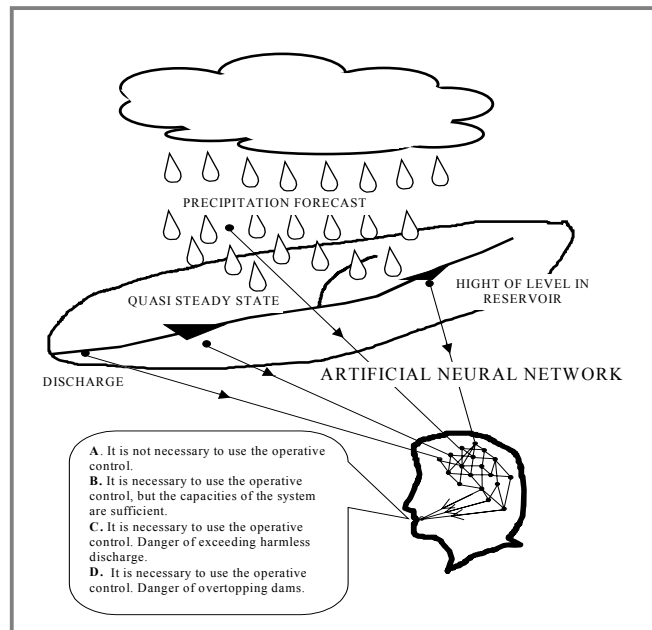


Abb. 12: Prinzip des Hochwasserwarnsystems auf der Basis neuronaler Netze (STARY et al., 1998)

6.2 Hochwasservorhersage für die Obere und Mittlere Oder - Polen

Mit 89 % hat Polen den größten Teil am Einzugsgebiet der Oder. Zuständig für den Hochwasservorhersage- und Hochwassermeldedienst ist das **Institut für Meteorologie und Wasserwirtschaft (IMGW)**. Das IMGW hat eine *Zentrale in Warschau* und *vier regionale Zweigstellen* für die verschiedenen Teile des Odereinzugsgebietes. Diese sind:

- das *IMGW Katowice*, zuständig für das Einzugsgebiet der Oberen Oder von der polnisch-tschechischen Grenze bis zur Mündung der Nysa Kłodzka (ausgenommen dem Einzugsgebiet der Nysa Kłodzka) einschließlich dem Einzugsgebiet der Stobrawa, sowie für die Obere Warta bis zur Mündung der Liswarta. Im Rahmen des hydrologischen Meldedienstes arbeitet das IMGW Katowice mit dem IMGW Wrocław zusammen.
- das *IMGW Wrocław*, zuständig für das Einzugsgebiet der Oder von der Mündung der Nysa Kłodzka einschließlich dem Einzugsgebiet der Nysa Kłodzka (ausgenommen das Einzugsgebiet der Stobrawa) bis zur Mündung der Nysa Łużycka/Lausitzer Neiße einschließlich des Einzugsgebietes der Nysa Łużycka. Das IMGW Wrocław stellt den hydrologischen Meldedienst im Einzugsgebiet der Oder von der polnisch-tschechischen Grenze bis zum Profil Słubice (Grenzoder) sicher.
- das *IMGW Poznań*, zuständig für das Einzugsgebiet der Oder von der Mündung der Lausitzer Neiße/Nysa Łużycka bis zum Profil Gryfino (einschließlich des Profils Gryfino) sowie für das Einzugsgebiet der Warta ab der Mündung der Liswarta. Das IMGW Poznań stellt den hydrologischen Meldedienst im Einzugsgebiet der Oder vom Profil Słubice bis zum Profil Gryfino sicher.
- das *IMGW Gdynia*, zuständig für die Untere Oder ab dem Profil Gryfino bis zur Mündung in die Ostsee, sowie für die polnischen Gewässer, die in die Ostsee münden.

(MALINOWSKA-MAŁEK, persönl. Mitteilung)

Wie beim ČHMÚ in der Tschechischen Republik gibt es auch innerhalb des IMGW jeweils meteorologische und hydrologische Vorhersagedienste, die eng miteinander kooperieren. Die in der zentralen Vorhersagestelle erstellten Vorhersagen und Warnungen werden zusammen mit den Daten, die auf internationaler Ebene über das globale Telekommunikationssystem der WMO ausgetauscht werden, an die zentralen Nutzer sowie die regionalen Vorhersagezentren übergeben. Die regionalen meteorologischen und hydrologischen Vorhersagezentren bereiten Daten auf, erstellen und verbreiten regionale und lokale Vorhersagen und Warnungen. In den regionalen Zweigstellen arbeiten hierfür die Abteilungen Hydrologie und Meteorologie eng zusammen. Die in den regionalen Stellen erstellten meteorologischen Vorhersagen (nur regional), hydrologischen Prognosen und alle hydrologischen und meteorologischen Warnungen und Mitteilungen werden an die zentrale Vorhersagestelle in Warschau weitergeleitet. Die Übermittlung der beobachteten und gemessenen Daten, der erstellten Mitteilungen, Warnungen und Vorhersagen erfolgt zwischen dem IMGW und den regionalen Stellen über das gesamtpolnische *IMGW Netz „MetPak“* (unter Verwendung der Protokolle X.25 und TCP/IP). Dieses ist an das Internet (TCP/IP) sowie an das Netz des Globalen Wetterdienstes der WMO (X.25) angebunden. Dadurch können Daten im Rahmen des internationalen Austausches gegenseitig zugeschickt und das Internet als ergänzendes oder Hauptmedium zur Verbreitung von zusammengestellten Informationen genutzt werden. Zur Sammlung, Zusammenstellung und Aufbereitung von Daten sowie zur Versendung von ausgearbeiteten Informationen werden in der zentralen Stelle sowie den regionalen landesweit möglichst einheitliche Programmsysteme eingesetzt (IMGW, 2000).

Für *hydrologische Vorhersagen und Warnungen* im polnischen Odereinzugsgebiet sind die *IMGW Zweigstellen Wrocław* und *Poznań* zuständig (KUNDZEWICZ et al., 1999).

6.2.1 Meteorologischer Vorhersagedienst durch das IMGW Wrocław

Die meteorologische Vorhersage basiert in den Vorhersagezentren hauptsächlich auf Erfahrungswerten. Unterstützt wird die Vorhersage durch die **Ergebnisse numerischer meteorologischer Vorhersagemodelle**, verfügbar über das Globale Telekommunikationsnetz der WMO (IMGW, 1999). Vom IMGW werden die Ergebnisse der Europäischen Vorhersagezentren in Offenbach (EUROPA-Modell und Deutschland Modell) und Bracknell (British LAM-Modell) genutzt. In Polen werden am IMGW Kraków das Modell ALADIN und an der Universität Warschau das Modell UMPL (Unified Model of Poland) betrieben (IMGW, 1999). Zur Zeit schränkt die Kapazität des IMGW Datentransfersystems teilweise die Nutzung von Vorhersageergebnissen und Radar- und Satellitendaten durch die Vorhersagezentren noch ein (IMGW, 1999).

Nur die IMGW Zweigstelle Kraków kann hochaufgelöste Daten von polumlaufernden und geostationären **Satelliten** nutzen. Den anderen Zweigstellen stehen nur Daten mit geringerer Auflösung zur Verfügung (WEFAX Datenübertragung) (IMGW, 1999). Das meteorologische Vorhersagesystem soll im Rahmen des SMOK-Programms (Kap. 6.2.3.1) modernisiert und ausgebaut werden.

Das IMGW erhält Informationen aus dem **Polnischen Radarnetz POLRAD**, das zur Zeit drei meteorologische Radarstationen umfasst: die Station Legionowo bei Warschau sowie die zwei Stationen Orzecze (bei Katowice) sowie Pastewnik (südlich von Wrocław), die Bereiche des Oberen und Mittleren Odereinzugsgebietes abdecken (Abb. 14 in Kap. 6.2.3.1; IMGW, 1999). Am meteorologischen Vorhersagebüro des IMGW Wrocław werden meteorologische Vorhersagen für das Obere und Mittlere Einzugsgebiet bis zum Profil Słubice erstellt. Diese basieren auf den durch das IMGW-Netz „MetPak“ zur Verfügung gestellten Informationen. Dieses sind kurz- und mittelfristige Vorhersagen, die räumliche Verteilung ausgewählter

meteorologischer Größen für Europa, die vom Europäischen Vorhersagezentrum in Offenbach (Deutschland) und Bracknell (Großbritannien) herausgegeben werden, Ergebnisse des numerischen meteorologischen Modells ALADIN des IMGW Kraków sowie METEOSAT Satellitenbilder und Radarbilder (IMGW, 2000).

Für die Zwecke der hydrologischen Vorhersage werden quantitative Niederschlagsvorhersagen für die nächsten 72 Stunden erstellt, einschließlich Niederschlagsart und Eintrittszeit sowie Prognosen für weitere meteorologischen Größen (Lufttemperatur, mittlere Windgeschwindigkeit, Luftfeuchte sowie Gesamtstrahlung).

6.2.2 Hydrologischer Vorhersagedienst durch das IMGW Wrocław

Das hydrologische Meldesystem wird in Anlehnung an das Hochwassermeldesystem von Oder und Warta (poln.: System Osłony Powodziowej Dorzecza Odry i Warty SOPDOiW) geführt. Es besteht aus dem *System der Operationellen Hydrologie* (poln.: System Hydrologii Operacyjnej SHO) sowie dem *System der hydrologischen Vorhersage* (poln.: System Prognoz Hydrologicznych SPH).

Das **System der Operationellen Hydrologie** erhält aus dem IMGW eigenen Messnetz Daten von:

- den 8 Sammelstationen (Racibórz, Opole, Kłodzko, Jelenia Góra, Zgorzelec, Zielona Góra, Legnica, Leszno), die die Daten der meteorologischen und hydrologischen Messstationen abfragen, aufbereiten und an das IMGW in Wrocław weiterleiten. Weitere Informationen erhält Wrocław von den 6 Sammelstationen des IMGW Poznań
- den regionalen Zweigstellen des IMGW Katowice und IMGW Poznań (Kap. 6.3)

(IMGW, 2000).

Die Daten aus dem IMGW eigenen **hydrometeorologischen Messnetz** werden im Normalfall einmal täglich um 6 Uhr GMT abgerufen, im Hochwasserfall im 3-Stundentakt (0, 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21 GMT) (DUBICKI & MALINOWSKA-MAŁEK, 2000). Der Großteil der Messstationen ist jedoch noch nicht automatisiert. Sie werden von nebenberuflich arbeitenden Beobachtern abgelesen, was bei längeren Hochwassersituationen problematisch sein kann (IMGW, 1999). Eine weitreichende Automatisierung der hydrometeorologischen Messstationen ist im Rahmen des SMOK Programmes geplant (Kap. 6.2.3.1).

Vom RZGW Wrocław und dem RZGW Szczecin werden Daten über wasserwirtschaftliche Anlagen und Eisverhältnisse übermittelt.

Im **internationalen Austausch** erhält das IMGW Wrocław von *tschechischer Seite* einmal täglich von den regionalen ČHMÚ Zweigstellen Hradec Králové, Ústí nad Labem und Ostrava folgende Daten:

- Niederschlagsinformationen von 4 hauptamtlichen meteorologischen Stationen, 19 Klimastationen und demnächst von 11 Niederschlagsstationen
- Information über Wasserstand und Durchflüsse an 15 Pegelstationen
- Information über Abgaben aus 5 Talsperren
- Wasserstandsvorhersage für den Pegel Bohumín

(HOŠEK, 2000).

Darüberhinaus erfolgt zwischen der IMGW Zentrale in Warschau und der ČHMÚ Zentrale in Prag ein täglicher Datentransfer. Im Hochwasserfall wird die Frequenz des Datentransfers erhöht. Das IMGW Wrocław hat dann auch direkten Zugriff auf den FTP-Server der ČHMÚ Zentrale in Prag und steht im direkten Kontakt mit den ČHMÚ Zweigstellen. Mit dem Aufbau

der regionalen Datenbank am ČHMÚ Ostrava, werden zukünftig im Hochwasserfall Informationen vom Oberlauf der Oder im 3 Stundentakt verfügbar sein (MALINOWSKA-MALEK & DUBICKI, 2000).

Die *deutsche Seite* liefert über das LUA Brandenburg Informationen über die im täglichen Dienst stehenden Hochwassermeldepegel an der Oder (Ratzdorf, Eisenhüttenstadt, Frankfurt/Oder, Kietz, Kienitz, Hohensaaten-Finow, Hohensaaten Ostschleuse OP¹⁰, Hohensaaten Westschleuse OP, Hohensaaten Westschleuse UP¹¹, Stützkow, Schwedt Oderbrücke, Schwedt Schleuse OP, Schwedt Schleuse UP, Gartz und Mescherin) und der Lausitzer Neiße (Zittau 1, Görlitz, Klein Bademeusel und Guben).

Insgesamt sind ca. 60 Nutzer (Behörden, Ämter, auch ausländische Institutionen wie das LUA Brandenburg) an das Hochwasservorhersagesystem des IMGW Wrocław angebunden. Die Informationen werden per Telefon, Fax, e-mail und über die Internetseiten des IMGW (www.imgw.pl) bereitgestellt.

Mit dem Aufbau des **Systems der Hydrologischen Vorhersage**, welches vom IMGW Wrocław betrieben wird, wurde Ende der 80ziger Jahre begonnen. Das System ist *modular aufgebaut* und orientiert sich an den hydrologischen Gegebenheiten sowie an den zur Verfügung stehenden Daten.

Das Vorhersagesystem ist auf die **linksseitigen Oderzuflüsse** ausgerichtet, da diese stark zum Hochwasserabflussgeschehen der Oder beitragen und häufig selbst von Hochwasser betroffen sind. In Abb. 13 ist ein Schema des verwendeten Modellsystems, bestehend aus einem Niederschlag-Abfluss-Modell für den gebirgigen Oberlauf bis zur im Mittellauf gelegenen Talsperre sowie Wellentransformationsmodell im Flussbett unterhalb der Talsperre bis zur Mündung in die Oder, dargestellt.

¹⁰ Oberer Pegel

¹¹ Unterer Pegel

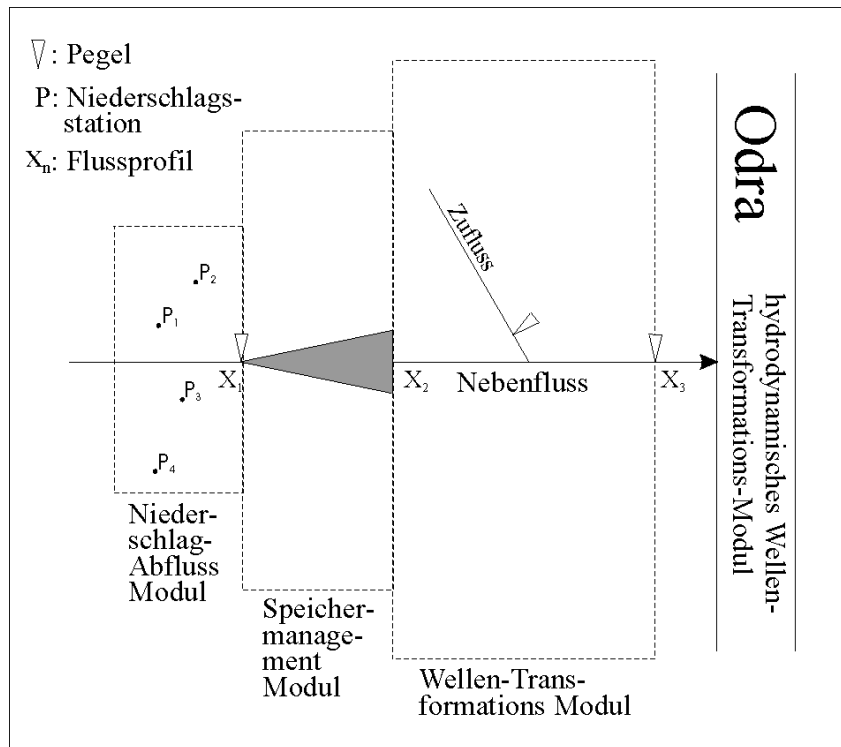


Abb. 13: Schematische Darstellung des Modellsystem des IMGW Wrocław für die Hochwasservorhersage an der Oberen und Mittleren Oder (verändert nach MIERKIEWICZ, 1993).

Für den Oberlauf oberhalb der Talsperre kommt ein **Niederschlag-Abfluss-Modell** zum Einsatz. Bei diesem Modell handelt es sich um ein Blockmodell. Bei der Bestimmung des effektiven Niederschlages wird das Prinzip der Sättigungsflächen angewendet. Die Abflusskonzentration basiert auf dem „Geomorphological Instantaneous Unit Hydrograph“ (GIUH) Verfahren (DUBICKI & MALINOWSKA-MAŁEK, 2000).

Das **Niederschlag-Abfluss-Modell** kommt für die folgenden acht Teileinzugsgebiete zum Einsatz:

- Nysa Kłodzka bis zum Speicher Otmuchow
- Piława (Zufluss zur Bystrzyca) bis zum Profil Mościsko
- Nysa Szalona (Zufluss zur Kaczawa) bis zum Speicher Słup
- Kaczawa bis zum Profil Rzymówka
- Łomnica (Zufluss zum Bóbr) bis zum Profil Łomnica
- Kamienna (Zufluss zum Bóbr) bis zum Profil Jelenia Góra
- Kamienna (Zufluss zum Bóbr) bis zum Profil Barcinek
- Obere Kwisa (Zufluss zum Bóbr) bis zum Speicher Złotniki

Als Eingangsdaten dienen die gemessenen Durchflüsse und Niederschlagswerte der letzten 24 Stunden (als 3 oder 12 Stundensummen) an ausgewählten Stationen und Pegeln sowie die quantitative Niederschlagsvorhersage für die nächsten 72 Stunden einschließlich Niederschlagstyp und Eintrittszeit. Weiterhin gehen die täglichen meteorologischen Größen (Lufttemperatur, mittlere Windgeschwindigkeit, Luftfeuchte sowie Gesamtstrahlung) für die letzten 24 Stunden sowie deren Prognose für die nächsten 72 Stunden mit ein. Als Ergebnis liefert das N-A-Modell die stündlichen Durchflüsse für die nächsten 72 Stunden der

genannten Teileinzugsgebiete (DUBICKI & MALINOWSKA-MAŁEK, 2000). Schneeschmelzprozesse können mit dem Modell nicht simuliert werden (GKSS & PARTNER, 1999).

Für die **Talsperren** werden Steuerungsroutinen für den Normal- wie für den Hochwasserfall genutzt (MIERKIEWICZ, 1993).

Unterhalb der Talsperren kommt für die folgenden Flussabschnitte für die **Wellentransformation im Flussbett** das *Kalinin-Miljukov Verfahren* zur Anwendung:

- Nysa Kłodzka: vom Speicher Nysa bis zur Mündung in die Oder
- Bystrzyca: vom Speicher Lubachów bis zum Speicher Mietków und von da bis zur Mündung in die Oder
- Kaczawa: vom Profil Rzymówka bis zur Mündung in die Oder sowie für die Nysa Szalona ab dem Speicher Słup
- Bóbr: vom Speicher Buków bis zum Speicher Pilchowice und von da bis zur Mündung in die Oder sowie für die Kwisa ab dem Speicher Leśna
- Nysa Łużycka: vom Profil Zgorzelec bis zur Mündung in die Oder

Als Eingangsdaten dienen die Zuflüsse zum Flussabschnitt bzw. die Abgabe aus den Talsperren jeweils für die letzten 24 Stunden sowie deren Vorhersagen für die nächsten 72 Stunden. Als *Ergebnis* erhält man die stündliche *Vorhersage der Durchflüsse der nächsten 72 Stunden* für die genannten Flussabschnitte (DUBICKI & MALINOWSKA-MAŁEK, 2000).

Abflüsse an Pegeln, an denen derzeit noch keine Niederschlag-Abfluss- und Wellenablaufmodelle zum Einsatz kommen, werden über einfache Pegelbeziehungen bestimmt (DUBICKI & MALINOWSKA-MAŁEK, 2000).

Für den Flusslauf der **Oder** selbst kommt ein eindimensionales **hydrodynamisches Modell** basierend auf den Saint-Venant Gleichungen für die folgenden Oderabschnitte zum Einsatz:

- zwischen Miedonia und Trestno (Wrocław)
- zwischen Brzeg Dolny und Gozdowice
- zwischen Połeczko und Gozdowice

(DUBICKI & MALINOWSKA-MAŁEK, 2000).

Eingangsdaten sind die gemessenen Durchflüsse oder die Wasserstände der letzten 24 Stunden sowie die Vorhersage für die nächsten 72 Stunden für die Anfangspegel der Oder und ihrer wichtigsten Nebenflüssen: Ruda, Kłodnica, Osobłoga, Mała Panew, Stobrawa, Nysa Kłodzka, Kaczawa, Barycz, Bóbr, Nysa Łużycka und Warta. Als *Ergebnis* erhält man die *stündliche Vorhersage der Durchflüsse und Wasserstände der nächsten 72 Stunden* für die genannten Oderabschnitte (DUBICKI & MALINOWSKA-MAŁEK, 2000).

6.2.3 Geplante Entwicklungen

Nach dem Hochwasser 1997 sind zahlreiche Maßnahmen und Projekte geplant und begonnen worden. Zu den wichtigsten Projekten in Polen gehören neben dem mit Weltbankmitteln finanzierten *SMOK-Programm* zwei hydrodynamisch orientierte Modellsysteme, die in Kooperationen mit Dänemark (*MIKE 11*) und den Niederlanden (*SOBEK*), für die Obere und Mittlere Oder am IMGW Wrocław implementiert worden sind.

6.2.3.1 SMOK (System Monitoringu i Oslony Kraju) –Programm

Von der Weltbank wurde nach dem Hochwasser 1997 ein umfangreiches Kreditprogramm zur Beseitigung der Hochwasserschäden und zur Verbesserung des Hochwassermanagements für Polen eingerichtet (www.pcu.org.pl). Das SMOK Programm des IMGW Warschau wird im

Programmbereich Hochwassermanagement und Risikominimierung finanziert (www.pcu.org.pl/komponenty/komponent-b2.html). Es umfasst den Ausbau des hydrologischen und meteorologischen Vorhersage- und Warnsystems für die Oder und die Weichsel.

Für die Verbesserung der **meteorologischen Vorhersage** ist die Entwicklung eines mesoskaligen, nicht-hydrostatischen, numerischen, meteorologischen Modells für ganz Polen geplant. Dieses soll eine Auflösung von 2,5 km x 2,5 km aufweisen. Die bestehenden Kooperationen der Universität Warschau und dem Meteorologischen Vorhersagedienst Großbritanniens und Frankreichs sollen hierfür genutzt werden. Viermal am Tag sollen quantitative Niederschlagsvorhersagen für 48 Stunden berechnet werden (IMGW, 1999).

Das meteorologische *Weterradarsystem für Polen (POLRAD)* (Abb. 14) wird ausgebaut. Im Sommer 2000 wurde die Weterradarstation Pastewniki südlich von Wrocław in Betrieb genommen. Zusammen mit den Tschechischen Radarstationen soll die Gebirgsregion des Odereinzugsgebietes vollständig abgedeckt werden.

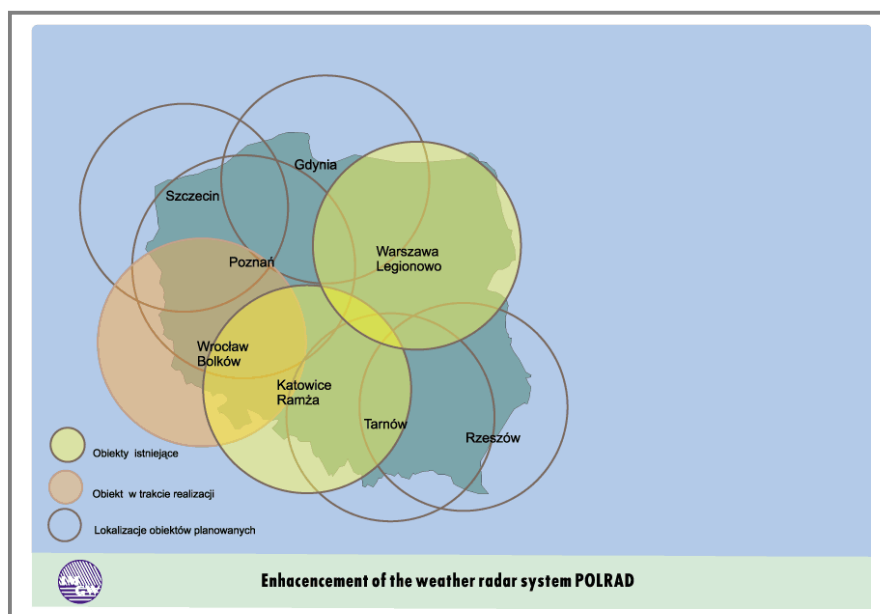


Abb. 14: Weterradarsystem POLRAD in Polen (existierende und geplante Weterradarstationen) (IMGW, 1999)

Schwerpunkte von SMOK sind der Wiederaufbau der 1997 zerstörten hydrometrischen Messstationen, die Automatisierung des hydrometeorologischen Messnetzes und der Ausbau des Telekommunikationssystems des IMGW. Dies soll vor allem für die Einzugsgebiete der Oberen und Mittleren Oder (Tab. 10) sowie der Oberen Weichsel erfolgen.

Tab. 10: Hydrometrische und hydrometeorologische Stationen im Einzugsgebiet der Oberen und Mittleren Oder, die für die Automatisierung vorgesehen sind

Einzugsgebiet	Anzahl der Messstationen			Gesamt
	Pegel	Niederschlags- und Klimastationen	Synoptische Stationen	
1. Odra ab der Tschechisch-Polnischen Grenze	19	-	1	20
2. Odra unterhalb der Mündung der Nysa Kłodzka	20	10	3	33
3. Nysa Kłodzka	16	15	1	32
4. Oława, Ślęza und Bystrzyca	18	10	1	29
5. Kaczawa	11	5	1	17
6. Bóbr und Kwisa	25	22	2	49
7. Nysa Łużycka	10	5	-	15
8. Widawa und Barycz	11	5	1	17

Quelle: DUBICKI, 1999

Die Messstationen sollen in kurzen Zeitabständen (z. B. im 10 Minutentakt) messen und die Daten über zwei unabhängige Übertragungskanäle senden können. Die Sammelstationen werden die Daten im 1 oder 3 Stundentakt von den Messstationen abrufen und diese automatisch an die regionalen IMGW Zweigstellen weiterleiten (IMGW, 1999).

6.2.3.2 MIKE 11 (Software des Danish Hydraulic Institute (DHI))

Ziel des vom Dänischen Ministerium für Umweltschutz finanzierten Dänisch-Polnischen Projektes war ein Transfer dänischer Hochwassermanagementtechnologie nach Polen. Dazu wurde das operationelle Hochwasservorhersage- und Hochwassermanagement-Modell MIKE 11 für die Obere und Mittlere Oder am IMGW Wrocław und für die Obere Weichsel am IMGW Kraków implementiert (STROŃSKA et al., 1999).

Das Modellsystem setzt sich zusammen aus:

- dem deterministischen, konzeptionellen, hydrologischen Blockmodell NAM zur Bestimmung des Zuflusses aus Teileinzugsgebieten,
- dem hydrodynamischen Modell (HD) zur Simulation des Abflusses im Flussbett sowie auf den Überschwemmungsflächen,
- dem MIKE 11 GIS Interface. Durch die Verknüpfung der Simulationsergebnisse des hydrodynamischen Moduls mit der Landoberfläche können Karten der Überschwemmungsflächen erzeugt werden.
- Dem MIKE 11 FF Hochwasservorhersagemodul, das die Modellierung von Vorhersagesituationen in Echtzeit erlaubt. Dieses setzt sich zusammen aus einem Echtzeit Management System mit direktem Zugang zur Datenbasis und einem nutzerangepassten Eingabemenü für die Berechnung von Gebietsniederschlägen aus den Daten der Punktmessungen. Der Gebietsniederschlag wird von dem Niederschlag-Abfluss-Modell (NAM) in den Gebietsabfluss umgerechnet. Die Wellentransformation erfolgt mit einem hydrodynamischen Modul, eine automatische Updating-Prozedur nutzt alle über Abflüsse oder Wasserstände vorhandenen Daten.

MIKE 11 ist bereits für den Oderabschnitt zwischen Chałupki (km 20,7) und Połęcko (km 530,3) implementiert und berücksichtigt die folgenden 14 Zuflüsse zur Oder (IMGW, 2000 b):

- Olza bis zum Pegel Cieszyn
- Ruda bis zum Pegel Ruda
- Kłodnica bis zum Pegel Lenartowice
- Osobłoga bis zum Pegel Raławice
- Mała Panew bis zum Speicher Turawa
- Stobrawa bis Karłowice
- Nysa Kłodzka bis zum Pegel Bardo sowie Nysa Kłodzka bis zum Pegel Skorogoszcz (hydrodynamisches Modul)
- Oława bis zum Pegel Oława
- Ślęza bis zum Pegel Borów
- Bystrzyca bis zum Pegel Jarnołtów
- Widawa bis zum Pegel Krzyżanowice
- Kaczawa bis zum Pegel Piątница
- Barycz bis zum Pegel Osetno
- Bóbr und Czerna (Bóbr-Zufluss) bis zum Pegel Jelenia Góra

Eingangsdaten sind Gebietsniederschläge, Temperatur und Durchflüsse der vergangenen 4 Tage sowie die Prognose von Niederschlag und Temperatur für die nächsten 72 Stunden. Als Ergebnis berechnet das Modell die Hochwasservorhersage für die nächsten 72 Stunden für die genannten Flussabschnitte sowie die Vorhersage für die Zuflüsse in die Speicher. Die Modellergebnisse der Zuflüsse aus den Einzugsgebieten fließen in das hydrodynamische Modell der Oder ein.

Zur Entwicklung eines quasi 2-D-Modells für die Oder stehen Querschnittprofile in Abständen von 1000 m, Daten der 1997 überfluteten Flächen sowie Informationen über die hydrotechnischen Anlagen und die Polder entlang der Oder zur Verfügung (STRONSKA et al., 1999).

Das FLOOD WATCH Interface ist ein Entscheidungsfindungssystem für den operationellen Einsatz und kombiniert die Datenzeitreihen des MIKE 11 FF mit dem GIS Interface. Mit FLOOD WATCH können Echtzeitdaten in Tabellen, Graphen oder Karten dargestellt werden (Abb. 15).

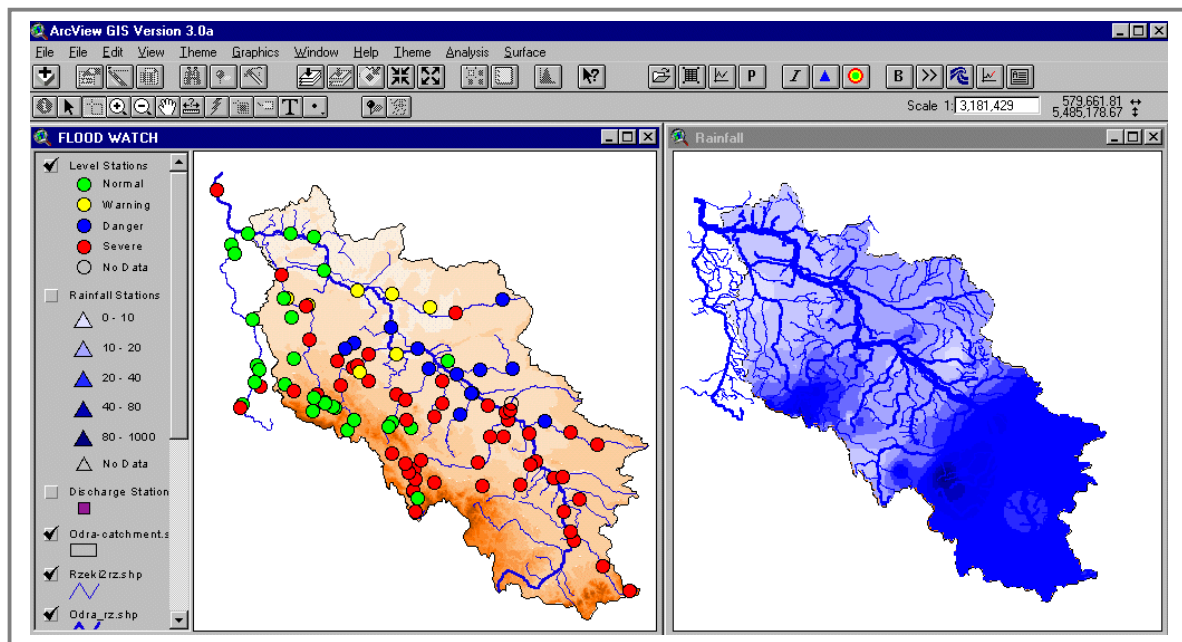


Abb. 15: Darstellung der Pegelstationen der Oberen und Mittleren Oder sowie der Niederschlagsverteilung im Einzugsgebiet mittels FLOOD WATCH (STROŃSKA et al., 1999)

MIKE 11 befindet sich noch in der Testphase und wird parallel zum derzeitigen Hochwasservorhersagemodellsystem des IMGW Wrocław operationell eingesetzt.

Eine enge Koordination zwischen MIKE 11 und dem SMOK Programm findet statt, so dass MIKE 11 mit den Daten des verbesserten Messnetzes weiterentwickelt werden kann (STROŃSKA et al., 1999).

6.2.3.3 SOBEK

Innerhalb des Projektes MATRA, einer Niederländisch-Polnischen Kooperation (April 1998 bis Oktober 1999; finanziert vom Niederländischen Ministerium für Auswärtige Angelegenheiten), sollte Wissen auf dem Gebiet der Wasserwirtschaft ausgetauscht werden. Teil des Programms war die Implementierung des eindimensionalen, hydrodynamischen Simulationsmodells SOBEK (entwickelt vom WL | Delft Hydraulics und RIZA) am IMGW Wrocław.

Das Programmsystem SOBEK wird schon seit einigen Jahren in den Niederlanden für Hochwasseranalysen genutzt. Am Rhein bildet es die Basis des Hochwasservorhersagemodells FLORIJN, welches für den Abschnitt Andernach-Lobith zur Anwendung kommt (SCHÄDLER & PARMET, 1999).

SOBEK ist am IMGW Wrocław für den 125 km langen Oderabschnitt zwischen Malczyce und Nowa Sól mit den Hauptzuflüssen von Kaczawa und Barycz implementiert. Für die Kalibrierung und Validierung des Modells wurden die Hochwasser im August 1985 und im Juni 1986 herangezogen (IMGW, 2000 a). SOBEK ist aufgrund der zeitaufwendigen Datenaufbereitung am IMGW Wrocław bisher nicht für die operationelle Hochwasservorhersage vorgesehen und wird in erster Linie prä-operationell für Simulationen von Szenarien verwendet.

6.3 Hochwasservorhersage für die Untere Oder und Warta – Polen

Für die **Warta und die Untere Oder als Teil des Hochwasservorhersage- und -meldedienstes Oder-Warta** ist das IMGW Poznań zuständig, dessen meteorologischer und hydrologischer Dienst ähnlich dem des IMGW in Wrocław strukturiert ist. Der Bereich um das Zalew Szczeciński liegt im Zuständigkeitsbereich des IMGW Gdynia.

6.3.1 Hydrologischer Vorhersagedienst durch das IMGW Poznań

Das IMGW Poznań erhält **Daten** von den Sammelstationen Wieluń, Sieradz, Kalisz, Konin, Gorzów Wlkp. und Piła. Das IMGW Poznań tauscht mit dem IMGW Wrocław, IMGW Gdynia sowie dem RZGW Poznań (hydrologische Situation an der Warta und Vorhersage für die Talsperre Jeziorsko), dem RZGW Szczecin und auch dem LUA Brandenburg Informationen und Daten aus (KOWALCZAK, 2000).

Für die **Hochwasservorhersage** nutzt das IMGW Poznań Niederschlag-Abfluss-Modelle, das Muskingum-Verfahren und zum Teil auch ein hydrodynamisches Wellentransformationsmodell sowie empirische Methoden (KOWALCZAK, 2000).

Für das Warta-Teileinzugsgebiet oberhalb der Talsperre Jeziorsko wird mit einem einfachen Niederschlag-Abfluss-Modell – basierend auf dem Isochronenverfahren – eine maximal fünftägige Vorhersage berechnet. Ein Niederschlag-Abfluss-Modell ähnlich dem am IMGW Wrocław implementierten, befindet sich für diesen Abschnitt in der Testphase (KOWALCZAK, 2000). Außerdem wird mittels Pegelbeziehungen eine 72-stündige Vorhersage für den Zufluss zur Talsperre Jeziorsko berechnet.

Unterhalb der Talsperre Jeziorsko wird für eine 72-stündige Vorhersage vom Speicher Jeziorsko bis Gorzów Wlkp. das Muskingum-Verfahren angewendet, ein hydrodynamisches Modell soll für diesen Abschnitt entwickelt werden (KOWALCZAK, 2000).

Ein eindimensionales hydrodynamisches Modell basierend auf den Saint-Venant-Gleichungen ist von Śrem bis Poznań implementiert. Unter Verwendung der Pegeldata von Skwierzyna und Drezdenko wird mit einem stochastisch-dynamischen Modell (Struktur ähnlich dem Muskingum-Verfahren) die Vorhersage für Gorzów Wlkp. erstellt. Mit dem gleichen Verfahren erfolgt unter Verwendung der Pegeldata von Ślubice und Gorzów Wlkp. die Vorhersage für den Pegel Gozdowice an der Unteren Oder.

Tab. 11: Hochwasservorhersage durch das IMGW Poznań

<i>Pegel</i>	<i>Fluss</i>	<i>Prognose</i>
Gozdowice	Odra	Wasserstand
Gorzów Wlkp.	Warta	Wasserstand
Poznań	Warta	Wasserstand
Speicher Jeziorsko	Warta	Zufluss zum Speicher
Piwonice	Prosna	Wasserstand
Bogusław	Prosna	Wasserstand

Quelle: KOWALCZAK, 2000

Aufgrund der Überflutung des IMGW Meldezentrams in Wrocław während des Hochwassers 1997 übernahm das IMGW in Poznań vorübergehend die Funktion des Meldezentrams für die Oder (KOWALCZAK, 1998).

6.3.2 Situation an der Unteren Oder

Das komplexe System an der **Unteren Oder** mit den Kanälen und Wehren der Niederungen, dem Wasserrückstau vom Zalew Szczeciński / Stettiner Haff, dem Windeinfluss sowie der Eisbildung im Winter stellt hohe Anforderungen an eine Modellierung. Vom IMGW Poznań wird mit einem stochastisch-dynamischen Verfahren aus den Pegeldaten von Słubice und Gorzów Wlkp. der Durchfluss am Pegel Gozdowice bestimmt. Die Vorhersage für den Pegel Słubice wird zur Zeit noch vom IMGW Wrocław durchgeführt (KOWALCZAK, 2000).

BUCHHOLZ kritisiert 1997, dass für die Untere Oder kein problemadäquates Hochwasservorhersagesystem existiert. Dieses müsste aus einem Messnetz mit automatischer Datenübertragung sowie speziellen hydrodynamischen Modellen, welche die spezifischen hydrologischen Situationen abbilden können (s. Kap. 5.2), bestehen (BUCHHOLZ, 1997).

Das *Institut für Gewässerforschung (MRI)* in Szczecin hat die Grundlagen eines solchen Systems entwickelt. Anfang der 80er Jahre installierte das MRI Szczecin zur Erforschung der Einflussfaktoren auf Wasserstand und Durchfluss an der Unteren Oder ein *Messnetz* (www.im.man.szczecin.pl) und entwickelte ein *eindimensionales hydrodynamisches Modell* für den Abschnitt zwischen den Pegeln Gozdowice und Trzebież (an der Mündung der Odra in das Zalew Szczeciński / Stettiner Haff). Das Modell besteht aus einer Reihe von Modulen, um lokale Besonderheiten berücksichtigen zu können:

- ein Basismodell, das den direkten Windeinfluss sowie den Einfluss zeitlicher und örtlicher Luftdruckschwankungen enthält
- ein Modell zur Bestimmung der Flusssohlenveränderungen im Bereich Gozdowice – Widuchowa unter Berücksichtigung des Windeinflusses auf die Sohlbeanspruchung
- Modell für die Berücksichtigung der unkontrollierten Überflutung der Międzyodrze Polder
- Modell für die Durchflussaufteilung in die Ost- und Westoder durch das Wehr Widuchowa
- Modell für die durch Wind verursachten Rückstauerscheinungen unter stetigen, ungleichförmigen Abflussbedingungen.

Die Modellrechnungen des MRI sind gegenwärtig nicht Teil des staatlichen operationellen Hochwasservorhersagesystems in Polen. Im Rahmen des ODRAFLOOD-Projektes (Kap. 7.1.2) soll das MRI-Modell bis zur Mündung der Warta und in einem weiteren Schritt bis zur Mündung der Nysa Łużycka/Lausitzer Neiße erweitert werden, so dass der Grenzoderbereich vollständig abgedeckt wäre.

6.4 Hochwasservorhersage für die Grenzoder – Deutschland (Brandenburg)

Mit „Grenzoder“ wird der etwa 167 km langen Abschnitt der Mittleren und Unteren Oder beschrieben, der die Grenze zwischen Polen und Deutschland markiert. Auf polnischer Seite ist das IMGW Poznań, auf deutscher Seite das **Landesumweltamt Brandenburg** für die Hochwasservorhersage und den Hochwassermeldedienst an der Grenzoder zuständig.

6.4.1 Meteorologischer Vorhersagedienst durch den DWD

Im Gegensatz zu Polen und der Tschechischen Republik sind in Deutschland die Zuständigkeiten mit dem Deutschen Wetterdienst (DWD) für den meteorologischen und mit den Bundesländern für den hydrologischen Vorhersage- und -meldedienst getrennt.

Für die Hochwasservorhersage an der Grenzoder sind die meteorologischen Daten und Produkte des DWD aufgrund des geringen Anteils am Einzugsgebiet und der langen Laufzeiten der Hochwasserwelle von untergeordneter Bedeutung und werden deshalb erst im Kap. 6.5.1 in Bezug auf das Einzugsgebiet der Lausitzer Neiße näher betrachtet.

6.4.2 Hydrologischer Vorhersagedienst in Brandenburg durch das LUA Brandenburg

Zuständig für die Hochwasservorhersage an der Grenzoder ist die Außenstelle des **LUA Brandenburg in Frankfurt/Oder**. Seit dem 01.07.1998 ist es als deutsches Hochwassermeldezentrum im Einzugsgebiet der Oder für den internationalen Datenaustausch zuständig.

Für die Vorhersage *relevante Daten* erhält das LUA Frankfurt/Oder vom **Wasser- und Schifffahrtsamt (WSA) Eberswalde**, von der Außenstelle des Landesumweltamtes in Cottbus, vom Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) Rostock sowie für das polnische Einzugsgebiet vom IMGW.

Das WSA Eberswalde ist für das *Betreiben der Pegel* an der als Bundeswasserstraße geführten Grenzoder zuständig. Die Wasserstandserfassung erfolgt in 15 Minuten Intervallen. Die Pegel sind mit Datenfernübertragung (innerhalb des WSA) und mit Messwertansage für Dritte (www.wsa-eberswalde.de) ausgestattet. Derzeit wird von der Wasser- und Schifffahrtsdirektion (WSD) Ost daran gearbeitet, die aktuellen Wasserstände auf einem FTP-Server bereit zu stellen. Ausgewählte Pegeldata (speziell für die Schifffahrt) sollen für die Grenzoder in Zukunft auch auf den Internetseiten www.elwis.bafg.de zur Verfügung stehen (Frau Daeglow von der WSD Ost, persönl. Mitteilung). Die Zuständigkeit des WSA Eberswalde endet bei der Überschreitung der festgelegten Wasserstände, bei denen eine Schifffahrtssperre ausgerufen wird (Höchste Schifffahrtswasserstände (HSW)).

Die Datenübertragung zum LUA Brandenburg erfolgt einmal täglich, im Hochwasserfall häufiger (während des Hochwassers 1997 einmal stündlich). Es werden die Wasserstände der Pegel Ratzdorf, Eisenhüttenstadt, Frankfurt/Oder, Kietz, Kienitz, Hohensaaten-Finow, Hohensaaten Ostschleuse OP, Hohensaaten Westschleuse OP, Hohensaaten Westschleuse UP, Stützkow, Schwedt Oderbrücke, Schwedt Schleuse OP, Schwedt Schleuse UP, Gartz und Mescherin sowie bei entsprechender Wetterlage Eisberichte (Luft- und Wassertemperatur, Eisstand, Eisdecke) gemeldet. Die Datenübertragung erfolgt per e-mail, im Notfall per Fax.

Vom WSA Eberswalde besteht auch ein enger Kontakt zum RZGW Szczecin im Rahmen der *Eisbekämpfung an der Unteren Oder*. Die Eisbekämpfung erfolgt mittels Eisbrechern gemeinsam mit der Republik Polen unter Leitung des RZGW Szczecin. Dorthin werden ebenfalls im täglichen Meldedienst die oben aufgeführten Wasserstände und Eisberichte (per e-mail) weitergeleitet.

Von der *Außenstelle des LUA in Cottbus* werden täglich (bei Bedarf im Hochwasserfall auch öfter) die Wasserstände und Durchflüsse der Neiße-Pegel Zittau 1, Görlitz, Klein Bademeusel und Guben 2 übermittelt sowie im Hochwasserfall 24 bis 48 stündige Prognosen hierfür (Kap. 6.5.3).

Den Wasserstand des Pegels Ueckermünde im Stettiner Haff erhält das LUA Frankfurt/Oder täglich vom *Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie* (BSH) Rostock. Dieser ist für die Berücksichtigung von Rückstauerscheinungen vom Stettiner Haff / Zalew Szczeciński in die Oder von Bedeutung.

Vom *IMGW* erhält das LUA Frankfurt/Oder einmal täglich Daten, im Hochwasserfall im 6 h Intervall, im Extremfall stündlich. Für folgende Oderpegel werden die Wasserstände übermittelt: Oderpegel in Racibórz-Miedonia, Ujście Nysy, Brzeg Most, Trestno, Rędzin, Brzeg Dolny, Malczyce, Ścinawa, Głogów, Nowa Sól, Cigacice, Krosno Odrzańskie, Połęcko, Słubice, Gozdowice, Bielinek, Widuchowa, Gryfino.

Für folgende Pegel der Odernebenflüsse werden Daten übergeben: Skorogoszcz (Nysa Kłodzka), Jarnaltów (Bystrzyca), Piątnica (Kaczawa), Żagan (Bóbr), Gubin (Nysa Łużycka), Ręczyn (Witka) und Slawsk-Konin, Poznań, Gorzów/Wlkp. (Warta).

Für die Pegel Głogów, Połęcko und Ślubice an der Oder und für den Pegel Gorzów/Wlkp. an der Warta erhält das LUA die polnischen Prognosen (Wasserstände, Durchflüsse) für die nächsten 2 Tage. Die Daten wurden früher auf einer Mailbox des IMGW Wrocław bereitgestellt, nun erfolgt die Übermittlung per e-mail. Seit April 2000 sind täglich die Abgaben aus den polnischen Speichern über das Internet verfügbar. Alle übermittelten Daten werden in einer Datenbank, die über das Intranet des LUA zugänglich ist, gespeichert. Für eine allgemein zugängliche Veröffentlichung der Daten im Internet müsste eine bilaterale Vereinbarung über die freie Datenverfügbarkeit mit Polen getroffen werden.

Während des Hochwassers 1997 existierte an der Grenzoder *kein operationelles Hochwasservorhersagemodell*, obwohl zu diesem Zweck durch die ehemalige Wasserwirtschaftsdirektion Oder-Havel Potsdam, schon 1988 ein Modell entwickelt worden war (OPPERMANN et al., 1991). Die Vorhersage für die Grenzoder basiert derzeit noch auf einfachen Pegelbeziehungen, wie sie methodisch in SCHAFFERNAK (1935) umfassend dargestellt sind.

6.4.3 Geplante Entwicklungen

Das LUA Brandenburg hat die *Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG)* mit der *Erstellung eines hydrodynamischen Modells für die operationelle Wasserstands- und Durchflussvorhersage im Bereich der Grenzoder* beauftragt. Dieses Modell soll gleichzeitig die Wasserstands- und Durchflussvorhersage für die Schifffahrt übernehmen und wird von beiden Institutionen gemeinschaftlich entwickelt und für den kontinuierlichen Betrieb ausgelegt. Modellgrundlage ist ein eindimensionaler, hydrodynamischer Ansatz, beruhend auf den Saint-Venant-Gleichungen. Der gleiche Modellansatz wird von der BfG auch für das Rheinmodell verwendet. Das Modell soll für die Strecke von Brzeg Dolny bis nach Szczecin einschließlich der Nysa Łużycka/Lausitzer Neiße unterhalb von Guben sowie der Warta unterhalb von Gorzów Wlkp. entwickelt werden. Ziel ist es, zuverlässige Wasserstandsprognosen bis zu 48 bzw. 72 Stunden entlang der Grenzoder zwischen den Pegeln Ratzdorf und Gartz zu liefern. Als Eingangsdaten gehen die maximal viertägigen polnischen Vorhersagen des IMGW für die Pegel Głogów, Połęcko, Ślubice und Gorzów Wlkp. ein. Das Modell soll Mitte 2002 den Anwendern im Landesumweltamt Brandenburg sowie der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung zur Verfügung stehen (STEINEBACH, 2000).

6.5 Hochwasservorhersage für die Lausitzer Neiße – Deutschland (Sachsen, Brandenburg)

Obwohl die Lausitzer Neiße/Nysa Łużycka/Lužická Nisa nur ein Nebenfluss der Oder ist, wird die Hochwasservorhersage aufgrund der Grenzlage des Einzugsgebietes von mehreren Institutionen durchgeführt. Der obere Teil des Einzugsgebietes liegt in Tschechien, die deutsch-polnische Grenze verläuft entlang des Flusses und auf deutscher Seite zerschneidet die Grenze zwischen Brandenburg und Sachsen das Einzugsgebiet, so dass *drei* (zählt man die Bundesländer mit, *vier*) *Anrainer* beteiligt sind (Abb.16). Die Probleme der Hochwasservorhersage an einem grenzüberschreitenden Fluss zeigen sich hier besonders deutlich. Die Hochwasservorhersage in **Sachsen** und **Brandenburg** wird hier dargestellt, die Ausführungen zu den entsprechenden Diensten in der Tschechischen Republik und in Polen sind Kap. 6.1 bzw. Kap. 6.2 zu entnehmen.

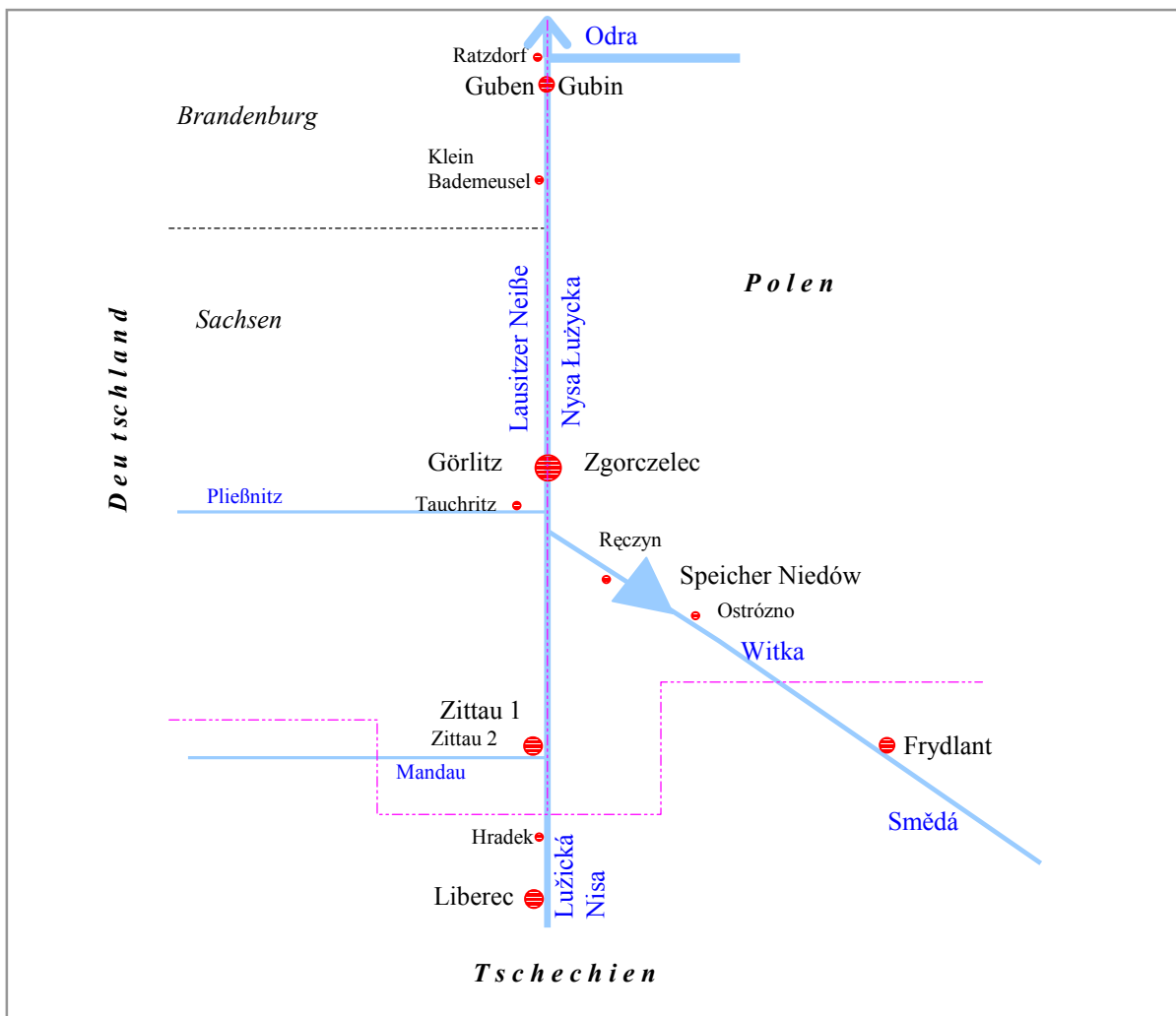


Abb. 16: Schematische Darstellung der Lausitzer Neiße/Nysa Łużycka/Lužická Nisa

6.5.1 Meteorologische Vorhersage für die Lausitzer Neiße durch den DWD

Der Deutsche Wetterdienst (DWD) nutzt für die **quantitative Niederschlagsvorhersage** die von ihm betriebenen regionalen **numerischen Wettervorhersagemodelle** Europa-Modell und Deutschland-Modell (Tab. 9 in Kap. 6.1.1). Diese sind seit 1991 bzw. 1993 im Einsatz. Der Niederschlag, in der Regel an Fronten gebunden, wird hinsichtlich der raum-zeitlichen Verteilung zufriedenstellend vorhergesagt (FRÜHWALD, 1999). Zur Verbesserung der Vorhersage des konvektiven Niederschlages ist seit 1999 das Lokal-Modell beim DWD in Betrieb (www.dwd.de/services/gflf/neu_modelle.html). Dieses arbeitet mit einer höheren Auflösung von 7 x 7 km. Die Auflösung soll in den kommenden Jahren auf 2,8 x 2,8 km verfeinert werden (FRÜHWALD, 1999). Die Einbeziehung von Radar und anderen Fernerkundungsdaten zur Bestimmung des Anfangszustandes ist für die Lokal-Modell-Version im Jahre 2002 geplant (www.dwd.de/services/gflf/neue_modelle.html). Das Lokal-Modell wird dann prinzipiell in der Lage sein, hochreichende Konvektion (u. a. Gewitter) und somit auch sommerliche Starkniederschlagsereignisse vorherzusagen.

Die zwei **hydrometeorologischen Modellsysteme** BONIEOP und SNOW-D dienen der Verbesserung der Hochwasservorhersagen. Das Modellsystem BONIEOP liefert operationell den Gebietsniederschlag auf Basis eines dichten automatisierten Niederschlagsmessnetzes mit einer mindestens stündlichen Datenübertragung (GÜNTHER, 1999). Die Länder Sachsen und Brandenburg verfügen allerdings derzeit nicht über ein solches Messnetz. Mit dem Modellsystem SNOW-D werden rasterbezogene Daten des Wasseräquivalentes unter Berücksichtigung der Wasserabgabe aus der Schneedecke und den aktuellen Niederschlagsereignissen in 6 h Intervallen für die nächsten 48 h berechnet. Die Spree-Neiße-Region gehört dabei zu den Entwicklungsgebieten des SNOW- D Modells (GÜNTHER, 1998).

Daten der **Wettersatelliten** METEOSAT und NOAA stehen dem DWD flächendeckend und im Falle des geostationären Wettersatelliten METEOSAT auch in hoher zeitlicher Wiederholrate (alle 30 Minuten) zur Verfügung (www.dwd.de/general/meteosat.html).

Das **Wetterrarnetz des DWD** deckt das Bundesgebiet vollständig ab. Es wird automatisch betrieben und zentral gesteuert. Es liefert alle 15 Minuten Radarbilder der einzelnen Standorte, die zu einem Computer-Gesamtbild für Deutschland zusammengefügt werden. Außerdem werden Kompositbilder für die Teile Europas hergestellt, die am Austausch der Radardaten beteiligt sind. Im Rahmen eines internationalen Projekts wird ein Radarverbund für wesentliche Teile Mitteleuropas angestrebt. Die Wetterrarnstationen in Dresden und Berlin decken Teile des Odereinzugsgebietes und seines Nebenflusses Lausitzer Neiße/Nysa Łużycka/Lužická Nisa ab (www.dwd.de/general/metadtdwd.html). Die Radarnstation in Dresden ist seit dem 21. März 2000 in Betrieb.

Die für die Hochwasservorhersage zuständigen Institutionen müssen für die Datennutzung Vereinbarungen mit dem DWD treffen.

6.5.2 Hochwasservorhersage für die Lausitzer Neiße in Sachsen

Die Lausitzer Neiße/Nysa Łużycka/Lužická Nisa ist Grenzfluss zwischen Deutschland und Polen. Die Tschechische Republik ist für Polen mit der Smědá (poln. Witka) und der Lužická Nisa sowie für Deutschland mit der Lužická Nisa und der Mandau Oberlieger. Durch die zuständige Zweigstelle des ČHMÚ in Ústí nad Labem werden Niederschlags- und Pegeldata zur Verfügung gestellt, es erfolgt jedoch keine Hochwasservorhersage für die Grenzpegel. Von polnischer Seite ist für die Nysa Łużycka/Lausitzer Neiße das IMGW in Wrocław zuständig, welches auf der Strecke Görlitz bis zur Mündung in die Oder das Routing-Verfahren Kalinin Miljukov anwendet (Kap. 6.2.2).

In **Sachsen** wird das hydrologische Messnetz von der staatlichen *Umweltbetriebsgesellschaft* (UBG) mit Sitz in Radebeul betrieben. Die UBG ist somit auch Sammelpunkt von Daten, die für die Hochwasservorhersage benötigt werden. Zu den Aufgaben der UBG gehören das Errichten und Betreiben der Hochwassermeldepegel, das Erstellen der Hochwasserstandsmeldungen und die Entgegennahme und Verteilung von Hochwassernachrichten. Der Deutsche Wetterdienst (DWD) liefert täglich an die UBG Informationen über Niederschlagsmeldungen, Wetterwarnungen und -prognosen sowie SNOW Berechnungen (LfUG, 2000). Vom ČHMÚ in Prag erhält die UBG täglich Angaben zu Wasserständen und Durchflüssen von tschechischen Pegeln sowie Niederschlagsangaben.

Diese Informationen werden von der UBG an das Sächsische Landesamt für Umwelt und Geologie (LfUG) gesendet, von welchem sie an die regionalen Hochwasserzentren in den Staatlichen Umweltfachämtern (StUFA) weitergeleitet werden.

Die Hochwasservorhersage für den sächsischen Teil der Lausitzer Neiße erfolgt im StUFA Bautzen.

Folgende **Daten** stehen hierfür zur Verfügung:

- Vom ČHMÚ Prag über die UBG einmal täglich Wasserstände und Durchflüsse der Pegel Liberec und Hradec (Lužická Nisa) sowie Frydlant (Smědá) und Niederschläge der Stationen Liberec und Frydlant (Vortagessumme).
- Informationen zu Wetterprognosen, Schneehöhen sowie 4-stündlich aktualisierte Radarbilder lassen sich auf den frei zugänglichen Internetseiten des ČHMÚ Prag (www.chmi.cz) für die Tschechische Republik einsehen.
- Vom DWD über die UBG – Gebietsniederschläge für das Flussgebiet Spree, die als repräsentativ für die Lausitzer Neiße angenommen werden (Vortagssumme) sowie 10 %, 50 % und 90 %-Quantil-Werte des Niederschlages (Überschreitungswahrscheinlichkeiten) für den aktuellen Tag jeweils im Zeitschritt von 06-12 Uhr, 12-18 Uhr und 18-06 Uhr sowie Angaben zu vorhandenen Schneemengen (SNOW-D-Berechnungen). Weiterhin stehen für den Vortag die Tagesniederschläge und Niederschläge im Zeitschritt von 18 - 06 Uhr sowie 00 - 06 Uhr der Station Görlitz zur Verfügung. Zusätzliche Informationen über Niederschläge können aus den Schwellenwertmeldungen der Stationen Jonsdorf, Walddorf und Kemnitz gewonnen werden.
- Niederschläge der im benachbarten Spreeeinzugsgebiet gelegenen Stationen Bautzen und Quitzdorf (Vortagessummen) können in die Einschätzung einbezogen werden.
- Aus dem eigenen Messnetz sind die aktuellen Wasserstände der Pegel Zittau 1 und Görlitz an der Lausitzer Neiße sowie die Wasserstände von Zittau 2 (Mandau) und Tauchritz (Pließnitz) per Datenfernübertragung abrufbar.
- Vom IMGW Wrocław über das LUA Brandenburg in Frankfurt/Oder einmal täglich Angaben zum Wasserstand am Pegel Ręczyn (Witka, entspricht Abgabe der Talsperre Niedów). Deutsch-polnische Vereinbarungen sehen Erweiterungen (3 x täglich im Hochwasserfall, Wasserstand und Durchfluss vom Zuflusspegel Ostróžno) vor.

Im Jahr 1999 wurde für den sächsischen Teil der Lausitzer Neiße ein neues Hochwasservorhersagemodell entwickelt (THIELE & BÜTTNER, 1999), das in Hochwassersituationen zum Einsatz kommt.

Das **Hochwasservorhersagemodell** ist ein konzeptionelles hydrologisches Modell und besteht aus den Modellbausteinen (THIELE & BÜTTNER, 1999):

- Niederschlag-Abfluss-Modell zur Abflussvorhersage im Hochwasserentstehungsgebiet bis zum Pegel Zittau 1,
- Wasserlaufmodell zur Wellenabflachung zwischen den Pegeln Zittau 1 und Görlitz,
- Abflussmodell für das Zwischengebiet zwischen den Pegeln Zittau 1 und Görlitz.

Für das N-A-Modell wird der beobachtete Abfluss am Pegel Zittau 1 und die aktuellen und prognostizierten Niederschläge sowie Schneeschmelzangaben der Station Görlitz genutzt. Zur Ermittlung des Gebietsniederschlages für die Station Zittau können noch Informationen der Niederschlagsstation Liberec und des tschechischen Radarbildes hinzugezogen werden. Der Gebietsniederschlag wird per Hand in das Modell eingegeben, die Durchflüsse am Pegel Zittau 1 werden aus der Datenfernübertragung übernommen.

Das N-A-Modell arbeitet mit einem Zeitintervall von einer Stunde. Die Abflusskomponenten Direktabfluss mit schnellem und langsamem Anteil, hypodermischer Abfluss und Grundwasserabfluss werden aus den Messwerten bis zur Gegenwart mit Hilfe des Verfahrens der "Eingangssignalentdeckung" ermittelt. Die Abflusskomponenten werden mit Hilfe von Linearspeicherketten modelliert. Ausgehend von diesen Abflusskomponenten wird für die

Zukunft der vorgegebene Prognoseniederschlag in Abfluss transformiert (THIELE & BÜTTNER, 1999).

Im Wasserlaufmodell vom Pegel Zittau 1 zum Pegel Görlitz wird die Wellentransformation mit Hilfe von Linearspeichern, getrennt nach Flussbett- und Vorlandbereich simuliert. Eingangsdaten sind die stündlichen Durchflüsse der Pegel Zittau 1 und Görlitz.

Eine weitere wichtige, zu berücksichtigende Größe ist die prognostizierte Abgabe aus der polnischen Talsperre Niedów (Witka). Diese Angabe ist in der Regel nicht aktuell verfügbar.

Der gesamte Programmalgorithmus wird insgesamt dreimal für die prognostizierten Niederschlagsquantile von 90 %, 50 % und 10 % durchlaufen (THIELE & BÜTTNER, 1999).

Mit diesem Hochwasservorhersageprogramm können Wasserstände und Durchflüsse für die Pegel Zittau 1 und Görlitz im 1-Stunden-Zeitschritt für 5 Tage der Zukunft berechnet werden. Dafür sind natürlich entsprechend lange Niederschlagsprognosen erforderlich. Zur Zeit erfolgt eine Vorhersagerechnung für 24 Stunden, eine Erweiterung auf 48 Stunden ist geplant.

6.5.3 Hochwasservorhersage für die Lausitzer Neiße in Brandenburg

In Brandenburg wird das hydrologische Messnetz vom Landesumweltamt Brandenburg betrieben. Die Hochwasservorhersage für den brandenburgischen Teil der Lausitzer Neiße erfolgt im Landesumweltamt, Außenstelle Cottbus.

Folgende **Daten** stehen hierfür zur Verfügung:

- Vom LfUG Dresden sowie dem StUFA Bautzen – aktuelle Wasserstände und Durchflüsse der Pegel Zittau 1 und Görlitz sowie 24-Stunden-Prognosen für diese Pegel.
- Vom DWD – Gebietsniederschlag für das Flussgebiet der Spree (als repräsentativ für das Gebiet der Lausitzer Neiße angenommen) für den Vortag (Tagessumme) sowie Quantilwerte des Niederschlages, die mit einer Wahrscheinlichkeit von 10 %, 50 % und 90 % überschritten werden für den aktuellen Tag für die Zeitschritte 06-12 Uhr, 12-18 Uhr sowie 18-06 Uhr sowie Angaben zu vorhandenen Schneemengen (SNOW D-Berechnungen). Die Werte werden einmal täglich per Fax gesendet. Weiter besteht im LUA die Möglichkeit über das Intranet Tages- bzw. 6-Stunden-Werte des Vortages von diversen Niederschlagsstationen abzufragen.
- Über Telefonabfrage – die aktuellen Wasserstände der Pegel Zittau 1, Görlitz, Klein Bademeusel und Guben 2 an der Lausitzer Neiße.

Das **Hochwasservorhersagemodell** besteht aus den Modellbausteinen Niederschlag-Abfluss-Modell zur Abflussvorhersage im Hochwasserentstehungsgebiet bis zum Pegel Görlitz mit der Abflussbildungserfassung auf der Basis von Koaxialdiagrammen (z. B. DYCK, 1980) sowie einem Laufzeitmodell zur Wellenabflachung vom Pegel Görlitz bis zum Pegel Guben 2. Das Modell wird nur im Hochwasserfall betrieben. Gerechnet wird in 6-Stunden-Intervallen.

Die aktuellen Wasserstände und Durchflüsse für die Pegel Zittau 1, Görlitz, Klein Bademeusel und Guben 2 werden täglich an das Landesumweltamt Frankfurt/Oder gesandt, die prognostizierten Werte nur im Bedarfsfall.

Für das Jahr 2001 ist die Entwicklung eines neuen Hochwasservorhersagemodells für den brandenburgischen Teil der Lausitzer Neiße geplant, welches einen direkten Anschluss an das sächsische Modell bilden und die Hydrodynamik besser berücksichtigen soll. Dafür wurden bereits Querschnittsvermessungen durchgeführt.

7 Wissenschaftlich-technische Projekte zur Hochwassersimulation und zum vorsorgenden Hochwasserschutz

Nach dem Hochwasser 1997 wurden im Odereinzugsgebiet zahlreiche Untersuchungen, Projekte und Maßnahmen sowohl von den betroffenen Ländern selbst als auch in internationaler Kooperation ins Leben gerufen. Die sich auf einzelne Länder bzw. Flussabschnitte beziehenden Projekte zur Verbesserung der Hochwasservorhersage sind bereits beschrieben worden und werden hier nur als tabellarische Übersicht (Tab. 12) dargestellt. Weitere grenzüberschreitend bedeutende Projekte werden nachfolgend kurz beschrieben.

Tab. 12: Ausgewählte Projekte zur Hochwasservorhersage im Einzugsgebiet der Oder

Projekte zur Hochwassermodellierung und -vorhersage für Teileinzugsgebiete bzw. Flussabschnitte				
Projekt	Laufzeit	Förderer	Institutionen	Bemerkung
MATRA (SOBEK) Polnisch-Niederländische bilaterale Zusammenarbeit	01.06.1997 – 30.06.1999	Niederländisches Außenministerium	<i>Koordinator:</i> Firma Arcadis Heidemij Advies <i>Beteiligt:</i> Polnische und Niederländische Institutionen des Wassermanagements, u. a. IMGW Wrocław	u. a. Transfer des eindimensionalen, hydrodynamischen Simulationsmodelles SOBEK
Verbesserung des Hochwasservorhersagesystems im oberen Einzugsgebiet der Oder	seit 1997/98	Tschechische Republik	ČHMÚ Ostrava; Povodí Odry	Ausbau des Monitoringnetzes und Implementierung des N-A-Modells HYDROG
Hydrological and meteorological monitoring, forecasting and protection system (poln. Abkürzung SMOK)	01.01.1998 – 31.12.2000	Kredit der Weltbank	IMGW	Ausbau der Monitoringnetze; Verbesserung der meteorologischen und hydrologischen Vorhersagesysteme
MIKE 11 Polnisch-Dänisches Projekt	Mai 1998 – November 2000	DEPA (Dänische Umweltschutzbehörde)	<i>Koordinator:</i> DHI (Dänisches Hydraulisches Institut) <i>Beteiligt:</i> IMGW Wrocław; RZGW Wrocław; IMGW Warszawa	Transfer Dänischer Hochwassermanagement Technology (Software MIKE 11)
Hydrodynamisches Modell der BfG	01.07.1999 – 30.06.2002	LUA Brandenburg	BfG (Bundesanstalt für Gewässerkunde)	Entwicklung eines hydrodynamischen Modells für die Grenzoder

Stand: Dezember 2000

7.1 Projekte zur Hochwassermodellierung

Zwei Projekte, die sich grenzüberschreitend und für große Teile des Einzugsgebietes mit der Modellierung von Hochwasser an der Oder beschäftigen, sind **ODER-LISFLOOD** und **ODRAFLOOD** (Tab. 13). Sie werden nachfolgend kurz beschrieben und in Tab. 14 einander vergleichend gegenübergestellt.

Tab. 13: Internationale Projekte zur Hochwassersimulation

Internationale Projekte zur Hochwassersimulation				
Projekt	Laufzeit	Förderer	Institutionen	Bemerkung
ODER-LISFLOOD: Teil des Projektes Naturgefahren der EU-JRC	01.01.1999 – 31.12.2000 (verlängert bis 2002)	EU-JRC Projekt in Unter- stützung für die IKSO	<i>Koordinator:</i> SAI der Gemeinsamen Forschungsstelle der EU in Ispra, Italien <i>Konsultativ einbezogen:</i> IMGW Wrocław; RZGW Wrocław; ČHMU Praha; LUA Brandenburg; Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie und verschiedene Forschungsinstitutionen und Firmen der Oderanrainerstaaten	Niederschlag-Abfluss- Modellierung im Odereinzugsgebiet ohne Warta und Untere Oder
ODRAFLOOD	01.01.2000 – 31.12.2002	BMBF Projekträger DLR	<i>Koordinator:</i> GKSS (Forschungszentrum Geesthacht); <i>Direkte Projektpartner:</i> IMGW Wrocław; MRI Szczecin; DLR Köln; BTU Cottbus	Simulation von Hochwasser im Einzugsgebiet der Oder einschließlich Wartaeinzugsgebiet mit einem gekoppelten Modellsystem

7.1.1 LISFLOOD

Die ODER-LISFLOOD Aktivität ist Teil des Naturgefahrenprojektes im Space Application Institute (SAI, Ispra - Italien) der Gemeinsamen Forschungsstelle der EU (JRC). Innerhalb von LISFLOOD soll der Einfluss von Landnutzung, Boden und Niederschlag, Reservoirs und Retentionsflächen auf aktuelle und historische Hochwasserereignisse untersucht werden, d. h. es handelt sich um ein *prä-operationelles Modell*. Das Modell wird an zwei grenzüberschreitenden europäischen Flüssen getestet, der Maas und der Oder (bis Ślubice ohne Einzugsgebiet der Warta). Als Teil des Gesamtprojektes werden u. a. Überflutungskarten zur Schadensabschätzung aus ERS SAR Satellitendaten generiert und mit Luftbildern von den Hochwassern 1994/1995 an der Maas sowie 1997 an der Oder verglichen.

Das LISFLOOD Modellsystem besteht aus einem Wasserbilanzmodell (LISFLOOD-WB) mit Tagesintervall, einem Hochwassersimulationsmodell (LISFLOOD-FS) mit Stundenintervall und einem Hochwasserüberflutungsmodell (LISFLOOD-FP) mit Sekundenintervall (Abb. 17). Die Rasterweite für das Gesamtmodell beträgt 1 x 1 km, Teileinzugsgebiete werden mit 100 bis 300 m Rasterweite simuliert. LISFLOOD-FP simuliert in einer Rasterweite von 5 bis 50 m.

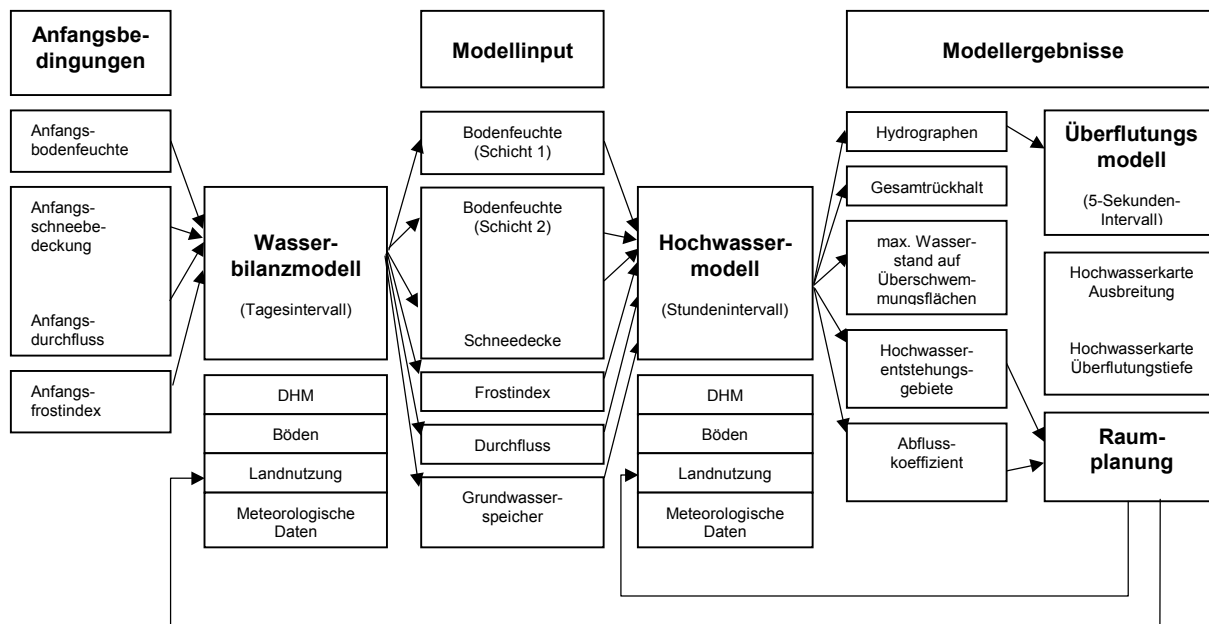


Abb. 17: LISFLOOD Simulationskonzept (<http://natural-hazards.aris.sai.jrc.it/floods/risks/>)

Für die Oder wurden in Testläufen drei historische Hochwasser simuliert: Sommer 1977, Sommer 1985, Sommer 1997.

LISFLOOD arbeitet eng mit den potenziellen Anwendern in Deutschland, Polen und Tschechien sowie der IKSO zusammen (regelmäßige Treffen). Experten aus den drei Oderanliegerstaaten wurden für Testläufe nach Ispra eingeladen und haben Hinweise zur nutzerorientierten Weiterentwicklung des Modells gegeben. Eine weitere Testphase ist für 2001 vorgesehen. Weiterhin wurde vereinbart, Szenarien zu rechnen, welche bereits von den Ländern vorgeschlagen und akzeptiert wurden. Das Modell steht für die Nutzung in den Oderanrainerstaaten zur Verfügung. Eine Zusammenarbeit wurde mit dem Projekt ODERREGIO (Kap. 7.2.1) vereinbart und implementiert. Eine Koordination mit dem FLODIS-ODER Projekt (Kap. 7.2.2) ist in Diskussion.

Seit Februar 2000 ist das SAI an einem EU-Drittmittelprojekt für ein „Europäisches Flutvorhersagesystem (EFFS)“ zusammen mit zahlreichen Partnern aus den Niederlanden, Dänemark, Deutschland, Italien, Großbritannien und Schweden beteiligt. Projektkoordinator ist Delft-Hydraulics in den Niederlanden (<http://effs.wldelft.nl>). Das EFFS Projekt will einen Prototypen für ein operationelles europäisches Hochwasservorhersagesystem mit einer Vorhersagedauer von 4 bis 10 Tagen entwickeln. Das System soll sowohl für große Flusseinzugsgebiete wie Rhein und Oder als auch für kleine, von Sturzfluten bedrohte Einzugsgebiete täglich Informationen über das Hochwasserrisiko liefern. Erste Probeläufe wurden für das Einzugsgebiet der Maas durchgeführt.

Projekt	Laufzeit	Förderer	Institutionen	Bemerkung
Europäisches Flutvorhersagesystem (EFFS)	seit Februar 2000	5. Rahmenprogramm der EU	<i>Koordinator:</i> Wl Delft-Hydraulics, Niederlande <i>Projektpartner:</i> JRC Ispra u. a. Institutionen aus Italien, Großbritannien, Dänemark, Schweden, Deutschland	Erstellung eines europäischen Flutvorhersagesystems für große und kleine Einzugsgebiete

7.1.2 ODRAFLOOD

Bei diesem Projekt handelt es sich um eine deutsch-polnische Kooperation, an der auf deutscher Seite die GKSS Geesthacht (Projektkoordinator), das DLR Köln sowie die BTU-Cottbus (mit der hier vorliegenden Studie) und auf polnischer Seite das IMGW Wrocław und das MRI Szczecin beteiligt sind. Die tschechische Seite ist über die Kontakte des IMGW Wrocław indirekt eingebunden. Ein Nutzerbeirat, in dem auch die IKSO vertreten sein soll, begleitet das Projekt.

Im Rahmen dieses Projektes werden bestehende und getestete Modelle zu einem gekoppelten Modellsystem zur Simulation von Hochwasser im Odereinzugsgebiet einschließlich der Warta zusammengeführt. Dieses Modellsystem ist ebenfalls für den *prä-operationellen Einsatz* gedacht, wird aber auch Szenarien und Module für den operationellen Einsatz in der Hochwasservorhersage liefern. Das Modellsystem ist modular aufgebaut (Abb. 18).

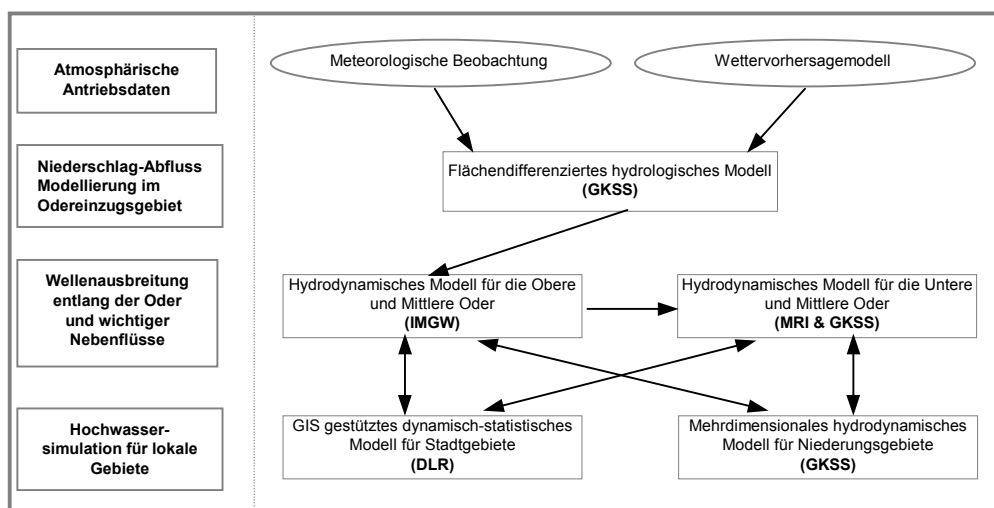


Abb. 18: ODRAFLOOD Modellsystem (GKSS & PARTNER, 1999)

An der Oberen und Mittleren Oder arbeiten GKSS und IMGW Wrocław zusammen. GKSS setzt das flächendifferenzierte hydrologische Modell SEROS ein. Es besteht aus dem mehrschichtigen Landoberflächenschema SEWAB, das wegen seiner Beschreibung der Energie- und Wasserbilanz direkt mit Wettervorhersagemodellen gekoppelt werden kann, und einem Routing-Schema für die Abflusskonzentration und die Wellenausbreitung im Fluss.

Mittels des Modells SEROS wurden bereits im Rahmen des BALTEX-Programmes (Baltic-Sea-Experiment) Simulationen für das gesamte Odereinzugsgebiet u. a. auch für das Hochwasser 1997 durchgeführt. Die Ergebnisse für den Pegel Gozdownice sind in Abb. 19 dargestellt. Eine Veränderung der Routingparameter liefert eine verbesserte Anpassung der simulierten Hochwasserwelle an die offensichtlich u. a. durch Deichbrüche in Polen deutlich abgeflachte Hochwasserwelle im Bereich der Grenzoder. Dies wurde ohne die Verwendung

eines hydrodynamisch fundierten Flusslaufmodells mit entsprechend veränderten Profildaten erreicht.

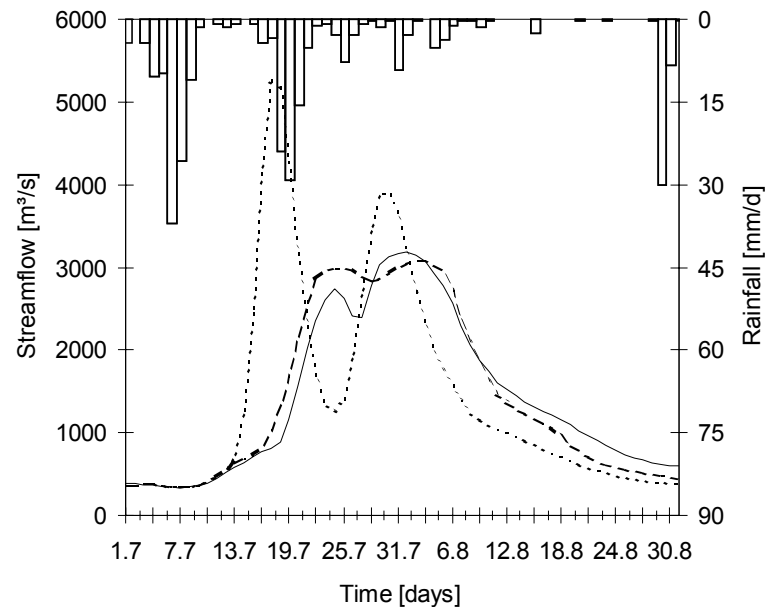


Abb. 19: Gegenüberstellung gemessener und mittels des Modelles SEROS simulierter Durchflussganglinien für den Oderpegel Gozdowice für das Hochwasser 1997 (durchgezogene Linie = gemessen; gepunktete Linie = simuliert mit Routingparameter aus der Kalibrierungsperiode 1992 - 1993; gestrichelte Linie = simuliert mit verbessertem Routingmodell, Parameter in Abhängigkeit des Durchflusses, zusätzlich lineare Speicher) (RUHE et al., 1999).

Dieses Niederschlag-Abfluss-Modell SEROS berechnet die Zuflüsse zu den Stauseen bzw. zu den Flussabschnitten der Oder und ihrer Nebenflüsse. Zu einem späteren Zeitpunkt wird entschieden, ob SEROS an das am IMGW Wrocław implementierte Modellsystem für die Oder gekoppelt oder das SEROS-eigene Routing-Modell verwendet wird. Gemeinsam mit dem IMGW Wrocław sollen verschiedene Szenarien gerechnet werden.

An der Unteren Oder wird das eindimensionale, hydrodynamische Modell des MRI Szczecin genutzt. Dieses wird das komplexe Flusssystem im Unterlauf und die Rückstauereffekte aus dem Stettiner Haff / Zalew Szczeciński abbilden. Das MRI will sein Modell räumlich von Gozdowice bis zur Mündung der Lausitzer Neiße/Nysa Łużycka/Lužická Nisa erweitern. Das an der GKSS betriebene hydrodynamische Modell TRIM wird an das MRI-Modell gekoppelt, um kleinräumige Landüberflutungsszenarien (z. B. durch Deichbruch) zu rechnen und die Wirkung auf die Hochwasserwelle stromabwärts und auch stromaufwärts zu simulieren. Weiterhin soll eine Schnittstelle zu dem am Rhein getesteten Stadtüberflutungsmodell ARCHE der DLR geschaffen werden. ARCHE wird im Projekt auf Frankfurt/Oder-Słubice und Wrocław angewendet. Szenarienrechnungen werden die Effektivität von Hochwasserschutzanlagen in diesen Städten analysieren. Zu einem späteren Zeitpunkt soll mit ARCHE auch das sozioökonomische Risiko abgeschätzt werden, sofern die Kommunen die hierfür notwendigen Daten zur Verfügung stellen.

Tab. 14: Gegenüberstellung der Projekte ODRAFLOOD und ODER-LISFLOOD

	ODRAFLOOD (GKSS und Partner)	ODER – LISFLOOD (EU–JRC) / Natural Hazards
(nicht genannte Modellbestandteile werden von beiden Modellsystemen im wesentlichen gleich behandelt)		
Allgemeine Information		
Laufzeit	2000-2002	1999-2002,
Einzugsgebiet	Oder bis Szczecin einschließlich Einzugsgebiet Warta	Oder bis Slubice (ohne Einzugsgebiet Warta)
Rastergröße	7x7 km (kann verschiedene Landnutzungstypen enthalten)	1x1 km (kann verschiedene Landnutzungstypen enthalten)
Zeitschritt	30 min	1 h
Kooperation mit Nutzern	über Nutzerbeirat, IMGW und MRI sind Projektpartner	wichtige Wasserbehörden aus CZ, PL, D
Nutzeroberfläche	soll entwickelt werden	über ArcView oder direkt
Beziehung zu IKSO	Informationsaustausch, geplant ist ein IKSO Vertreter im Nutzerbeirat	direkte Beteiligung durch EU Teilnahme an der IKSO
Datengrundlage		
Landnutzungsdaten	1992 CORINE	1992 CORINE, 1975, 1945 Luftbilder, historische Karten (1776 Schmettau, 1850 Militärkarten)
Bodendaten	FAO Bodenkarte 1:5.000.000; Polnische Bodenkarte 1:250.000 in Entwicklung	Europäische Bodendatenbank 1:1.000.000; im Maßstab 1:250.000 ab Februar 2001
Bodenparameter	Clapp / Hornberger Transferfunktion	HYPRES Transferfunktion
Modellierung		
Evapotranspiration	gekoppeltes Energie-Wasserbilanz-Modul	Penman-Monteith / Priestley / Taylor
Schneesmelze	GKSS Modell (Energiebilanz)	Tagesgrad Methode
Bodenfrost	Wärmebewegung	Tagesgrad Methode
Bodenschichten	6	2
Hydrodynamik	vollständige St.Venant Gleichung für die Oder ab Mündung der Lausitzer Neiße/Nysa Łużycka/Lužická Nisa; oberhalb und für die Nebenflüsse Diffusionswelle	kinematische und dynamische Welle
Speicher	einbezogen	einbezogen
Retentionsfläche	einbezogen	einbezogen
Überschwemmung	3D TRIM Modell einschließlich Effekte stromaufwärts	2D LISFLOOD-FP Modell
Überschwemmung urbaner Gebiete	ARCHE Modell (DLR), Testgebiete Frankfurt (Oder) und Wrocław	2D LISFLOOD-FP Modell
Szenarien	werden gerechnet, Ereignisse müssen noch abgestimmt werden	wurden entsprechend der Abstimmung im ODER-LISFLOOD Projekt gerechnet
Testperiode	1985 bis heute	1976/77, 1984/85, 1996/97

Quelle: Koordinationstreffen am 14.11.2000 in Ispra von SAI Ispra, GKSS Geesthacht und BTU Cottbus

In einem weiteren durch das BMBF geförderten Verbundprojekt im Bereich der Hochwassermodellierung an der Oder haben die Gesamthochschule Kassel, das Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK) und die GKSS die Modelle WaterGAP, ARC/EGMO und GESIMA/SEWAB/TOPMODEL im Einzugsgebiet der Oder bzw. im Teileinzugsgebiet der Oberen Oder vergleichend bewertet. Dabei wurden die für *unterschiedliche Skalenbereiche* entwickelten Modelle bezüglich ihres Skalenverhaltens und ihrer Aussagegenauigkeit zur Simulation der Abflussbildung und Wasserverfügbarkeit, sowie speziell der Hochwasserabflussbildung, untersucht. Das Projekt unter Leitung des PIK hat dabei eine Art Brückenfunktion, da es sowohl im Einzugsgebiet der Oberen Oder bis zum Pegel Chałupki (Vergleich GKSS – PIK, Hochwasserereignis 1997) als auch im Einzugsgebiet der Oder und Elbe (Vergleich PIK – Gesamthochschule Kassel, Wasserverfügbarkeit und Hochwasserhäufigkeit) eingesetzt wird.

Um die Heterogenität der komplexen Geländestruktur im Oberlauf der Oder zu berücksichtigen, wurde das Landoberflächenschema SEWAB um das Konzept des topographischen Index aus TOPMODEL erweitert. Dadurch konnte die Abflussbildung in dem gebirgigen Einzugsgebiet bei Extremereignissen genauso gut abgebildet werden, wie in der ursprünglichen SEWAB-Version, jedoch mit weitaus geringerem Kalibrierungsaufwand. In der zweiten Projektphase wurde SEWAB mit dem nicht-hydrostatischen Atmosphärenmodell GESIMA gekoppelt, so dass die Abflussbildung im Untersuchungsgebiet direkt aus Niederschlagsdaten berechnet wird, die zeitgleich im Atmosphärenmodell simuliert wurden.

Projekt	Laufzeit	Förderer	Institutionen	Bemerkung
Wasserverfügbarkeit/ Hochwassermodellierung	01.01.1999 – 31.12.2000	BMBF	Gesamthochschule Kassel; PIK (Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung); GKSS (Forschungszentrum Geesthacht)	Auswirkungen des Klimas auf Wasserverfügbarkeit und auf Hochwasserereignisse in Europa; Vergleich von WaterGap - ARC/EGMO – SEWAB/GESIMA in den Einzugsgebieten von Elbe und Oder

7.2 Weitere Projekte zum Hochwasserschutz

Zu den wichtigsten grenzüberschreitenden Projekten, die sich nicht direkt mit dem Thema Hochwassermodellierung beschäftigen, gehören die Projekte **ODERREGIO**, **Oder-Auen-Atlas**, **FLODIS-ODER** und **OSIRIS**, die den Bereichen vorsorgender Hochwasserschutz sowie Hochwasserinformationssysteme zuzuordnen sind.

7.2.1 Planungsgrundlagen zum vorsorgenden Hochwasserschutz

Planungen für einen vorsorgenden Hochwasserschutz benötigen – vor allem für internationale Flüsse wie die Oder – eine einheitliche Datengrundlage für das gesamte Einzugsgebiet. An der Oder sind der Oder-Auen-Atlas des WWF-Aueninstitutes und das europäisch finanzierte, trilaterale Projekt ODERREGIO die wichtigsten Arbeiten in diesem Bereich.

Sofort nach dem Hochwasser 1997 hat das WWF-Aueninstitut mit den Arbeiten zum **Oder-Auen-Atlas** begonnen. Ziel des in enger Kooperation mit polnischen und tschechischen Experten durchgeführten GIS-basierten Kartenwerks war eine Inventarisierung des Odertales unter ökologischen und naturschutzfachlichen Gesichtspunkten. Der Atlas ist als

grenzüberschreitend einheitliche Planungsgrundlage für einen ökologisch ausgerichteten Hochwasserschutz und eine nachhaltige Entwicklung des Odertales entwickelt worden. Bei der Diskussion um eine mögliche Ausweisung von Überflutungsflächen wird der Oder-Auen-Atlas (Maßstab 1:50.000), der Ende 2000 veröffentlicht und an alle Gemeinden, Planungsbehörden und Ministerien in Polen, Deutschland und Tschechien verteilt werden wird, eine wichtige Rolle spielen. Der Atlas wurde auf der Grundlage topographischer Karten im Maßstab 1:25.000 erstellt und umfasst den Bereich der morphologischen Aue der Oder. Neben grenzüberschreitend nach einem einheitlichen Schema ausgewiesenen Biotoptypen und Bioindikatoren enthält der Atlas Informationen über die wasserbauliche Infrastruktur (Deiche, Wehre, Staustufen), über Schutzgebiete, über bestehende und geplante Polder und über die Überflutungsflächen von 1997.

Seit Dezember 1999 werden im Projekt **ODERREGIO** für das gesamte Odereinzugsgebiet (bislang noch ohne Warta) im Rahmen des INTERREG II C Programmes Methoden und Handlungsschwerpunkte zur raumordnerischen Hochwasservorsorge erarbeitet. Diese werden in einer gebildeten projektbegleitenden Arbeitsgruppe transnational abgestimmt. Es wird eine einheitliche Planungsgrundlage für die Raumordnung und Landesplanung im Maßstab 1:750.000 erstellt. Durch den konzeptionellen Charakter werden Ergebnisse aus anderen Projekten und vorhandenen Planungen genutzt und aufeinander abgestimmt. Neben Poldern und anderen wasserbaulichen Maßnahmen werden unter Einbeziehung der Besiedlung und der Landnutzung Schwerpunktgebiete für den Hochwasserschutz und die Hochwasservorsorge dargestellt. Daraus sollen Handlungsempfehlungen abgeleitet werden. Als besonders gefährdete Bereiche (sogenannte "hot spots") wurden Ostrava, Kędzierszyn Koźle, Opole, Wrocław, Głogów, Słubice/Frankfurt (Oder), Schwedt und Szczecin sowie die Nebenflüsse Bóbr und Nysa Kłodzka identifiziert. Das Projekt wird im Auftrag der Gemeinsamen Landesplanungsabteilung Berlin/Brandenburg in enger Kooperation mit den für Raumplanung sowie Wasserwirtschaft zuständigen Verwaltungen in Deutschland (Brandenburg, Sachsen), Polen und der Tschechischen Republik vom Büro Infrastruktur & Umwelt Potsdam/Darmstadt, von Ruiz Rodriguez+Zeisler Wiesbaden und der Technischen Universität Darmstadt durchgeführt. Die derzeitige Phase des Projektes ODERREGIO wird im Juni 2001 abgeschlossen werden. Es soll in einer sich anschließenden Phase weitergeführt werden. Aufgaben sind u. a. die Einbeziehung der Warta, die weitere Konkretisierung der Maßnahmen und die Koordinierung von weiteren Aktivitäten.

Prä-operationelle Hochwasservorhersagesysteme wie LISFLOOD und ODRAFLOOD können dann dazu genutzt werden, die Auswirkungen von Planungen auf das Hochwassergeschehen als Szenarien zu modellieren. Vor allem die Modellierung von Veränderungen der wasserbaulichen Infrastruktur, von Flussregulierungen und von gesteuerten und ungesteuerten Polderüberflutungen sind für die Planungen an der Oder von besonderem Interesse. Sie stellen aber andererseits an die prä-operationellen Modelle höchste Anforderungen bezüglich z. B. der Widerspiegelung der damit verknüpften hydrodynamischen Prozesse.

7.2.2 Projekte zu Hochwasserinformationssystemen

Hochwasservorhersagen können nur dann sinnvoll genutzt werden, wenn sie in ein umfassendes Entscheidungs- und Warnsystem eingebunden sind. FLODIS-ODER und OSIRIS sind Projekte im Bereich solcher Hochwasserinformationssysteme.

Das von der WASY GmbH mit Partnern 1999 begonnene Projekt **FLODIS-ODER** wird primär aus Mitteln der Allianz Stiftung zum Schutz der Umwelt finanziert und von weiteren Einrichtungen / Unternehmen gefördert. Fördermittelempfänger ist der Gewässer- und

Deichverband Oderbruch, Seelow. Das Projekt will in Zusammenarbeit mit polnischen und tschechischen Partnern ein grenzüberschreitendes Informations- und Entscheidungshilfesystem für ein nachhaltiges Hochwassermanagement an der Oder aufbauen.

In einem länderübergreifenden, homogenen GIS-basierten Informationssystem sollen alle für Entscheidungen relevante Raum-Zeit-Daten des Odergebietes (GIS ODER) integriert werden. Darauf aufbauend wird ein Entscheidungshilfesystem für ein nachhaltiges Hochwassermanagement durch Implementierung intelligenter Analysetools im GIS ODER und Kopplungsmöglichkeit des Informationssystems mit anderen Modellen (z. B. Modell LISFLOOD des JRC) entwickelt. Als spezielle Modellentwicklungen sind ein Polderüberflutungsmodell und ein stochastisches Hochwasserplanungs- und Hochwasserbewirtschaftungsmodell vorgesehen. Der Aufbau des Informationssystems und die Applikation von Entscheidungshilfen erfolgen für ausgewählte Pilotgebiete (Obere Oder, Lausitzer Neiße/Nysa Łużycka/Lužická Nisa, Mittlere Oder, Ziltendorfer Niederung). Es werden Ergebnisse des Projektes "Diffuse Entries in Rivers of the Oder Basin" (Auftraggeber deutsches Umweltbundesamt, Ausführung IGB, ZALF u. a.) genutzt. Eine Zusammenarbeit mit einem geplanten Projekt zum Flussgebietsmanagement Oder deutet sich an.

OSIRIS (Operational Solutions for the Management of Inundation Risks in the Information Society) ist ein Projekt, das mit Hilfe moderner Informations- und Kommunikationstechnologie die Strukturen und Handlungen zum Hochwassermanagement in großen Flusseinzugsgebieten verbessern will. Hauptsächlich soll dabei ein Instrumentarium entwickelt werden, das es allen beteiligten Gruppen (Verwaltung, Katastrophenschutz, Bevölkerung) erlaubt, interaktiv an allen Phasen des Hochwassermanagements (Vorbereitung, Monitoring, Abwehr, post-Krisen Phase) teilzunehmen. Das Projekt wird im 5. Rahmenprogramm der EU finanziert und für die Loire und die Oder im Verbund von 12 Institutionen in Deutschland, Frankreich, Italien, Holland und Polen durchgeführt. Testgebiete im Odereinzugsgebiet sind Kłodzko und Frankfurt (Oder). Das Projekt soll in diesen Demonstrationsgebieten das Bewusstsein der Bevölkerung für Hochwasserrisiken erhöhen, die Effizienz des Hochwasserschutzes und die Qualität der Hochwasserinformation verbessern und die Hochwasserinformationen leichter und schneller verfügbar machen. Das Projekt wurde Anfang 2000 gestartet und soll bis Ende 2002 abgeschlossen sein.

Tab. 15 gibt einen zusammenfassenden Überblick zu den in den Kapiteln 7.2.1 und 7.2.2 vorgestellten Projekten.

Tab. 15: Internationale Projekte zum Hochwasserschutz im Odereinzugsgebiet im Bereich Planung und Informationssysteme

Planungsgrundlagen und Informationssysteme zum Thema Hochwasser				
Projekte	Laufzeit	Förderer	Institutionen	Bemerkung
Oder-Auen-Atlas	01.01.1998- 31.12.2000	Gerling Versicherung, WWF, u. a.	WWF-Aueninstitut Rastatt Niederschlesische Stiftung für nachhaltige Entwicklung Breslau u. a.	Einzugsgebiets- orientierte Daten- grundlage für naturschutz- fachliche Frage- stellungen, GIS- basiert
ODERREGIO	1999 – 2001	EU-Programm INTERREG II C	<i>Auftraggeber:</i> Gemeinsame Landesplanungsabteilung Berlin-Brandenburg <i>Beteiligt:</i> Planungsbehörden in Deutschland, Polen und Tschechien <i>Durchführung:</i> Büro Infrastruktur und Umwelt, Potsdam u. a.	Transnationale Konzeption zum vorbeugenden Hochwasserschutz im Einzugsgebiet der Oder
FLODIS-ODER	1999-2002	Allianz Stiftung zum Schutz der Umwelt; ESRI® Inc. USA COMPAQ® Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V. (DVWK)	<i>Fördermittelempfänger:</i> Gewässer- und Deichverband Oderbruch, Seelow <i>Durchführung:</i> WASY GmbH zusammen mit polnischen und tschechischen Partnern	Grenzüberschrei- tendes Informations- und Entscheidungs- hilfesystem für ein nachhaltiges Hochwasser- management an der Oder (Pilotprojekte)
OSIRIS	01.01.2000 – 31.12.2002	5. Rahmenpro- gramm der EU	<i>Koordinator:</i> SOGREAH (Grenoble/Frankreich) <i>Beteiligt:</i> Stadt Frankfurt/Oder, BTU Cottbus, IMGW Krakow u. a.	Einsatz der Infor- mations- und Kommunikations- technologie im Falle von Hochwasser

8 Zusammenfassung und Fazit

Funktionierende *Hochwasservorhersagesysteme* sind eine wichtige Voraussetzung für den Schutz der Bevölkerung vor Hochwassergefahren und unterliegen daher der besonderen **Verantwortung des Staates und der zuständigen Institutionen**. Anzustreben ist ein abgestimmtes, *integriertes System* aus Hochwasservorhersage, Hochwasserwarnung, Entscheidungsstützung, Information und Reaktion. Die Anforderungen, die an ein solches **Hochwasserfrühwarnsystem** gestellt werden, hängen neben den verfügbaren Ressourcen der finanzierenden Organisationen und dem Grad der Zusammenarbeit der beteiligten Behörden vor allem von den konkreten hydrologischen und hydrometeorologischen Gegebenheiten in den Einzugsgebieten und Flussläufen ab.

8.1 Zusammenfassung zum gegenwärtigen Entwicklungsstand der operationellen Hochwasservorhersage im Odereinzugsgebiet

Für das Einzugsgebiet der Oder existiert eine historisch gewachsene Vielfalt von verschiedenen Methoden und Modellen zur Hochwasservorhersage. Sie waren und sind darauf ausgerichtet, den unterschiedlichen Bedingungen von *Sommer- und Winterhochwassern* sowie den *unterschiedlichen Situationen der Teileinzugsgebiete* im Ober-, Mittel- und Unterlauf gerecht zu werden.

Im Bereich der **Oberen Oder in der Tschechischen Republik** haben Hochwasserwellen schon aufgrund der dortigen Topographie *sehr kurze Eintrittszeiten*. Das konzentrische Flussnetz erhöht die Gefahr einer *Überlagerung der Hochwasserwellen* aus den Teileinzugsgebieten. Besonders gefährliche Hochwassersituationen entstehen durch zyklonale *Starkniederschläge* im Sommer und bei *Niederschlägen* im Frühjahr, die mit einer *raschen Schneeschmelze zusammenfallen*. Lokal gefährliche Situationen entstehen bei *Sturzfluten*, ausgelöst durch konvektive Starkniederschläge vorwiegend im Sommerhalbjahr. Die zur Zeit noch bestehenden kurzen Vorwarnzeiten (z. B. nur 6 h für den Pegel Bohumín an der Polnisch-Tschechischen Grenze) erwiesen sich 1997 als problematisch für eine erfolgreichere Katastrophenabwehr (GRÜNEWALD, 2000).

In Tschechien wurden, insbesondere unter dem Eindruck des Sommerhochwassers des Jahres 1997, Vereinbarungen zwischen dem *staatlichen hydrometeorologischen Dienst ČHMÚ Ostrava* und der *Flussgebietsverwaltung Povodí Odry* über die *gemeinsame Nutzung* von Daten und Modellen getroffen und der Ausbau des Messnetzes vorangetrieben. Der ČHMÚ hat das von Povodí Odry entwickelte und eingesetzte *Niederschlag-Abfluss-Modell HYDROG* übernommen, welches auch Module zur *Steuerung der Talsperrensysteme* enthält. Es befindet sich jedoch erst für einige Teileinzugsgebiete im Testbetrieb. Derzeit ist ein *Schneeschmelzmodul* in Entwicklung. Eine *Kopplung mit dem numerischen Wettermodell ALADIN*, das in Prag betrieben wird, ist geplant. Zusammen mit den Daten des Polnischen Radarnetzes soll ein *gemeinsames Radarbild für die Gebirgsregion* erstellt werden.

Für die Obere Oder wäre somit unter diesen Gesichtspunkten eine deutliche Verbesserung der Hochwasservorhersage zu erwarten. Angestrebt wird eine *Verlängerung des Hochwasservorhersagezeitraumes* am Pegel Bohumín auf 48 h. Die zukünftige Entwicklung hängt stark von der Kooperation des ČHMÚ mit der Flussgebietsverwaltung (Povodí Odry) ab.

An der **Oberen und Mittleren Oder in Polen** haben die kurzen Hochwasseranstiegszeiten in den *Odernebenflüssen* und die Gefahr der *Überlagerung ihrer Hochwasserwellen* mit denen der Oder entscheidende Bedeutung für den Hochwasserverlauf. Ein Instrument zur Verhinderung solcher Überlagerungen ist die *gezielte Steuerung der Talsperren*, für die erste Module in die Hochwasservorhersagemodelle implementiert sind. Am Mittellauf der Oder *oberhalb Wrocław* existieren *Polder*, die zur Entlastung der Hochwassersituation beitragen können. Im Winterhalbjahr sind neben den Niederschlägen auch die *Schneesmelze* und eventuelle Gefahren durch *Eisstau und Eisversatz* zu berücksichtigen. Ein hohes *Schadenpotenzial* liegt im Bereich der *Städte*, vor allem in Opole, Wrocław und Ślubice-Frankfurt/Oder. Insbesondere im „Wasserknoten Wrocław“ liegen komplizierte Abflussverhältnisse vor. Überflutungen aus der Kanalisation sowie mögliche Deichbrüche stellen ein zusätzliches Gefahrenpotenzial dar.

Das *IMGW Wrocław* verfügte bereits vor dem Sommerhochwasser des Jahres 1997 über *mehrere Modellsysteme* zur Hochwasservorhersage für die Obere und Mittlere Oder. Diese bestehen aus *Niederschlag-Abfluss-Modellen* und *hydrodynamischen Modulen* sowie *Steuerungs-routinen für die Talsperren*. Das *Monitoringnetz* und die *Datenübertragung* sind noch *unzureichend*. Die dringend notwendige Modernisierung und Automatisierung des Messnetzes soll im Rahmen des *SMOK-Programms* über Mittel der Weltbank erfolgen. Die zukünftige Entwicklung wird davon abhängen, wie die geplante Modernisierung umgesetzt und die derzeitigen und in Weiterentwicklung befindlichen Modelle (u. a. MIKE 11, SOBEK) der verbesserten Datengrundlage angepasst werden. In diesem Jahr wurde die *Radarstation Pastewnik* neu in Betrieb genommen. Auch sie kann zur geplanten *Verbesserung der meteorologischen Vorhersage* durch den Einsatz numerischer Wettermodelle beitragen.

An der **Grenzoder** und der **Unteren Oder** sind die *Laufzeiten* von Hochwasserwellen aus dem oberen Einzugsgebiet genügend *groß*, um entsprechende Warnungen zu geben, Szenarien durchzurechnen, Entscheidungen vorzubereiten bzw. zu treffen und mit entsprechenden Maßnahmen zu reagieren. Von der Höhe und dem zeitlichen Auftreten der Hochwasserwelle der **Warta** hängt es ab, ob der Scheitel der Oderhochwasserwelle erhöht bzw. deren Dauer verlängert wird, oder ob Oderwasser in die Wartamündung eindringt. Letztere wirkt als Retentionsraum und trägt meist zur Entspannung der Situation bei. Bei starkem, langandauerndem Wind aus nördlichen Richtungen erhöht der *Rückstau vom Stettiner Haff / Zalew-Szczeciński* die Wasserstände in der Oder. Kritische Größen sind neben den Wasserständen die *erhöhten Fließgeschwindigkeiten* an Engstellen (z. B. Hohenwutzen), wo bei Hochwasser der Druck auf die Deiche besonders hoch ist. Kritisch ist auch die *Dauer* des Hochwassers, da das Durchweichen der Deiche die Deichbruchgefahr erhöht. *Erosionserscheinungen* können die Stabilität der Deiche und Bauwerke zusätzlich gefährden. Dieser Oderabschnitt ist weiterhin gekennzeichnet durch die Topographie der Niederungsgebiete und durch vielfältige wasserbauliche Eingriffe. Es existiert ein komplexes Netzwerk aus *Poldern, Wehren und Verbindungskanälen*, insbesondere unterhalb des Wehres Widuchowa. Eindeichungen ermöglichten zwar die *Besiedlung großer natürlicher Retentionsräume* (z. B. Oderbruch, Ziltendorfer Niederung), erhöhten aber das *Schadenpotenzial*. Dieses ist auch in der Doppelstadt *Frankfurt/Oder-Ślubice* hoch, so dass sie einen besonders kritischen Punkt bei der Katastrophenabwehr darstellt.

Für die **Untere Oder** existiert derzeit noch kein *problemadäquates Hochwasservorhersagesystem*. Das hydrodynamische Modell und das Messnetz des *MRI Szczecin* könnten hierfür genutzt werden (s. Kap. 6.3.2).

Vom *IMGW Poznań* - zuständig für Warta und die Grenzoder/Untere Oder - werden für einige Pegel der Warta sowie für den Pegel Gozdownice (Oder) Vorhersagen erstellt. Geplant ist die schrittweise Entwicklung eines hydrodynamischen Modells für die Warta. Die Vorhersage für den Pegel Ślubice wird derzeit am IMGW Wrocław erstellt. Unbefriedigend ist die noch fehlende Modernisierung des Niederschlags- (Warta) und Pegelmessnetzes auf polnischem Gebiet.

Vom *LUA Brandenburg, Außenstelle Frankfurt/Oder* erfolgt die Vorhersage für die **Grenzoder** zur Zeit noch über *Pegelbeziehungen*. Die *BfG* entwickelt im Auftrag des LUA Brandenburg ein *hydrodynamisches Hochwasservorhersagemodell* für die *Grenzoder*, welches aber erst 2002 fertiggestellt sein soll (STEINEBACH, 2000). Das deutsche *Pegelmessnetz* ist *automatisiert* und mit *Datenfernübertragung* ausgestattet. Die Güte der Ergebnisse des geplanten BfG-Modells wird entscheidend von den für die Modellierung benötigten Eingangsdaten aus Polen abhängen.

Spezielle Anforderungen an die Hochwasservorhersage stellt die *Eisbildung* und der *Eisversatz* an der Unteren Oder. Die *Vorhersage von Eishochwassern* ist äußerst kompliziert. Während die Prozesse der Eisbildung noch relativ gut modelliert werden können, bestehen große Schwierigkeiten bei der Modellierung von Eisstand oder Eisversetzungen. Bei den Planungen des *gemeinsamen deutsch-polnischen Eisbrechereinsatzes* ist die Kenntnis der Temperatur- und Niederschlagsbedingungen im Oberlauf sowie des Wassergehaltes der vorhandenen Schneedecken erforderlich, damit der Eisauflauf von der Ostsee her rechtzeitig begonnen werden kann, um die gefahrlose Eisabfuhr zu gewährleisten.

An der **Lausitzer Neiße** ist die Situation besonders differenziert, da nicht nur Tschechien und Polen sondern auch die beiden Bundesländer Sachsen und Brandenburg eigene Messnetze und Hochwasservorhersagen betreiben.

Das bereits existierende länderübergreifende Hochwasservorhersagesystem basiert auf einem Netz von Datenaustauschwegen (s. Abb. 10, Kap. 6). Die Güte der Prognosen der jeweiligen Unterlieger hängt entscheidend von den übermittelten Daten und Prognosen der Oberlieger und der bestehenden Vertrauensbasis ab. Eine gute, institutsübergreifende und zwischenstaatliche *Zusammenarbeit*, gefördert durch das Wirken der *IKSO*, kann hier mit Sicherheit zur Weiterentwicklung und Verbesserung beitragen.

8.2 Ansätze zur Verbesserung der operationellen Hochwasservorhersage im Odereinzugsgebiet

Von der Arbeitsgruppe 4 der IKSO ist jüngst eine „*Gemeinsame Strategie und Grundsätze für das Aktionsprogramm Hochwasserschutz im Einzugsgebiet der Oder*“ erarbeitet worden. Darin empfiehlt die IKSO ihren Mitgliedsstaaten, für das gesamte Einzugsgebiet ein modernes Hochwassermeldesystem aufzubauen, damit frühzeitige und genaue Hochwasservorhersagen die Schadensvorbeugung und Verhaltensvorsorge ermöglichen (IKSO, 2000). Es werden folgende Aufgaben als vordringlich erachtet:

1. **Messnetz:** Modernisierung des Meldepegel- und Niederschlagsmessnetzes und dessen Ausrüstung mit Datenfernübertragungstechnik
2. **Datenerhebung und Datenübertragung:** technische Aufrüstung des Hochwassermeldesystems zur Gewährleistung der Arbeit der Hochwasserzentren und des Melde- und Niederschlagsmessnetzes, auch bei Ausfall von Strom und Nachrichtenverbindungen (Telefon, Funk, Fernschreiber, Fax)
3. **Hochwasserwarnsystem:** Einrichtung bzw. Modernisierung der Fernmelde- und Mediensysteme zur Information der Öffentlichkeit und zur Katastrophenwarnung
4. **Grenzüberschreitender Datenaustausch:** Ermöglichung regionaler, überregionaler und grenzüberschreitender Meldewege für Hochwasserberichterstattungen
5. **Hochwasservorhersagemodelle:** Entwicklung von Abfluss- und Wasserstandsvorhersagemodellen und von Niederschlagsprognosemodellen in den Hochwasserentstehungsgebieten für die Oder und deren wichtigste Nebenflüsse.
6. **Reaktion:** Aufstellung von Hochwasserabwehrplänen auf lokaler Ebene (verändert nach IKSO, 2000).

Mit dieser Strategie werden die wichtigen Punkte für die Verbesserung des Hochwasservorhersage- und Hochwassermeldesystems im Odereinzugsgebiet angesprochen. Es liegt jetzt in der Verantwortung der einzelnen Mitgliedsländer, diese Empfehlungen umzusetzen.

Gemäß den Kapiteln 4, 5 und 6 dieser Studie müsste jedoch das **Bündeln** der einzelnen *Komponenten in einem integrierten* modernen **Hochwasserfrühwarnsystem** stärker betont werden. Gefordert werden müsste z. B. nicht nur die Modernisierung des Meldewesens zur Information der Öffentlichkeit und die Verbesserung der Hochwasservorhersagemodelle, sondern vor allem auch deren abgestimmte Entwicklung. Vielzahl, Vielfalt und Qualität der im Kapitel 7 dargestellten wissenschaftlich-technischen Projekte dürften die besten Voraussetzungen liefern, solch ein modernes Instrument des Schutzes der Bevölkerung vor Hochwassergefahren im Einzugsgebiet der Oder schrittweise zu entwickeln.

8.2.1 Datengewinnung und -bereitstellung

Eine **dringliche Aufgabe** für das Odereinzugsgebiet ist die weitere **Modernisierung** und **Automatisierung der Messsysteme** und der Datenübertragung, vor allem in Polen. Für die Modellierung sind kontinuierlich in Echtzeit erhobene Daten erforderlich, deren *Übertragung* auch im Hochwasserfall *gesichert* sein muss. Insbesondere für den Oberlauf der Oder und für die im Gebirge entspringenden Nebenflüsse ist die verstärkte Kopplung der Hochwasservorhersage an numerische meteorologische *Niederschlagsvorhersagen* erforderlich, um eine Vergrößerung des Vorhersagezeitraumes zu erzielen. Dies setzt eine

räumliche Erfassung des Niederschlages mittels eines dichten Messnetzes und die Nutzung von *Satelliten-* und *Wetterradar*daten sowie *quantitativer Niederschlagsvorhersagen* voraus (KUNDZEWICZ et al., 1999). Wie in Kap. 6 dargestellt, sind hierfür bereits vielfältige Aktivitäten angelaufen.

8.2.2 Modellaufbau und -bestandteile

Der IKSO-Forderung nach der Entwicklung von Abfluss- und Wasserstandsvorhersagemodellen wurden und werden alle Oderanrainerstaaten – zum Teil in Zusammenarbeit mit Forschungsinstituten und in internationaler Kooperation (siehe Kap. 7) – gerecht.

Vom Ober- zum Unterlauf verändern sich die topographische, klimatische und hydrologische Situation des Einzugsgebietes sowie die örtlichen Gegebenheiten, wie Siedlungsgröße, hydrotechnische Bauwerke, Schadenpotenziale usw. Daher gilt auch für die Oder, dass es **kein universelles hydrologisches Modell** gibt, das in allen Situationen und in jedem Bereich des Einzugsgebietes operationell einsetzbar ist (SAMUELS, 1998).

Für große Flusseinzugsgebiete wie die Oder ist ein **modularer Aufbau** sinnvoll. Wichtige Module sind beispielsweise *Niederschlag-Abfluss*-Modelle, insbesondere in den Oberläufen, Modelle zur Simulation der Überflutung von *Poldergebieten* sowie von *Deichbrüchen* und Modelle zur *Steuerung von Talsperren und Rückhaltebecken* im Hochwasserfall. Für größere Städte (z. B. Wrocław und Frankfurt/Słubice) müssen die besonderen Gegebenheiten z. B. des *Kanalnetzes* und der *Umfluter* berücksichtigt werden. Im Unterlauf der Oder sind die besonderen Bedingungen der Niederungsgebiete, insbesondere des Oderbruchs, sowie die Einflüsse des *Rückstaus* vom Stettiner Haff entscheidend. Hier ist der Einsatz mehrdimensionaler *hydrodynamischer* Modelle vorteilhaft. Als Sondersituation ist *Eishochwasser* zu beachten.

Bei so einem modularen Aufbau ist die *Kopplung* der unterschiedlichen Modellkomponenten oder -systeme von entscheidender Bedeutung. Die *Schnittstellen* müssen eindeutig definiert und der Datenfluss zwischen den verschiedenen Modulen muss gewährleistet sein. Sich überdeckende Modellsysteme, wie z. B. an der Grenzoder, müssen zueinander *konsistent* sein (GALLOWAY JR., 2000).

Die *Einzelmodelle* sollten bezüglich Datenverfügbarkeit und Schnittstellen auch *flexibel* und *robust* sein, um bei Ausfall einzelner Stationen oder Elemente trotzdem noch funktionstüchtig arbeiten zu können.

Generell kann festgestellt werden, dass die meisten der im Odereinzugsgebiet vorhandenen Hochwasservorhersagemodelle in ihrer Struktur und in ihrem Anwendungsbezug gut entwickelt sind. Die Entwicklung vollkommen neuer Modelltypen erscheint daher nicht zwingend notwendig. Viel bedeutender ist die **Kalibrierung** und **Parametrisierung** der gewählten Modelle und Module für das jeweilige Gebiet bzw. die jeweiligen Flussabschnitte. Zweifellos ist der Einsatz von Modellen, die sich in anderen Flussgebieten bewährt haben, zu prüfen. Bei der Übertragung solcher Modelle ist eine umfangreiche Testung und Parametrisierung durch den *Betreiber* durchzuführen. Am IMGW Wrocław werden z. B. die Modellsysteme MIKE 11 und SOBEK getestet und parametrisiert. Erst danach entscheidet sich endgültig ihr zukünftiger Einsatzbereich und Nutzen.

Die *Verwendung mehrerer Modelle* für einen Bereich bzw. Abschnitt hat den Vorteil, dass zweifellos immer wieder auftretende Modellfehler besser erkannt sowie die *Fehlerbandbreiten* der Modellaussagen besser quantifiziert werden können.

8.2.3 Einbeziehung der Modellbetreiber und Nutzer der Modellierungsergebnisse

Sowohl bei der Übernahme anderer Entwicklungen als auch bei der Verbesserung eigener operativer Hochwasservorhersagemodelle müssen die Interessen und Bedürfnisse der zukünftigen **Betreiber und** auch der **Nutzer** der Modellierungsergebnisse berücksichtigt werden. Je stärker die Betreiber und Nutzer in ein Projekt eingebunden sind, desto eher kann es ihren *Bedürfnissen gerecht* und desto stärker können aber auch deren *Erfahrungen integriert* werden.

Direkte Anwender im Einzugsgebiet der Oder sind in Tschechien der ČHMÚ Ostrava und Povodí Odry, in Polen das IMGW Wrocław und das IMGW Poznań (Warta, Grenzoder), in Deutschland die Außenstellen des LUA Brandenburg in Frankfurt/Oder und Cottbus sowie das LfUG Dresden und das StUFA Bautzen. Als verantwortliche Institutionen für die Hochwasservorhersage und Hochwasserwarnung stehen sie in der Pflicht, im Hochwasserfall entsprechende Informationen und Prognosen bereit zu stellen.

Neben den direkt an der Vorhersage beteiligten Institutionen sind vor allem auch die **Nutzer** (Katastrophenschutz, Planungsbehörden, Versicherungen, Industrien mit hohem Risikopotential usw.) zu berücksichtigen. Diese treffen aufbauend auf den Vorhersageergebnissen *Entscheidungen und leiten Maßnahmen ein*. Sie müssen daher bereits in die Konzeption von Hochwasserfrühwarnsystemen einbezogen werden, damit eine effektive Umsetzung in die Praxis gewährleistet ist.

Die zuständigen Stellen für Katastrophenschutz sind – wie in Kapitel 3 dargestellt – in Tschechien die Hochwasserschutzkomitees auf Distriktebene, in Polen die Ämter für Krisenmanagement und die Hochwasserschutzkomitees vor allem auf Wojewodschaftsebene sowie in Deutschland die Gebietskörperschaften in den Landkreisen und kreisfreien Städten. Weitere Nutzer sind die direkt an der Hochwasserabwehr beteiligten Kräfte von Feuerwehr, Rettungsdiensten, Streitkräfte usw. Innerhalb dieser Strukturen werden im Hochwasserfall Entscheidungen getroffen und Maßnahmen umgesetzt. Ihnen müssen zuverlässige, den Gegebenheiten angepasste Informationen über die Hochwassersituation und den Hochwasserlauf zur Verfügung gestellt werden. Insbesondere die zuständigen Stellen für die Hochwasserabwehr und den Katastrophenschutz benötigen bessere Informationen über die *Möglichkeiten* und die *Zuverlässigkeit der eingesetzten Hochwasservorhersagemodelle*. Immer wieder weisen Nutzer daraufhin (z. B. Abstimmungstreffen am 23.11.2000 im Amt für Brand-, Katastrophenschutz und Rettungswesen / Stadtverwaltung Frankfurt / Oder), dass während des Hochwassers 1997 das Informationsdefizit in diesem Bereich zu erheblichen Missverständnissen und Problemen geführt hat. Für die Verantwortlichen für Hochwasserabwehr und Katastrophenschutz sollten daher z. B. *Informationsveranstaltungen* über den Stand der Hochwasservorhersage und der Hochwassermeldesysteme angeboten werden.

Die **Entscheidungsträger** interessieren sich darüber hinaus vermehrt für die Entwicklung von Systemen zur *Entscheidungsunterstützung*. Diese stellen im Hochwasserfall mehrere alternative Lösungen meist in graphischer Form auf der Basis geographischer Informationssysteme mit digitalen Höhenmodellen dar (TODINI, 1992). Es ist heute nicht mehr ausreichend, Nutzern und Entscheidungsträgern stapelweise Modellergebnisse vorzulegen und von vornherein nur eine bestimmte Variante zu favorisieren. Stattdessen müssen die Informationen den *Bedürfnissen der Nutzer entsprechend aufbereitet* und für diese nachvollziehbar dargestellt werden (COUNSELL et al., 2000).

So will z. B. das Projekt *FLODIS-ODER* in Zusammenarbeit mit polnischen und tschechischen Partnern ein grenzüberschreitendes Informations- und Entscheidungshilfesystem für ein nachhaltiges Hochwassermanagement an der Oder aufbauen und Kopplungs-

möglichkeiten des Informationssystems mit anderen Modellen (z. B. Modell LISFLOOD des JRC) entwickeln. Ein operationeller Einsatz ist aber gegenwärtig nicht vorgesehen.

Geeignete *Schnittstellen* und *Wege* für eine breite **Information der Öffentlichkeit** müssen entwickelt werden. Denn letztendlich sind auch die direkt betroffenen Bürger, Betriebe und Gemeinden als Nutzer anzusehen, die Hochwasserwarnungen und Anweisungen der Behörden erhalten und *verstehen müssen*, um *eigenverantwortlich reagieren* zu können. „Diese Bürger- und Betroffenenbeteiligung ist aus dem Grund sehr wichtig, weil sie die Verantwortlichkeit für die individuelle Problembewältigung stärkt und der Haltung entgegenwirkt, externe, staatliche oder andere gesellschaftliche Kräfte seien a priori für Problemlösungen zuständig“ (GRÜNEWALD et al., 1998, S. 122).

So sollen z. B. innerhalb des Projektes *OSIRIS* Instrumentarien für Pilotgebiete u. a. auch im Odereinzugsgebiet entwickelt werden, die es allen beteiligten Gruppen (Verwaltung, Katastrophenschutz, Bevölkerung) erlauben, interaktiv an den Phasen des Hochwassermanagements (Vorbereitung, Monitoring, Abwehr, post-Krisen-Phase) teilzunehmen.

Im *gesamten Odereinzugsgebiet* bestehen *noch große Defizite* hinsichtlich der *Verknüpfung* von *Hochwasservorhersagesystemen* mit *Entscheidungsfindungs- und Informationssystemen*. Das Oderhochwasser 1997 hat gezeigt, wie wichtig es ist, nicht nur rechtzeitig über die Gefahr eines bevorstehenden Hochwassers informiert zu werden, sondern darauf aufbauend auch Entscheidungen zu treffen und Maßnahmen umzusetzen. Obwohl Hochwasserschutz nicht unmittelbarer Gegenstand der EU-Wasserrahmenrichtlinie ist, muss die darin geforderte verstärkte Beteiligung der Öffentlichkeit gerade auch den Hochwasserschutz betreffen. Denn nur zusammen mit den beteiligten Nutzern und der Öffentlichkeit kann die Hochwasservorhersage als Teil des Hochwasserfrühwarnsystems einen effektiven Schutz der Bevölkerung vor der Hochwassergefahr ermöglichen.

8.2.4 Nutzung prä-operationeller Modelle

Hochwasser sind das zufallsbehaftete Ergebnis der Überlagerung einer großen Anzahl von Kombinationen verschiedenartiger meteorologischer Ereignisse und hydrologischer Gebietszustände (GRÜNEWALD, 1995). Die Vielfalt der (zufälligen) Verknüpfungsbeziehungen – z. B. das Fehlen nur einer begünstigenden oder mindernden Situation oder Voraussetzung – kann über das Auftreten des Ereignisses „Extremhochwasser“, „Normalhochwasser“ oder „Nichthochwasser“ entscheiden. Um solche *verschiedenen Situationen erfassen und durchspielen* zu können, aus denen sich dann auch spezielle Anforderungen an die einzuleitenden Vorsorgemaßnahmen ergeben, ist der Einsatz von prä-operationellen Hochwassersimulationsmodellen sinnvoll. Sie dienen der *Analyse* verschiedener *Planungen* von Einzugsgebietsveränderungen bzw. Wasserbauten, wie z. B. Bau von Rückhaltebecken, Ausweisung von Überflutungsflächen, Einsatz bei Umweltverträglichkeitsprüfungen, Optimierung der Steuerungsstrategien von Speichern. Mit Deichbruch- und Stadtüberflutungsszenarien lassen sich *Schadensrisiken ermitteln*. Spezielle Aspekte, wie z. B. Erosionserscheinungen, können ebenfalls untersucht werden.

Für ein Hochwassersimulationsmodell gilt, dass eine Anpassung des Modells an veränderte Systembedingungen und Datengrundlagen permanent möglich sein muss (BERGER, 1991). So sind im Odereinzugsgebiet in den nächsten Jahren zahlreiche Maßnahmen, z. B. der Bau von Speichern, Staustufen, die Ausweisung von Bauland usw. zu erwarten, die sich auf das Hochwasserregime und das Schadenpotenzial auswirken werden. Sowohl *ODER-LISFLOOD*

(JRC-SAI Ispra) als auch *ODRAFLOOD* (GKSS und Partner) sind als einzugsgebietsbezogene Modelle für einen solchen prä-operationellen Einsatz konzipiert.

Mit prä-operationellen Systemen werden vergangene Hochwasser hinsichtlich der Verbesserung des Hochwasservorhersage- und Hochwasserwarnsystems analysiert. Durch die Analyse der verschiedenen Hochwasserabläufe und -entstehungsursachen kann auch aufgezeigt werden, wo entsprechende moderne Hochwasserfrühwarnsysteme in ihrer Konzipierung und Umsetzung ansetzen müssen. Dadurch können gefährbringende Ereignisse und sensible Situationen identifiziert und für die Weiterentwicklung des operationellen Hochwasserwarnsystems ausgewertet werden (GRÜNEWALD & SCHÜMBERG, 2000). An prä-operationelle Modelle müssen außerordentlich hohe Anforderungen gestellt werden, da sie letztlich zur politischen Entscheidungsfindung beitragen sollen.

Unter den Aspekten *Transparenz*, *Robustheit*, *Messnetz* und *Rechenzeit* erscheint es aber nicht sinnvoll, prä-operationelle Modelle direkt zur operationellen Hochwasservorhersage einzusetzen. Vielmehr ist aus dem zur Systemanalyse entwickelten detaillierten Analysemodell durch Vereinfachungen ein operationell anwendbares Vorhersagemodell abzuleiten (MORGENSCHWEIS et al., 1996). Bei der Übertragung von Modulen prä-operationeller Systeme in den operationellen Einsatz sind vor allem die dafür im Hochwasserfall notwendigen Datengrundlagen kritisch zu prüfen.

Letztlich gilt auch hier, dass es kein „bestes“ Modell für alle möglichen Fragestellungen gibt, und dass mehrere Modelle zur Erstellung von Szenarien einzusetzen sind, um so eine gewisse Bandbreite auch hinsichtlich der Modellunschärfen und Entscheidungsspielräume zu bekommen (CUNGE, 1992).

8.2.5 Grenzüberschreitende Zusammenarbeit

Die drei Anrainerstaaten, aber auch die einzelnen Hochwasservorhersagezentralen, verfügen über unterschiedliche Strukturen und Hochwasservorhersagesysteme. Gegenwärtig sind die einzelnen Länder bestrebt, ihre operationelle *Hochwasservorhersage* von den anderen Anrainerstaaten *unabhängig* betreiben zu können. Dieses zeigt sich besonders deutlich am Beispiel der Lausitzer Neiße, wo nicht nur die einzelnen Staaten sondern auch die Bundesländer eigene Messnetze und Modellsysteme unterhalten bzw. planen.

Daher ist nüchtern einzuschätzen, dass die gegenwärtigen Strukturen noch eine ganze Weile bestehen bleiben werden und innerhalb der administrativen Grenzen mit den eigenen gewählten und entwickelten Modellsystemen gearbeitet wird. Für eine effektive grenzüberschreitende Zusammenarbeit wird es daher kurzfristig *nicht möglich* sein, **ein Modellsystem** für die gesamte Oder zu entwickeln. Es müssen jedoch unbedingt für die unterschiedlichen Systeme und Modelle *Schnittstellen* geschaffen werden.

Bei der Planung der grenzüberschreitenden Zusammenarbeit müssen zweifellos die verschiedenen Interessen und Voraussetzungen in den einzelnen Ländern berücksichtigt werden:

Die Tschechische Republik ist als Oberlieger relativ unabhängig. Die Hochwassereintrittszeiten sind extrem kurz, das Schadenpotenzial hoch und ein komplexes Talsperrensystem ist zu steuern. Polen besitzt den größten Anteil am Einzugsgebiet und gleichzeitig das höchste kumulative Schadenpotenzial. Aufgrund der kurzen Reaktionszeiten des Oberlaufes ist Polen auf die Daten und Informationen, die von Tschechien geliefert werden, angewiesen. Dies gilt insbesondere für die Steuerung der Talsperren. Deutschland, als Unterlieger sowohl von Polen als auch von Tschechien, ist auf Daten aus Polen und Tschechien angewiesen, besitzt aber den Vorteil langer Vorwarnzeiten. Ein wichtiges gemeinsames Interesse mit Polen besteht in der Eisbekämpfung an der Unteren und Grenzoder.

Für eine grenzüberschreitende Hochwasservorhersage ist es ungünstig, dass meteorologische Datenerfassung und Vorhersagen, wie z. B. von SNOW-D, oder die Gebietsniederschlagsermittlung häufig *nur bis zur jeweiligen Landesgrenze* erfolgen. Positiv ist die Zusammenarbeit zwischen Polen und Tschechien bei der Bereitstellung eines *gemeinsamen Wetterradares* für die Gebirgsregion zu bewerten.

Einer der wichtigsten Faktoren für grenzüberschreitende operative Hochwasservorhersagesysteme ist die Organisation des *Datenflusses und Datenaustausches*. Gemeinsame Datengrundlagen und *Standards* müssen hierfür entwickelt werden. Grundsätzlich ist der internationale Datentransfer aufgrund der vielen Zwischenstationen anfälliger für Störungen. Der Datenaustausch sollte daher *automatisiert*, die *Formate kompatibel* (z. B. Zeitschritte) und die Datengrundlage *verlässlich* sein. Durch *Sprachmodule* oder vorher definierte Begriffslisten können *Übersetzungsprobleme vermindert* werden. Regelmäßig müssen Aktualisierungen (Testläufe) zur Überprüfung des Systems durchgeführt werden.

Um die Datensicherheit und Datennutzung zu gewährleisten, müssen *zwischenstaatliche Vereinbarungen* getroffen werden. Eine Expertengruppe der IKSÖ ist z. B. damit beauftragt, die entsprechenden Anforderungen für grenzüberschreitende Geoinformationssysteme zu formulieren. Im Sinne eines *transparenten Systems* sollten zumindest die Informationen über die in den einzelnen Stellen vorhandenen Daten über einen Metadatenserver *öffentlich* zur Verfügung gestellt werden.

Entscheidend ist die *Zuverlässigkeit* und das *Vertrauen* in die Daten des jeweils anderen Landes. Das extreme Ausmaß des Hochwassers 1997 führte in Polen dazu, dass einige Pegelmessstellen vollständig zerstört bzw. erheblich beschädigt wurden. Das IMGW Wrocław fiel als Meldezentrum teilweise aus, da es im Überschwemmungsbereich der Oder liegt. Dennoch war es bemüht, seine bilateralen Verpflichtungen zu erfüllen. Die Aufgaben wurden vorübergehend vom IMGW Poznań übernommen. Nach dem Hochwasser 1997 wurde deutlich, dass auf deutscher Seite die Katastrophenabwehr wesentlich früher und effektiver hätte organisiert werden können, wenn die Hochwasserzentralen den Angaben aus Polen mehr Glauben geschenkt und entsprechend reagiert hätten.

Die *Politik* steht *in der Verantwortung* zu entscheiden, welche Bereiche entwickelt und verbessert werden sollen, welche Daten zur Verfügung gestellt werden, wieviel Ressourcen z. B. in die Entwicklung von integrierten Hochwasserfrühwarnsystemen investiert werden. Das setzt aber mehr Transparenz zwischen den potenziell beteiligten Behörden und Institutionen sowie ein eindeutiges Bekenntnis zu solchen modernen Instrumentarien voraus. Entscheidend dürfte jetzt sein, dass nicht nur einzelne Komponenten in den einzelnen Ländern, sondern das Gesamtsystem verbessert wird, d. h. auch über den eigenen administrativen Zuständigkeitsbereich hinaus geblickt wird.

8.2.6 Koordination laufender und geplanter Aktivitäten

Bei der „Flut von Projekten“, die zum Thema Hochwasser an der Oder nach der „Sommerflut 1997“ durchgeführt wurden und werden, erscheint es sinnvoll und notwendig, mögliche Schnittstellen und Verknüpfungen zwischen den einzelnen Projekten und Modellen stärker herauszuarbeiten. Dadurch könnten *Redundanzen minimiert* und *Synergieeffekte erzielt* werden.

Zweifellos kommt dabei im Odereinzugsgebiet der Internationalen Kommission zum Schutz der Oder (IKSO) die koordinierende und vernetzende Schlüsselrolle zu. In der IKSO sind mit Tschechien, Polen und Deutschland alle drei Anliegerstaaten der Oder sowie auch die Europäische Union vertreten. Im Gegensatz zu den Grenzgewässerkommissionen, in denen

bilaterale Verhandlungen stattfinden, umfasst die IKSO das ganze Einzugsgebiet. In Zukunft wird das *Sekretariat der IKSO in Wrocław*, das leider erst 2000 seine Arbeit voll aufgenommen hat, sicherlich eine wichtige Rolle als *Informations- und Kontaktstelle* für das Odereinzugsgebiet spielen. Dazu sollte auch das *Internet* als öffentlich zugängliches Medium von der IKSO genutzt werden.

Nach den Erfahrungen von 1997 wurde in der IKSO der bis dahin fehlende Aufgabenbereich Hochwasserschutz in einer eigenen *Arbeitsgruppe Hochwasser* aufgegriffen. In dieser Arbeitsgruppe wird jetzt regelmäßig über die wichtigen grenzüberschreitende Projekte zum Hochwasserschutz an der Oder berichtet. Zur Zeit erarbeitet eine eigene Expertengruppe einen Bericht über den derzeitigen Stand des Hochwassermeldewesens im Odereinzugsgebiet sowie Empfehlungen zur Verbesserung des Systems. Diese Arbeiten werden voraussichtlich Mitte des Jahres 2001 veröffentlicht.

Am einfachsten und am wenigsten aufwendig ist zunächst ein *Erfahrungsaustausch*. So trafen sich auf Einladung der deutsch-polnischen Grenzgewässerkommission am 11. Juli 2000 in Berlin Experten aus Polen, Tschechien und Deutschland, um über die in den jeweiligen Oderanrainerstaaten existierenden Hochwasservorhersagemodelle zu berichten. Weitere solche Treffen, bei denen andere Projekte vorgestellt sowie Informationen über erzielte Ergebnisse ausgetauscht werden können, sollten folgen.

Wichtige Voraussetzung vor allem bei den gegenwärtigen und zukünftigen grenzüberschreitenden Projekten ist es, dass die „*richtigen*“ *Partner zusammenarbeiten*. Bereits in der Antragsphase müssen die institutionellen *Strukturen* im jeweils anderen Land adäquat berücksichtigt werden. So sind z. B. im prä-operationell ausgerichteten ODRAFLOOD-Projekt die entscheidenden polnischen Institutionen – die letztlich für 89 % des Einzugsgebietes der Oder zuständig sind – als direkte Partner eingebunden, während im „Europäischen Flutvorhersagesystem EFFS“ (Kapitel 7.1) keine solchen direkten Partnerschaften enthalten sind.

Für die operationelle Hochwassermodellierung ist frühzeitig zu prüfen, welche Daten zur Verfügung stehen und wie und mit welcher Genauigkeit sie erhoben werden können und müssen. Die direkte Partnerschaft oder eine stabile Kooperation mit den unterschiedlichen regionalen wasserwirtschaftlichen Institutionen ist auch deshalb unabdingbar, da viele hydrologische Informationen nicht veröffentlicht werden. Bereits heute stehen einige Behörden und Ämter in den Anliegerstaaten aber weiteren Projekten zur Hochwasservorhersage und zum Hochwassermanagement teilweise *ablehnend* gegenüber, weil sie den Informationsbedarf nicht mehr für bewältigbar halten. Diese Haltung verschärft sich, wenn für sie der *Nutzen* eines Projektes *nicht klar erkennbar* ist oder das Projekt sich nicht in die bereits erarbeiteten oder geplanten Ergebnisse früherer Projekte *einzubinden* scheint.

Die *Bedeutung* eines neuen Projektes über die bereits existierenden Projekte hinaus ist daher von den Antragstellern *transparenter darzustellen* und von den Fördermittelstellen *kritischer zu bewerten*. Um eine bessere Verknüpfung der verschiedenen Projekte zu erreichen, müssten Informationen über den Stand der Entwicklung sowie über alle wichtigen Projekte an der Oder leichter als bisher, z. B. in einer zentralen Stelle im Internet, zugänglich sein. Die bereits erwähnten Sprachbarrieren erschweren die Erschließung solcher Informationen. Grundsätzlich liegt es zwar in der Pflicht der einzelnen Projektantragsteller, sich über den Stand der Entwicklung zu informieren und mit anderen Projekten, den Nutzern und der IKSO in Kontakt zu treten. Von Seiten der Anwender und der IKSO sollten aber der Erfahrungsaustausch und die *Kooperationsmöglichkeiten durch Seminare, Symposien und die Bereitstellung entsprechender Informationsmaterialien* noch stärker gefördert werden. Auch

hier ist Transparenz notwendig, um die schon geleistete Arbeit und zukünftige Projekte wirkungsvoller miteinander zu verbinden.

8.3 Fazit

Die vorliegende Studie versucht, den *aktuellen Stand der operationellen Hochwasservorhersage im Odereinzugsgebiet* aufzuzeigen. Dabei wurde von den rechtlichen und organisatorischen Grundlagen sowie den hydrologischen Spezifika ausgegangen.

Der *generelle Stand der Monitoring- und Hochwasservorhersagesysteme* ist sowohl für die einzelnen Oderabschnitte als auch für die Teilsysteme *stark heterogen*.

Aus der grundsätzlichen Analyse von Hochwasservorhersagesystemen und den spezifischen Gegebenheiten im Odereinzugsgebiet ergibt sich als *zentrale Anforderung*, dass die vorhandenen Elemente und Systeme der Hochwasservorhersage nicht isoliert sondern schrittweise als **integrierter Bestandteil** eines **Hochwasserfrühwarnsystems** (Erfassen – Vorhersagen – Warnen – Reagieren) entwickelt werden müssen.

Die Einrichtung eines **leistungsfähigen Monitoringsystems** und ein **modularer Modellaufbau** sind darin enthalten. Bei dieser Konzipierung müssen **zukünftige Betreiber, Entscheidungsträger und Nutzer einbezogen** werden. Erfahrungen und Elemente aus **prä-operationellen Hochwasservorhersagemodellen** müssen genutzt werden. Generell bestehen besondere Anforderungen bei der Einrichtung einer **grenzüberschreitenden Zusammenarbeit**. Weiterhin ergibt sich ein hoher Bedarf an **Koordination** der laufenden Arbeiten, die mit der Entwicklung von Hochwasservorhersagesystemen im Odereinzugsgebiet zusammenhängen.

Im einzelnen stellt sich diese Anforderungskette wie folgt dar:

- **Leistungsfähiges Monitoringsystem**

Das *vorhandene Messnetz und die Datenübertragung* genügen noch nicht durchgängig den Anforderungen an ein leistungsfähiges Monitoringsystem und sind zu *modernisieren*. Für den Oberlauf ist die weitere Einbindung *meteorologischer Dienste und Produkte* (z. B. Ausbau der Wetterradarstationen, quantitative Niederschlagsvorhersage, Nutzung numerischer Vorhersagemodelle) für die *Verlängerung des Vorhersagezeitraumes* notwendig.

- **Modularer Modellaufbau**

Aufgrund der unterschiedlichen hydrologischen Gegebenheiten kann es *kein universelles hydrologisches Modell* geben, das in allen Situationen und in jedem Bereich des Einzugsgebietes operationell einsetzbar ist. Das Hochwasservorhersagesystem sollte daher *modular* aufgebaut sein. Schwerpunkte sollten auf der Nutzung von *Niederschlag-Abfluss-Modellen*, der Modellierung der *Steuerung von Talsperren und Poldern* sowie auf der Entwicklung hydrodynamisch fundierter *Deichbruch- und Stadtüberflutungsszenarien* liegen. Weiterhin müssen die jeweiligen Module an die verbesserten Datengrundlagen angepasst werden. Für die gesamte Oder ist jedoch in erster Linie nicht die Entwicklung immer neuer Modelltypen, sondern ein verstärktes *Ineinandergreifen der verschiedenen Modelle und Module* notwendig. Für Teileinzugsgebiete (z. B. Untere Oder), für die operationell noch keine Hochwasservorhersage erfolgt, sind geeignete Modelle regionaler Erfahrungsträger zu implementieren.

- **Prä-operationelle Modelle**

Für das Odereinzugsgebiet werden und wurden verschiedene prä-operationelle Hochwasservorhersagemodelle als *Planungshilfsmittel* entwickelt. Sie sollten auch zur

Analyse und Konzipierung der Hochwasserfrühwarnsysteme genutzt werden. Ihr unmittelbarer Einsatz im Hochwasserfall ist unter den Aspekten *Zeitdruck, Transparenz, Robustheit und eingeschränkte Datenverfügbarkeit* nicht sinnvoll. Einzelne Module sollten jedoch *für den operationellen Einsatz getestet und angepasst* werden.

- ***Einbeziehung der zukünftigen Betreiber, Entscheidungsträger und Nutzer***
Externe Modellentwicklung setzt einen *engen Dialog* mit den Modellbetreibern voraus. Neue Modelle und Module sollten *langjährige Erfahrungen der Betreiber* nutzen und in das bestehende System *integrierbar* sein. Daneben müssen auch *Entscheidungsträger und Nutzer* einbezogen werden. Damit diese wirksame Abwehrmaßnahmen planen und umsetzen können, müssen die *benötigten Informationen* aus der Hochwasservorhersage in *verständlicher Form* bereitgestellt werden.
- ***Grenzüberschreitende Zusammenarbeit***
Da die Implementierung eines gemeinsamen *Hochwasserfrühwarnsystems* für die gesamte Oder in naher Zukunft unwahrscheinlich ist, müssen *Schnittstellen* für das Ineinandergreifen der unterschiedlichen Hochwasservorhersage- und Hochwassermeldesysteme der Länder geschaffen werden. Dies setzt einen *funktionierenden Daten- und Informationsaustausch* zwischen Tschechien, Polen und Deutschland auf der Grundlage entsprechender *zwischenstaatlicher Abkommen* voraus.
- ***Koordination***
Die verbesserte Koordinierung der zahlreichen „Hochwasser-Projekte“ scheint notwendig, um *Synergieeffekte zu schaffen, Redundanzen zu vermeiden* sowie die *Einbindung in das anzustrebende Hochwasserfrühwarnsystem sicherzustellen*. Grundsätzlich liegt es in der Pflicht der einzelnen Antragsteller, sich über den *Stand der Entwicklung zu informieren* und mit *anderen Projekten, den Betreibern und Entscheidungsträgern sowie der IKSO in Kontakt zu treten*. Jedoch sollten Informationen über abgeschlossene, laufende und geplante Projekte und Maßnahmen sowie über den Aufbau des Hochwasservorhersage- und Meldesystems in den einzelnen Ländern *leichter als bisher verfügbar* sein. Sinnvoll wäre eine *zentrale Informationsstelle* (z. B. IKSO) unter Nutzung des Internets, welche die Informationen *mehrsprachig* zur Verfügung stellt.

Die **Umsetzung** der genannten Forderungen wird um so erfolgreicher sein, je mehr sie von dem gemeinsamen Bemühen begleitet wird, die *Hochwasservorhersage zusammen mit den anderen Komponenten eines modernen Frühwarnsystems* (Erfassen – Vorhersagen – Warnen – Reagieren) zu *entwickeln*.

Der Aufbau eines solchen **Frühwarnsystems** an der deutsch-polnischen **Grenzoder** könnte durch die bereits bestehenden Vorarbeiten und die langen Vorhersagezeiträume **Pilotcharakter** für das gesamte Odereinzugsgebiet besitzen. Die beiden Staaten müssten gemeinsam mit der EU entsprechende *Rahmenbedingungen* schaffen und Ressourcen bereitstellen bzw. erschließen. Aufbauend auf den dabei gewonnenen Erfahrungen wäre es sicher leichter, ein *modernes und effizientes Hochwasserfrühwarnsystem* im **gesamten Einzugsgebiet** zu entwickeln und zu installieren.

Literatur

- BARTH, F. & P. HOMAGK (1992): *Hochwasser-Vorhersage-Zentrale Baden-Württemberg – Konzeption und operationeller Betrieb*. Symposium am 6.11.1992 “Hochwasservorhersage- ein Schlüssel zu effektivem Hochwassermanagement”, Tagungsband LfU Karlsruhe
- BERGER, H. E. J. (1991): *Flood forecasting for the river Meuse*. In: Hydrology for the Water Management of Large River Basins (Proceedings of the Vienna Symposium, August 1991). IAHS (International Association of Hydrological Sciences) Publ., No. 201: 317-328.
- BFG (1997): Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG): *Das Oderhochwasser 1997*. Bericht für die Arbeitsgruppe „Aktionsplan Oder“ der IKSO. BfG, Berlin, 29.08.1997.
- BFG (1998): Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG): *Der Hochwassermeldedienst im Odereinzugsgebiet – unvollständige Materialsammlung*. BfG, Berlin, 1998.
- BGR (1997): Bundesanstalt für Geologie und Rohstoffe (BGR): *Risikopotentiale im geologischen Untergrund der Oderdeiche*. BGR, Berlin, Oktober 1997.
- BUCHHOLZ, W. (1997): *Analiza przebiegu Powodzi 1997 na dolnej Odrze (Analysing the 1997 flood in the Lower Odra section)*. Forum Naukowo-Techniczne, Pówołz 1997, Teil 2, Ustroń k. Wisły, 10.-12.09.1997: 109-120
- BUCHHOLZ, W. (2000): *Water motion of the Lower Odra river*. MRI Szczecin (unveröffentlicher Bericht).
- BUREAU (1896): Bureau des Ausschusses zur Untersuchung der Wasserverhältnisse in den der Überschwemmungsgefahr besonders ausgesetzten Flußgebieten (BUREAU): *Der Oderstrom, sein Stromgebiet und seine wichtigsten Nebenflüsse – eine hydrographische, wasserwirtschaftliche und wasserrechtliche Darstellung*.
Band I: Das Stromgebiet und die Gewässer
Band II: Gebietsbeschreibungen der einzelnen Flußgebiete
Band III: Strom- und Flußbeschreibungen der Oder und ihrer wichtigsten Nebenflüsse,
Dietrich Reimer, Geographische Verlagshandlung, Berlin, 1896.
- COUNSELL, CH., EL GAMMAL, E. & P. SAMUELS (2000): *Demonstration of a decision support system for assessing the impacts of engineering work and environmental change on flood risk – the Thames catchment study*. In: Bronstert, A., Bismuth, Ch. & L. Menzel [Eds.] (2000): European Conference on Advances in Flood Research. Proceedings Vol. 1; PIK-Report 65, Potsdam, 2000: 87-98.
- CUNGE, J.A. (1992): *Real-time flood forecasting: Models, methods & software in hydroinformatics era*. In: Saul, A.J. [Ed.] (1992): Floods and flood management. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.
- CZAMARA, W. & WOJARNIK, K.(1999): *Możliwości poprawy jakości wody retencjonowanej w zbiornikach zaporowych górnej i środkowej Odry* (Influence of water reservoir retention on flood waves in the Upper and Middle Odra). In: Odra i jej Dorzecze - Powówołz 1997. Konferencje XXI (TOM 2). Kudowa Zdrój. 7.-9.September 1998, Zeszyty Naukowe – Akademii Rolniczej we Wrocławiu. Nr. 339: 213-222.
- DGJ (1986): *Deutsches Gewässerkundliches Jahrbuch, Rheingebiet, Teil III, Abflußjahr 1986*. Landesamt für Wasser und Abfall Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf.
- DGJ (1989): *Deutsches Gewässerkundliches Jahrbuch, Rheingebiet, Teil I, Abflußjahr 1989*. Landesamt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe.
- DGJ (1995): *Deutsches Gewässerkundliches Jahrbuch, Elbegebiet, Teil II Abflußjahr 1995*. Landesumweltamt Brandenburg, Potsdam.
- DUBICKI, A. & MALINOWSKA-MAŁEK, J. (2000): *Operacyjne wykorzystanie modeli hydrologicznych na Odrze i w jej dorzeczu*. In: Seminar der Deutsch-Polnischen Grenzgewässerkommission W1 zu Hochwasservorhersagemodellen im Odereinzugsgebiet am 11. Juli 2000 in Berlin.
- DUBICKI, A. (1999): *System ostrzegawczo-prognostyczny IMGW dla górnego i środkowego dorzecza Odry*. In: Tagung Internationales Umweltrecht mit Schwerpunkt Wasser- und Abwasserrecht vom 7.-9.6.1999 in St. Marienthal.
- DYCK, S. [Ed.] (1980): *Angewandte Hydrologie. Teil 2. Der Wasserhaushalt der Flußgebiete*. 2. überarbeitete Aufl. Berlin, VEB Verlag für Bauwesen. Berlin, München: Verlag W. Ernst & Sohn.

- EWS (1998): International IDNDR-Conference on „*Early Warning Systems for the Reduction of Natural Disaster*“, Potsdam, 7.-11. September 1998.
- FAL, B. (1997): *Powódź tysiąclecia*. Wiedza i życie, 1997, Nr. 10.
- FELDMANN, A. D. (1994): *Assessment of forecast technology for flood control operation*. In: Rossi, G. et al. [Eds.]: *Coping with Floods*. Kluwer Academic Publishers, Netherlands, 1994: 445-458.
- FISCHER, K. (1907): *Sommerhochwasser der Oder von 1813 bis 1903*. Jahrbuch für die Gewässerkunde Norddeutschlands, Besondere Mitteilungen Bd. 1 Nr. 6, Berlin.
- FREYDANK, E. (1986): *Berechnung und Prognose der Eisverhältnisse auf der Oder*. Abhandlungen des Meteorologischen Dienstes der DDR, Nr. 135 (Band XVIII), Akademie-Verlag Berlin 1986.
- FRÖHLICH, W. (1998): *Water-level forecast for the river Elbe in Germany with the ELBA-System*. In: Czech Hydrometeorological Institute [Ed.] (1998): *Workshop on Flood Forecasting*, Prag, 4.-5. Mai 1998: 89-96.
- FRÜHWALD, D. (1999): *Quantitative Niederschlagsvorhersage mit numerischen Modellen – Gegenwärtiger Stand und zukünftige Entwicklung im Deutschen Wetterdienst*. In: *Hydrologische Dynamik im Rheingebiet*. Deutsches Nationalkomitee für das IHP/OHP, Koblenz, Berichte Heft 13: 193-204.
- FÜGNER, D. (1995): *Hochwasserkatastrophen in Sachsen*. Tauchaer Verlag, Taucha.
- GALLOWAY JR., G. E. (2000): *Transboundary flood management: the case of the Red River of the North United States and Canada*. In: Bronstert, A., Bismuth, Ch. & L. Menzel [Eds.]: *European Conference on Advances in Flood Research*. Proceedings Vol. 1; PIK-Report 65: 582-591, Potsdam, 2000.
- GKSS & PARTNER (1999): *BMBF-Projektantrag Simulation von Hochwasser im Einzugsgebiet der Oder mit einem gekoppelten Modellsystem*. GKSS Geesthacht, IMGW Wroclaw, MRI Szczecin, DLR Köln, 1999.
- GRÜNEWALD, U. et al. (1998): *Ursachen, Verlauf und Folgen des Sommer-Hochwassers 1997 an der Oder sowie Aussagen zu bestehenden Risikopotentialen. Eine interdisziplinäre Studie*. Deutsche IDNDR (International Decade for Natural Disaster Reduction) – Komitee für Katastrophenvorbeugung e. V., Heft 10a (Kurzfassung), Heft 10b (Langfassung), Heft 10e (englische Fassung), -Reihe Nr. 10, Bonn 1998.
- GRÜNEWALD, U. & SCHÜMBERG, S. (2000): *Das Oderhochwasser 1997 – Ursachen, Verlauf, Schlußfolgerungen und historischer Vergleich*. In: *Erfurter Geographische Studien Band 9* (im Druck).
- GRÜNEWALD, U. (1995): *Rapporteursbericht zum Themenbereich Landnutzung und Versiegelung*. In: *Hochwasser in Deutschland unter den Aspekten globaler Veränderungen*. Bericht über das DFG/IDNDR-Rundgespräch am 09. Oktober 1995 in Potsdam, PIK-Report No. 17: 37-45.
- GRÜNEWALD, U. (2000): *Hochwasserschutz, Hochwasservorhersage im unteren Teil der Grenzoder*. In: Linde, H. [Ed.]: *Drittes Internationales Oder-Colloquium. Wirtschaft, Schifffahrt und Ökologie im Unteren Odertal*. Colloquiums-Bericht. Schwedt/Oder 20. August 1999. Verein zur Förderung des Oderstromgebietes e. V. Berlin, Januar 2000.
- GÜNTHER, TH. (1998): *Operational estimation of areal precipitation and real time forecast of snow cover development/meltwater release (model systems BONIE and SNOW-D)*. In: Czech Hydrometeorological Institute [Ed.] (1998): *Workshop on Flood Forecasting*, Prag, 4.-5. Mai 1998: 43-52.
- GÜNTHER, TH. (1999): *Verfahren zur operationellen Abschätzung von Gebietsniederschlägen und zur Vorhersage der Schneeschmelze*. In: *Materialienband zum Workshop Hydrometeorologie an der Brandenburgisch-Technischen Universität Cottbus*, 25.-26.02.1999: 110-123.
- HAD (2000): *Hydrologischer Atlas von Deutschland (HAD)*. Herausgegeben vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit; Projektleitung Bundesanstalt für Gewässerkunde, Institut für Hydrologie der Universität Freiburg. Berlin, 2000.
- HAGGETT, C. (1998): *An integrated approach to flood forecasting and warning in England and Wales*. *Journal of the Chartered Institution of Water and Environmental Management* 12(6): 425-432.
- HANDMER, J., KEYS, C. & J. ELLIOTT, J. (1999): *Achieving lasting change in multi-organizational tasks: the case of flood warnings in Australia*. *Applied Geography* 19: 179-197.
- HOMAGK, P. & M. MOSER (1998): *Verbesserung von Hochwasservorhersagen durch hydrometeorologische Daten Teil II: Möglichkeiten und Verbesserungen von Hochwasservorhersagen durch die Einbeziehung von hydrometeorologischen Daten und Produkten*. *DGM* 42 (1): 23-27.

- HOŠEK, A. (1998): *The present possibilities towards improving the forecasting flood service in the Czech part of the Upper Odra river catchment. (Aktualne możliwości usprawnienia prognoz powodziowych w Czeskiej części dorzecza górnej Odry)*. In: Odra i jej Dorzecze - Powódź 1997. Konferencje XXI. Kudowa Zdrój. 7. – 9. September 1998, Zeszyty Naukowe - Akademii Rolniczej we Wrocławiu. Nr. 339: 35-40.
- HOŠEK, A. (2000): *Hlásná a předpovědní povodňová služba v české části povodí Odry*. Informationsmaterial für diese Studie. ČHMÚ Ostrava.
- HÜTTL, R. F. (2000): *DFNK Forschungsschwerpunkt Brandenburg*. Vortrag auf dem ersten Forum Katastrophenvorsorge „Extreme Naturereignisse und Vulnerabilität“ des DFNK (Deutschen Komitee für Katastrophenvorsorge e. V.) 29.-30. September 2000 in Freiburg i. Brsg.
- IKSE (1998): Internationale Kommission zum Schutz der Elbe (IKSE): *Strategie zum Hochwasserschutz im Einzugsgebiet der Elbe*. IKSE, Magdeburg, Oktober 1998.
- IKSMS (1999): Internationale Kommission zum Schutz von Mosel und Saar (IKSMS): *Aktionsplan Hochwasser im Einzugsgebiet von Mosel und Saar*. IKSMS, Trier, Januar 1999.
- IKSO (1999): Internationale Kommission zum Schutz der Oder (IKSO): *Das Oderhochwasser 1997*. Bericht der Arbeitsgruppe Hochwasser der IKSO, Wrocław 1999.
- IKSO (2000): Internationale Kommission zum Schutz der Oder (IKSO): *Gemeinsame Strategie und Grundsätze zum Aktionsplan Hochwasserschutz im Einzugsgebiet der Oder*. IKSO Arbeitsgruppe Hochwasser, Wrocław, Dezember 2000.
- IKSR (1997): Internationale Kommission zum Schutz des Rheins (IKSR): *Hochwasserschutz am Rhein – Bestandsaufnahme*. Bericht der Projektgruppe Aktionsplan Hochwasser IKSR, Koblenz, März 1997.
- IKSR (1998): Internationale Kommission zum Schutz des Rheins (IKSR): *Aktionsplan Hochwasser*. Projektgruppe Aktionsplan Hochwasserschutz IKSR, Koblenz, März 1998.
- IMGW (1975): Institut für Meteorologie und Wasserwirtschaft (IMGW), Autorenkollektiv: *Powódź w sierpniu 1972r*. Monografia, WKiŁ Warszawa, 1975.
- IMGW (1983): Institut für Meteorologie und Wasserwirtschaft (IMGW): *Podział hydrograficzny Polski*. Warszawa, 1983.
- IMGW (1999): Institut für Meteorologie und Wasserwirtschaft (IMGW): *System Monitoringu i Oslony Kraju (SMOK)*. IMGW, Warszawa 1999.
- IMGW (2000 a): Institut für Meteorologie und Wasserwirtschaft (IMGW): *Final report about Sobek model - Upper and Middle Odra river (from Malczyce to Nowa Sol)*. ARCADIS Heidemij Advies / WL|delft hydraulics. IMGW, Wrocław, 2000.
- IMGW (2000 b): Institut für Meteorologie und Wasserwirtschaft (IMGW): *Informationsmaterial über den Einsatz von MIKE 11 am IMGW Wrocław als Zuarbeit zu dieser Studie*. IMGW, Wrocław, 2000.
- IMGW (2000): Institut für Meteorologie und Wasserwirtschaft (IMGW): *System oslony powodziowej w Polsce*. Material IMGW Wrocław, 2000.
- INGRAM, J. (1997): *Lessons taught by floods in the United States of America*. In: Deutsches IHP/OHP-Nationalkomitee, River Flood Disasters, ICSU SC/IDNDR Workshop, Koblenz, Germany 1996. IHP/OHP-Berichte Sonderheft 10: 5-12.
- JAHRBUCH DER SCHIFFFAHRT 1964 - Ein Rundblick über die internationale See- und Binnenschifffahrt (1965): *Eisbekämpfung auf der Oder*. Ministerium für Verkehrswesen, Hauptverwaltung der Schifffahrt, Berlin, 1965: 111-116.
- KIMLOVÁ, M. (1999): *Využití systému RAMAP pro předpovědi extrémních hydrologických jevu. (Utilisation of the RAMAP system to forecast extreme hydrological events)*. In: Proceedings of Workshop 99 „Extreme hydrological events in catchments“, 25. Oktober 1999, Reg. Nr. 103/99/1470, Prag. Czech Technical University in Prague, Faculty of Civil Engineering and the Czech Scientific and Technical Society of Water Engineers.
- KINKOR, J. (2000): *Flood protection in the Czech Republic*. Discussion paper for the UN/ECE-Seminar on Flood prevention and protection, Berlin 7.-8. Oktober 1999. Proceedings of a UN/ECE Seminar on Sustainable Flood Prevention, UN, Genf, März 2000.
- KOWALCZAK, P. (1998): *Flood 1997 - hydrological and meteorological context*. In: Bronstert, A. Ghazi, A., Hladný, J., Kundzewicz, Z. & L. Menzel [Eds.]: *The Odra/Oder Flood in Summer 1997*. Proceedings of the European expert meeting in Potsdam, 18. Mai 1998. Potsdam, PIK-Report 48: 53-60.

- KOWALCZAK, P. (2000): Informationsmaterial für diese Studie. IMGW Poznań.
- KRAMER, M., BRAUWEILER, CH., JANSSEN, G., DUBICKI, A., WOZNAK, Z., ROTKO, J., DAMOHORSKY, M. & V. STEJSKAL (2000): *Nationale und internationale juristische Regelungen des Hochwasserschutzes der Oder – Ein trinationaler Rechtsvergleich der Oder-Anliegerstaaten Deutschland, Polen und Tschechien*. Internationales Hochschulinstitut Zittau, Institut für Ökologische Raumentwicklung Dresden, Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej Wrocław, Towarzystwo Prawa Ochrony Środowiska Wrocław, Karls-University Praha im Auftrag des Umweltbundesamtes Berlin; Juni 2000.
- KUBÁT, J. (1998): *Flood forecasting and warning services in the Czech Republic*. In: Czech Hydrometeorological Institute [Ed.] (1998): Workshop on Flood Forecasting, Prag, 4.-5. Mai 1998: 143-148.
- KUBÁT, J. (1999): *Společné ukoly meteorologické a hydrologické služby českého hydrometeorologického ústavu. (Joint aims of meteorological and hydrological services of the Czech Hydrometeorological Institute)*. Meteorologické Zprávy (Meteorological Bulletin) Band 52 (6) (<http://www.chmi.cz/reditel/sis/metzpr/mz526kub.html>)
- KUBÁT, J. (2000 a): *Flood Forecasting in the Czech Republic*. Discussion paper for the UN/ECE-Seminar on Flood prevention and protection, Berlin 7-8 Oktober 1999. Proceedings of a UN/ECE Seminar on Sustainable Flood Prevention, UN, Genf, März 2000.
- KUBÁT, J. (2000): *1997/1998 floods in the Czech Republic: Hydrological evaluation*. In: Marsalek, J., Watt, W. E., Zeman, E. & F. Sieker [Eds.] (2000): Flood issues in contemporary water management, Proceedings of the NATO Advanced Research Workshop on Coping with Flash Floods: Lessons learned from recent experience. 16.-21. Mai 1999 Malenovice, CZ, Kluwer, Dordrecht, Boston, London, 2000, Nato Science Series 2: Environment Security Vol. 71: 25-40.
- KUNDZEWICZ, Z.W., SZAMALEK, K. & P. KOWALCZAK (1999): *The Great Flood of 1997 in Poland*. Hydrological Sciences Journal 44 (6): 855-870.
- LAWA (1993): Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA): *Vergleichende Übersicht über den gegenwärtigen Stand des Hochwassermeldedienstes in Deutschland*. Statusbericht ausgearbeitet vom LAWA-Ad-hoc-Arbeitskreis „Hochwasservorhersagen“, Stand 07/1993.
- LfUG (2000): Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie (LfUG): *Organisation des Hochwassernachrichtendienstes im Freistaat Sachsen*. Übersicht, Stand 02/99, Arbeitsmaterial des LfUG, Dresden.
- LPB (1996): Landeszentrale für politische Bildung Baden-Württemberg (LPB): *Die Oder*. Deutschland und Europa, Ausgabe 2/96 Heft 33, LpB 1996.
- LUA (1994): Landesumweltamt Brandenburg (LUA): *Eine Zusammenfassung, Auswertung und Bewertung des vorhandenen Informationsmaterials über die Oder und ihre deutschen Nebenflüsse*. Fachbeiträge des Landesumweltamtes, Potsdam, 1994.
- LUA (1995): Landesumweltamt Brandenburg (LUA): *Hochwasserschutz in Brandenburg – Handbuch für die Hochwasserabwehr an Gewässern und Deichen im Lande Brandenburg*. Potsdam, Oktober 1995.
- LUA (1997 a): Landesumweltamt Brandenburg (LUA): *Die Oderdeiche sind wieder dicht*. Brandenburger Umweltjournal Dezember 1997 Heft 25: 25-26.
- LUA (1997): Landesumweltamt Brandenburg (LUA): Jahres-HQ Werte der Pegel Eisenhüttenstadt und Hohensaaten-Finow, Datenübergabe, Nov. 1997.
- LUA (1998): Landesumweltamt Brandenburg (LUA): *Das Sommerhochwasser an der Oder 1997*. Fachbeiträge anlässlich der Brandenburger Ökologietage II; Studien und Tagungsberichte Band 16, März 1998.
- MALINOWSKA-MAŁEK, J. & A. DUBICKI, A. (2000): *Współpraca w zakresie osłony hydrologicznej między Rzeczypospolitą Polską i Republiką Czeską*. Informationsmaterial für diese Studie, IMGW Wrocław, 2000.
- MAŁKIEWICZ, T. & S. BARTOSIEWICZ (1997): *Stan obiektów i urządzeń hydrotechnicznych drogi wodnej Odry*. Międzynarodowa konferencja „Odra – szanse i wyzwania w świetle doświadczeń europejskich (International conference „Odra river – development opportunities and challenges from the European perspective)”, Wrocław 4-5 XI 1997.
- MIERKIEWICZ, M. (1993): *Hydrologiczne modele prognostyczne opad-odpływ i transformacji fali dla ważniejszych dopływów Odry*. Wiadomości. Tom XVI (XXXVII) Zeszyt 4: 37-53.

- MLUR (1999): Brandenburgische Ministerium für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumordnung (MLUR): "Zeitplan bei Erneuerung der Oderdeiche wird eingehalten". Pressemitteilung vom 29. Juni 1999, MLUR, Potsdam, 1999.
- MORGENSCHWEIS, G., GÖPPERT, H.G., IHRINGER, J., E. J. PLATE (1996): *Hochwasservorhersage zur adaptiven Steuerung von Talsperren im Einzugsgebiet der Ruhr*. Deutsche Gewässerkundliche Mitteilungen DGM 40 (6): 234-243.
- MÜNCHNER RÜCK. (1997) Münchener Rückversicherungs-Gesellschaft: *Überschwemmung und Versicherung*. Veröffentlichung, München 1997
- NALBERCZYNSKI, A. (1999): *The general flood protection strategy for the Upper and Middle Odra river basin after the great flood of July 1997*. Discussion paper for the UN/ECE-Seminar on Flood prevention and protection, Berlin 7.-8. Oktober 1999. Proceedings of a UN/ECE Seminar on Sustainable Flood Prevention, UN, Genf, März 2000.
- OPPERMANN, R., GLOS, E. & J. ILSE (1991): *Wasserstandsvorhersage für die Grenzoder mit dem Programmsystem HYDRA*. Deutsche Gewässerkundlichen Mitteilungen (DGM), 35, Heft 2: 52-57.
- PARKER et al. (1994): *Real-time hazard management: flood forecasting, warning and response*. In: Penning-Rowsell, E. C. & M. Fordham [Ed.] (1994): *Floods across Europe. Hazard assessment, modelling and management*. Middlesex University Press, London 1994: 135-166.
- PLATE, E.J. (1997): *Vorhersage von Abflüssen in der Hydrologie*. In: Schmitz G.H. [Ed.] (1997): *Modellierung in der Hydrologie*. Symposium aus Anlaß des 30-jährigen Bestehens der Dresdner Schule der Hydrologie vom 22.-24. September 1997, Dresden. Technische Universität Dresden, Tagungsband: 15-27.
- PLATTE, P. (2000): *Konzept zur Katastrophenprävention nach der IDNDR-Dekade*. Arbeitsmaterial zur Sitzung des Wissenschaftlichen Beirates des Deutschen Komitees für Katastrophenvorsorge e.V., 05.12.2000, Bonn.
- POVODÍ ODRY (1999): *Retention function of dams within water system*. Informationsbroschüre, Ostrava, CZ.
- POVODÍ ODRY (2000): *Flood forecasting and control using the HYDROG system*. Broschüre von Povodí Odry, Ostrava, CZ.
- PRITCHARD, V. (1996): *The new flood warning system*. In: Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Municipal Engineer 1996. Vol.115, Iss.1: 20-27.
- RADCZUK, L. (1997): Zuarbeit zur Studie von Grünewald, U. et al. (1998): *Ursachen, Verlauf und Folgen des Sommer-Hochwassers 1997 an der Oder sowie Aussagen zu bestehenden Risikopotentialen*. Deutsche IDNDR-Reihe 10b, Bonn, April 1998.
- REFSGAARD, J. C. & K. HAVNØ (1997): *New developments in modelling, framework for decision support*. In: Ribamod – River basin modelling, management and flood mitigation – Concerted action. Proceedings of the first expert meeting Copenhagen, 10.-11. Oktober 1996, European Commission: 73-88.
- ŘIČICOVÁ, P. (1999): *Metody a modely hydrologických prognóz ve vztahu k extrémním hydrologickým jevům*. (Methods and Models for hydrological predictions in relation to extreme hydrological events). In: Proceedings of Workshop 99 „Extreme Hydrological events in catchments“, 25. Oktober 1999, Reg. Nr. 103/99/1470, Prag. Czech Technical University in Prague, Faculty of Civil Engineering and the Czech Scientific and Technical Society of Water Engineers.
- RUHE, C., WARRACH, K., LOBMEYR, M. & H.-T. MENGELKAMP (1999): *Distributed hydrological modelling over the Odra drainage basin*. In: Proceedings of the 14th Conference on Hydrology, American Meteorological Society. 10.-15. Januar 1999, Dallas, Texas.
- RZGW (1998): *Generalstrategie für den Hochwasserschutz im Einzugsgebiet der Oberen und Mittleren Oder nach dem Juli-Hochwasser 1997*. Regionale Wasserwirtschaftsverwaltung Wrocław. Übersetzung aus dem Polnischen, Wrocław 1998.
- ŠÁLEK, M. (1998 a): *Meteorological causes of the floods in July 1997 in the Czech Republic*. In: Bronstert, A. Ghazi, A., Hladný, J., Kundzewicz, Z. & L. Menzel [Eds.]: *The Odra/Oder Flood in Summer 1997*. Proceedings of the European Expert Meeting in Potsdam, 18. Mai 1998. Potsdam, PIK-Report 48: 53-60.
- ŠÁLEK, M. (1998): *The use of remote sensing methods at the flood events in July 1997*. In: Czech Hydrometeorological Institute [Ed.]: *Workshop on Flood Forecasting*, Prag, 4.-5. Mai 1998: 43-52.
- SAMUELS, P.G (1998): *An overview of the activities of RIBAMOD*. In: Bronstert, A. Ghazi, A., Hladný, J., Kundzewicz, Z. & L. Menzel [Eds.]: *The Odra/Oder Flood in Summer 1997*. Proceedings of the European expert meeting in Potsdam, 18. Mai 1998. Potsdam, PIK-Report 48: 151-160.

- SCHÄDLER, B. & B. PARMET (1999): *Die internationalen Anstrengungen zum Ausbau der Wasserstands- und Durchflußvorhersagen im Rheingebiet*. In: Hydrologische Dynamik im Rheingebiet. Deutsches Nationalkomitee für das IHP/OHP, Koblenz, Berichte Heft 13: 205-213.
- SCHÄDLER, B. (2000): *Rechtzeitige Hochwasserwarnung und Verlängerung der Vorhersage als Mittel zur Schadensverminderung*. 3. Rhein-Symposium Ökologie und Hochwasservorsorge, 15.-17. Juni 2000, Köln, IKSR (in Vorbereitung).
- SCHAFFERNAK, F. (1935): *Hydrographie*. Akademische Druck- und Verlagsanstalt, Graz, 24. unveränderte Auflage, 1960.
- SCHMITT, A. (2000): *Länderübergreifendes Hochwassermanagement im Oder-Einzugsgebiet – Projektergebnisse*. Abschlussbericht im Rahmen des Stiftungskollegs für internationale Aufgaben 1999/2000 der Robert Bosch Stiftung GmbH, Oktober 2000.
- SMU (1998): Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landesentwicklung (SMU): *Hochwasserschutz in Sachsen*. Materialien zur Wasserwirtschaft 1/1998, Dresden, November 1998.
- SOCHOREC, R. (1997): *Hydrologické aspekty povodňové situace v povodí odry v červenci 1997*. ICID – CIID: Provodně a krajina 97 - sborník přednášek, Brno.
- STARY, M., SEBLOVA, H. & B. TURECEK (1998): *The operative control of the passage of floods*. In: Babovic & Larsen [Eds.]: Hydroinformatics '98 Rotterdam, Balkema, 1998: 831-836.
- STEINEBACH, G. (2000): *Wasserstandsvorhersage für die Oder*. Hydrologie und Wasserbewirtschaftung 44 (2): 96-97.
- STRONSKA, K., BOROWICZ, A., KITOWSKI, K., MICHALIK, G., JØRGENSEN, G., VAN KALKEN, T. & M. BUTTS (1999): *MIKE 11 as flood management and flood forecasting tool for the Odra River, Poland*. 3rd DHI Software Conference, Helsingør, Juni 1999.
- TADEUSZEWSKI, B. (2000): *Wpływ polderu Słonsk na przebieg wysokich stanów wody na Odrze poniżej ujścia Warty*. In: Seminar der Deutsch-Polnischen Grenzgewässerkommission W1 zu Hochwasservorhersagemodellen im Odereinzugsgebiet am 11. Juli 2000 in Berlin.
- THIELE, W. & M. BÜTNER (1999): *Hochwasservorhersagemodell für die Lausitzer Neiße*. Erläuterungsbericht im Auftrag des Sächsischen Landesamtes für Umwelt und Geologie, Erfurt, 1999.
- TODINI, E. (1992): *From real-time flood forecasting to comprehensive flood risk management decision support systems*. In: Saul, A.J. [Ed.] (1992): *Floods and Flood Management*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 1992: 313-326.
- TRÖMEL H.-P. (1997): *22. März 1947 – Bruch des Oderdeiches bei Reitwein*. Broschüre herausgegeben vom Landkreis Märkisch-Oderland.
- UHELMANN, H.-J. (1999): *Historisches vom Strom – Die Oder – ihre Entwicklung vom Natur – zum schiffbaren Strom*. Band XVII. Verlag Dr. Neufang KG, Gelsenkirchen, 1999.
- UN/ECE (2000): UN/ECE-Seminar on Flood prevention and protection, Berlin 7.-8. Oktober 1999. Proceedings of a UN/ECE Seminar on Sustainable Flood Prevention, UN, Genf, März 2000.
- UN/ECE (2000 a): *Guidelines on sustainable flood prevention*. (angenommen von den Vertragsparteien des Übereinkommens zum Schutz und der Nutzung grenzüberschreitender Wasserläufe und internationaler Seen auf ihrer zweiten Sitzung), Den Haag, Niederlande, 23.-25. März 2000. UN Genf, September 2000.
- WKP (1997): *Materiały Wojewódzkiego Komitetu Przeciwpowodziowego w Legnicy, we Wrocławiu i w Zielonej Górze* (Materialien der Wojewodschaftlichen Hochwasserkomitees Legnica, Wrocław und Zielona Góra) zum Hochwasser 1997.
- ZALESKI, J. (1998): *Programme assumptions for modernisation of the Oder Water System, Programme ODRA 2006*. Wrocław, Juni 1998.

Abkürzungsverzeichnis

Abbreviation/ Abkürzung	country/ Land	English/ English	German/ Deutsch	Polish/ Polnisch	Czech/ Tschechisch
AHPS	USA	National Weather Service Advanced Hydrologic Prediction System	Verbessertes hydrologisches Vorhersagesystem des Nationalen Wetterdienstes		
BfG	D	Federal Institute of Hydrology	Bundesanstalt für Gewässerkunde		
BMBF	D	Federal Ministry of Science and Technology	Bundesministerium für Bildung und Forschung		
BMU	D	Federal Ministry of Environment Protection	Bundesministerium für Umweltschutz (Bundesumwelt- ministerium)		
BSH	D	Federal Maritime and Hydrographic Agency Rostock	Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie Rostock		
BTU Cottbus	D	Brandenburg Technical University Cottbus	Brandenburgische Technische Universität Cottbus		
ČHMÚ	CZ	Czech Hydro- meteorological Institute	Tschechischer hydrometeorologischer Dienst		Český hydrometeorolo- gický ústav
DFNK	D	German Research Network Natural Disasters	Deutsches Forschungsnetz Naturkatastrophen		
DHI	DK	Danish Hydraulic Institute	Dänisches Hydraulisches Institut		
DKKV	D	German Committee for Disaster Reduction within the International Strategy for Disaster Reduction (ISDR)	Deutsches Komitee für Katastrophenvorsorge e. V.		
DLR	D	German Aerospace Center	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V.		
DWD	D	German Meteorological Service	Deutscher Wetterdienst		
ECE	UN	Economic Commission for Europe	Europäische Wirtschaftskommission		
EEA	EU	European Environment Agency	Europäische Umweltbehörde		
FAO	UN	Food and Agriculture Organisation of the United Nations			
GKSS	D	GKSS Research Centre Geesthacht	GKSS Forschungszentrum Geesthacht		
IDNDR	UN	International Decade for Natural Disaster Reduction	Internationale Dekade zur Katastrophenvorsorge		
IGB	D	Institute of Freshwater Ecology and Inland Fisheries, Berlin	Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei, Berlin		

IKSE	CZ, D	International Commission for the Protection of the River Elbe	Internationale Kommission zum Schutz der Elbe		Mezinárodní Komise pro Ochranu Labe (MKOL)
IKSMS	D, F, L	International Commission for Protection of the River Moselle and Saar	Internationale Kommission zum Schutz von Mosel und Saar		
IKSO	D, PL, CZ, EU	International Commission for the Protection of the River Odra	Internationale Kommission zum Schutz der Oder	Międzynarodowy Komisja Ochrony Odry (MKOO)	Mezinárodní Komise pro Ochranu Odry (MKOO)
IKSR	D, F, CH, NL, L, EU	International Commission for Protection of the Rhine	Internationale Kommission zum Schutz des Rheins		
IMGW	PL	Institute of Meteorology and Water Management	Institut für Meteorologie und Wasserwirtschaft	Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej	
JRC	EU	Joint Research Centre of the EU	Gemeinsame Forschungsstelle der EU		
LfUG	D	Saxon Agency for Environment and Geology	Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie		
LUA	D-BB	Environmental Agency Brandenburg	Landesumweltamt Brandenburg		
MLUR	D-BB	Brandenburgian Ministry of Agriculture, Environmental Protection and Spatial Planning	Brandenburgisches Ministerium für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumordnung		
MRI	PL	Maritime Research Institute, Szczecin	Institut für Gewässerforschung Stettin	Instytut Morski Szczecin	
NWS	USA	National Weather Service	Nationaler Wetterdienst		
PHARE CBC	EU	launched in 1989 it is currently the main programme for the European Union's financial and technical cooperation with the countries of central and eastern Europe (http://europa.eu.int/com/enlargement/pas/phare/index.htm)	seit 1989 das zur Zeit wichtigste Programm für finanzielle und technische Kooperation mit den Mittel- und Osteuropäischen Ländern		
PIK	D	Potsdam Institute for Climate Impact Research	Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung		
Povodí	CZ	River Basin Authority	Flussgebietsverwaltung		Povodí akciová společnost
RIZA	NL	Institute of Inland Water Management and Waste Water Treatment	Institut für Binnenwasserwirtschaft und Abwasserbehandlung		
RZGW	PL	Regional Water Management Authority	Regionales Wasserwirtschaftsamt	Regionalny Zarząd Gospodarki Wodnej	
SAI	EU	Space Application Institute			

SMOK	PL	System for Automatisation of Measurements and Monitoring Stations	System zur Automatisierung der Mess- und Monitoringstationen	System monitoringu i osłony kraju
SMU	D-SA	Saxonian Ministry for Environmental Protection	Sächsisches Ministerium für Umweltschutz	
StUFA	D	Environmental State Agencies, Saxony	Staatliche Umweltfachämter, Sachsen	
UBG	D	Technical State Agency for Environment, Saxony	Staatliche Umweltbetriebsgesell- schaft, Sachsen	
UN		United Nations	Vereinte Nationen	
VHD Povodí	CZ	Water Management Centre of the River Basin Authority	Wasserwirtschaftliche Steuerungszentrale der Flussgebietsverwaltung	Vodohospodářský dispečink Povodí a. s.
WASY	D	Institute for Water Resources Planning and System Research Ltd.	Gesellschaft für Wasserwirtschaftliche Planung und Systemforschung mbH	
WMO	UN	World Meteorological Organisation		
WSA	D	Federal Waterway and Navigation Administration	Wasser- und Schiffahrtsamt Eberswalde	
WSD Ost	D	Federal Waterway and Navigation Authority East	Wasser- und Schiffahrtsdirektion Ost	
WWF		World Wide Fund for Nature		
ZALF	D	Centre for Agricultural Landscape and Land Use Research Müncheberg	Zentrum für Agrarlandschafts- und Landnutzungsforschung Müncheberg	

Modell	Beschreibung
ALADIN	numerisches Wettermodell, Frankreich
ARC/EGMO	mesokaliges Wassereinzugsgebietsmodell, PIK
ARCHE	Stadtüberflutungsmodell, DLR
BONIEOP	operatives Gebietsniederschlagsmodell, DWD Offenbach
EFFS	European Flood Forecasting System (Europäisches Hochwasservorhersagesystem)
FLORIJN	Hochwasservorhersagemodell für Teilabschnitte am Rhein auf der Basis von SOBEK
GESIMA	Geesthacht Simulation Model of the Atmosphere nicht-hydrostatisches Simulationsmodell, GKSS Geesthacht
HBV	operationelles Hochwasservorhersage- und Hochwassermanagementmodell, Schwedisches Institut für Meteorologie und Hydrologie
HYDROG	Modellsystem zur Simulation und operativen Steuerung von wasserwirtschaftlichen Anlagen, Povodí Odry, Tschechien
LAM	Local area model; numerisches Wettermodell, Bracknell (Großbritannien)
Deutschland-Modell	Numerisches Wettermodell für Deutschland, DWD Offenbach
EUROPA-Modell	Numerisches Wettermodell für Europa, DWD Offenbach
MIKE 11	Operationelles Hochwasservorhersage- und Hochwassermanagementmodell, Dänemark
N-A-Modell	Niederschlag-Abfluss-Modell
SEROS	Surface Energy and Routing System, Verknüpfung von SEWAB und Routing Scheme, GKSS Geesthacht
SEWAB	Surface Energy and Water Balance, Landoberflächenschema, GKSS Geesthacht
SNOW-D	Modell zur Berechnung rasterbezogener Daten des Wasseräquivalentes unter Berücksichtigung der Wasserabgabe aus der Schneedecke und den aktuellen Niederschlagsereignissen, DWD Offenbach
SOBEK	Hydrodynamisches Modell, Niederlande, (entwickelt vom WL Delft Hydraulics und RIZA)
TOPMODEL	Niederschlag-Abfluss-Modell mit topographischem Index
TRIM	Hydrodynamisches Modell, GKSS Geesthacht
UMPL	Unified Model Poland, numerisches Wettermodell, Universität Warschau
WaterGAP	Makroskaliges Wassermodell zur Simulation von Klima- und Landnutzungsänderungen, Gesamthochschule Kassel

Anhang

Tab. 16: Wichtige Namen in polnischer, tschechischer und deutscher Schreibweise

Polnisch	Tschechisch	Deutsch
Gewässer		
Biała Głuchowska	Bělá	Biele
Bóbr		Bober
Morze Bałtyckie		Ostsee
Nysa Kłodzka		Glatzer Neiße
Nysa Łużycka	Lužická Nisa	Lausitzer Neiße
Odra	Odra	Oder
Olza	Olše	Olsa
Opawa	Opava	Oppa
Ścinawka	Stěnavá	Steine
Warta		Warthe
Witka	Smědá	
Zalew Szczeciński		Stettiner Haff
Zatoka Pomorska		Pommersche Bucht
Geographische Namen		
Beskidy		Beskiden
Brama Łużycka	Lužická Brána	Lausitzer Pforte
Brama Morawska	Moravská Brána	Mährische Pforte
Góry Odrzańskie	Oderské Vrchy	Odergebirge
Moravska Beskidy	Moravskoslezské Beskydy	Mährische Beskiden
Pradziad	Praděd	Altvater
Śnieżka	Sněžka	Schneekoppe
Sudety		Sudeten
Städte		
Bielinek		Bellinchen
Bohumín	Bohumín	Oderberg
Gorzów/Wlkp.		Landsberg
Gozdowice		Güstebiese
Gryfino		Greifenhagen
Jelenia Góra		Hirschberg
Katowice		Kattowitz
Kłodzko		Glatz
Kostrzyn		Küstrin
Opole		Oppeln
Ostrava	Ostrava	Mährisch Ostrau
Poznań		Posen
Praga	Praha	Prag
Szczecin		Stettin
Warszawa		Warschau
Widuchowa		Fiddichow
Wrocław		Breslau
Zielona Góra		Grünberg

Tab. 17: Wichtige Oderpegel in Polen, Tschechien und Deutschland

Polnische Pegel an der Oder

Pegel	Kilometer Standort*	Oberfläche des Einzugsgebietes [km ²]	Oberflächenzunahme [km ²]	Wichtigste Nebenflüsse
Chałupki (Annaberg)	20,7	4.666,2		
Krzyżanowice (Kreuzenort)	33,6	5.874,8	1.208,6	Olza
Racibórz-Miedonia (Ratibor)	55,5	6.744,0	2.077,8	Psina
Koźle (Kosel)	97,2	9.173,6	2.429,6	Kłodnica
Krapkowice (Krappitz)	124,7	10.720,6	1.547,0	Osobłoga
Opole (Oppeln)	152,2	10.989,2	268,6	
Ujście Nysy (Neißemündung)	180,6	13.454,9	2.465,7	Mała Panew
Brzeg Most (Brieg-Brücke)	199,1	19.731,6	6.276,7	Nysa Kłodzka
Oława Most (Ohlau-Brücke)	216,5	19.981,1	249,5	
Trestno (Treschen)	242,1	20.561,2	580,1	
Brzeg Dolny (Dyhernfurth)	284,7	26.428,0	5.866,8	Oława, Śleza,
Malczyce (Maltsch)	304,8	26.812,4	384,4	Bystrzyca, Widawa
Ścinawa (Steinaw)	331,9	29.583,8	2.771,4	Kaczawa
Głogów (Glogau)	392,9	36.393,8	6.810,0	Barycz
Nowa Sól (Neusalz)	429,8	36.780,3	386,5	
Cigacice (Tschicherzig)	470,7	39.887,6	3.107,3	
Nietków (Nettkow)	490,5	40.396,7	509,1	
Połęcko (Pollenzig)	530,6	47.152,0	6.755,3	Bóbr
Słubice (Dammvorstadt)	584,1	53.382,0	6.230,0	Nysa Łużycka
Gozdowice (Güstebiese)	645,3	109.729,1	56.347,1	Warta
Widuchowa (Fiddichow)	701,8	110.524,3	795,2	

Quelle: IMGW, 1983

* Beginn der Kilometrierung an der Mündung der Opava (Oppa)

Tschechische Pegel an der Oder und ihren Nebenflüssen

Pegel	Fluss	Fläche [km ²]
Svinov	Oder	1.615,1
Opava	Opava	929,6
Branka	Moravice	716,3
Děhylov	Opava	2.039,1
Ostrava	Ostravice	822,7
Bohumín	Oder	4.662,3
Věřňovice	Olše	1.068,0
Jesenik	Bělá	116,9

Quelle: SOCHOREC, 1997

Deutsche Pegel an der Oder

Pegel	Lage am Gewässer [km]*	Einzugsgebietsfläche [km ²]
Eisenhüttenstadt	554,1	52.033
Frankfurt (Oder)	584,0	53.580
Kietz	614,8	53.752
Kienitz	633,0	109.093
Hohensaaten-Finow	664,9	109.564
Stützkow	680,5	112.143
Schwedt	690,6	112.950
Gartz/Westoder	8,0	113.910

Quelle: BFG, 1997

* Beginn der Kilometrierung an der Mündung der Opava (Oppa)

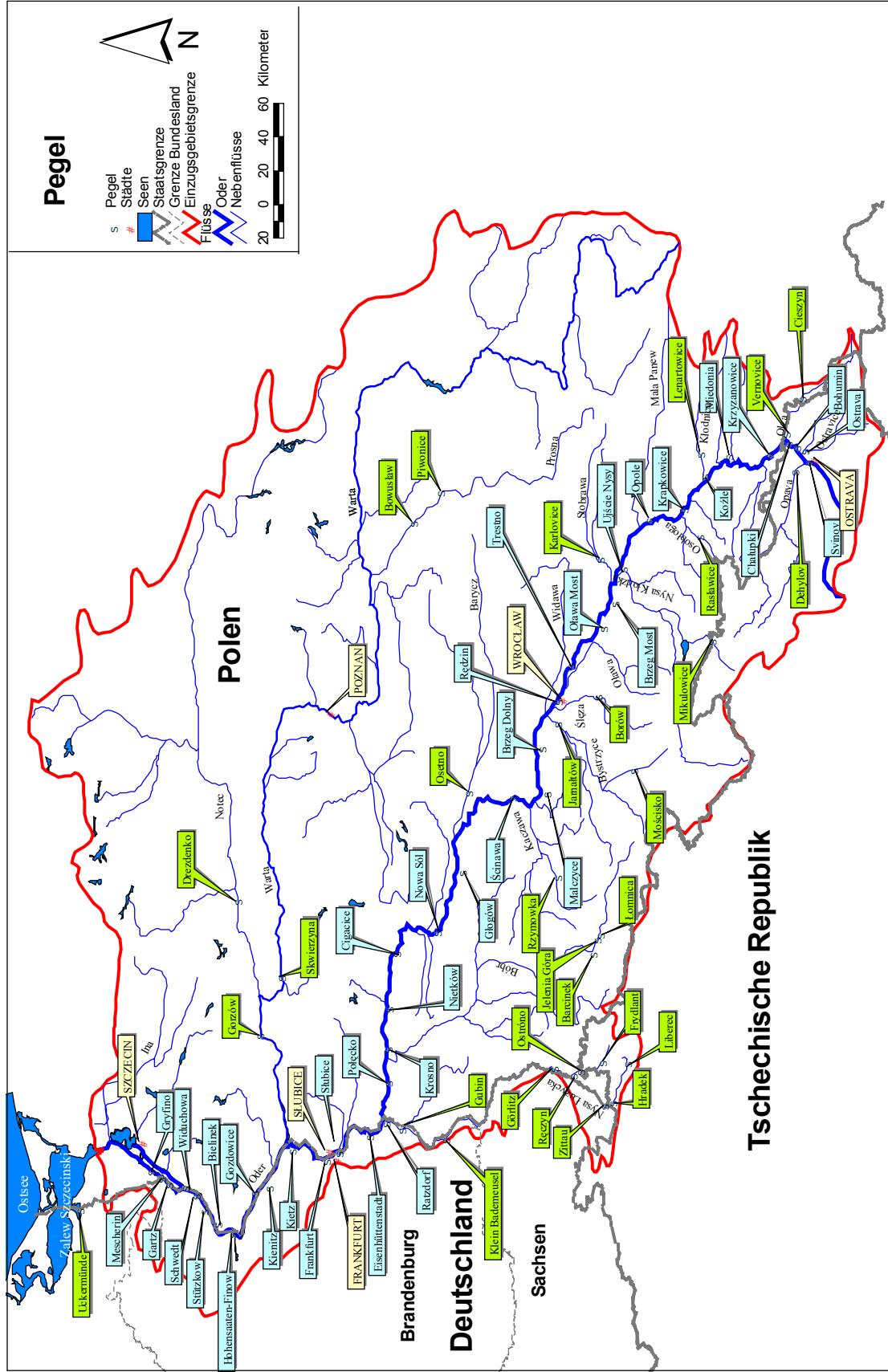


Abb. 20: Pegel

Tab. 18: Genutzte Polder an der Oder

Nr.	Name	Überflutungsfläche [ha]	Speichervolumen [Millionen m ³] (unterschiedliche Überschwemmungstiefen)
Obere und Mittlere Oder			
1	Obrówiec	277	3,7
2	Baków	420	5,4
3	Żelazna	200	1,7
4	Czarnowąsy	220	3,2
5	Rybna	825	12,0
6	Zwanowice	160	2,0
7	Kruszyna	41	1,6
8	Brzezina	257	3,5
9	Oława-Lipki	3.000	30,0
11	Blizanowice-Trestno	210	3,8
10	Oławka	1.070	12,0
12	Kielcz-Tarnów Bycki	815	15,0
13	Połupin	4.125	70,0
14	Krzesin-Bytomiec	1.200	20,0
Untere Oder			
15	Criewener Polder (A)	1.400	53,0
16	Schwedter Polder (B)	1.300	40,0
17	Fiddichower Polder (10)	1.700	35,0
18	Międyodrze (Gryfino, Szczecin, Gotów)	6.000	keine Angabe
Warta			
19	Słonsk	keine Angabe	480,0
20	Konin-Pyzdry	keine Angabe	230,0

Datenquellen:

Nr. 1-14: RZGW, 1998

Nr. 15-17: LUA, 1997 a

Nr. 18: BUCHHOLZ, 1997

Nr. 20-21: Angaben für die Studie vom IMGW Poznań

Tab. 19: Polnische Speicher

Speicher	Lage [km]	Einzugs- gebietsfläche [km ²]	Stauraum			überstaute Fläche bei Vollstau [ha]	Verwalter	
			Stauraum bei Vollstau [Mio m ³]	Stauraum gesamt [Mio m ³]	Hochwasserschutzraum beherrsch- bar [Mio m ³]			unbe- herrschbar [Mio m ³]
Jeziorsko	Warta	484,3	9.063,3	202,80	21,50	-	21,50	Bezirks-WWD Poznań
Otmuchów	Nysa Klodzka	75,8	2.361,0	124,46	38,64	15,27	23,37	Bezirks-WWD Wroclaw
Turawa	Mała Panew	18,5	1.422,8	106,20	13,70	3,00	10,70	Bezirks-WWD Wroclaw
Nysa	Nysa Klodzka	64,0	3.262,5	113,60	27,92	7,86	20,06	Bezirks-WWD Wroclaw
Dzierżno Duże	Kłodnica	32,6	528,9	94,00	7,00	5,50	1,50	Bezirks-WWD Gliwice
Mietków	Bystrzyca	48,0	715,4	70,56	4,10	4,10	-	Bezirks-WWD Wroclaw
Pilchowice	Bóbr	192,2	1.208,7	54,00	30,00	26,00	4,00	Energiewerke ZW S.A. Jelenia Góra
Stup	Nysa Szalona	8,0	392,0	38,40	7,30	2,41	-	Bezirks-WWD Wroclaw
Pławniowice	Pot. Toszecki	0,2	123,3	29,15	2,41	0,60	-	Bezirks-WWD Gliwice
Leśna	Kwisa	87,0	304,5	18,00	8,00	5,00	3,00	Energiewerke ZW S.A. Jelenia Góra
Bukówka	Bóbr	263,1	58,5	16,75	1,85	0,60	1,25	Bezirks-WWD Wroclaw
Złotniki	Kwisa	91,7	289,4	12,40	1,90	-	1,90	Energiewerke ZW S.A. Jelenia Góra
Dzierżno Małe	Drama	1,1	132,0	12,30	2,80	2,80	-	Bezirks-WWD Gliwice
Dobromierz	Stregomka	62,2	80,7	11,35	1,35	0,95	0,40	Bezirks-WWD Wroclaw
Poraj	Warta	763,7	389,0	25,10	8,20	2,70	5,50	Stahlwerk „Częstochowa“
Lubachów	Bystrzyca	72,2	149,5	8,00	2,00	1,60	0,40	Energiewerke ZE Wałbrzych
			Summe	937	179	78	94	

Datenquelle: IKSO, 1999

Tab. 20: Tschechische Talsperren

Talsperre	Fluss	Lage [km]	Einzugs- gebiets- fläche [km ²]	Abfluss			Stauraum				überstaute Fläche bei Vollstau [km ²]	
				Mittlerer Abfluss (1931-80) [m ³ /s]	HQ ₁₀₀ [m ³ /s]	Eiserner Bestand [Mio m ³]	Nutzraum [Mio m ³]	hochwasserschutz- raum beherrsch- bar [Mio m ³]	unbeherr- schbar [Mio m ³]	beherrsch- barer Gesamt- stauraum [Mio m ³]		Stauhöhe bei Vollstau [m ü. NN]
Slezská Harta	Moravice	55,83	464,3	5,47	231	7,57	182,85	12,03	16,30	202,44	497,00	8,787
Kružberk	Moravice	45,03	556,7	6,46	257	4,02	24,58	6,93	0,00	35,53	431,50	2,802
Šance	Ostravice	45,77	146,3	3,25	313	2,48	44,18	6,14	8,69	53,07	504,59	3,047
Morávka	Morávka	18,82	63,3	1,79	215	0,40	4,39	5,24	1,28	10,02	515,64	0,745
Olešná	Olešná	10,69	33,6	0,57	87	0,30	3,20	0,00	0,91	3,50	303,71	0,784
Žermanice	Lučina	25,02	45,4	0,57 a) 1,99	80	0,97	18,47	5,82	0,00	25,26	294,00	2,484
Těrlícko	Stonávka	12,45	81,6	1,12 b) 1,27	146	0,65	22,01	1,72	1,72	27,39	276,70	2,512
Baška*	Baščica		12,3			0,40	0,60	0,10		1,10		
Summe						16,79	300,28	37,98	28,9	358,31		

a) mit Überleitung des Wassers aus Moravka

b) mit Überleitung des Wassers aus Rapičanka

Datenquelle: IKSO, 1999; *Radczuk, 1997

Tab. 21: Zusammenstellung der Projekte aus Kapitel 7

Projekte zur Hochwassermodellierung und –vorhersage für Teileinzugsgebiete bzw. Flussabschnitte				
Projekt	Laufzeit	Förderer	Institutionen	Bemerkung
MATRA (SOBEK) Polnisch-Niederländische bilaterale Zusammenarbeit	01.06.1997 – 30.06.1999	Niederländisches Außenministerium	<i>Koordinator:</i> Firma Arcadis Heidemij Advies <i>Beteiligt:</i> Polnische und Niederländische Institutionen des Wassermanagement, u. a. IMGW Wrocław	u. a. Transfer des eindimensionalen, hydrodynamischen Simulationsmodelles SOBEK
Verbesserung des Hochwasservorhersagesystems im oberen Einzugsgebiet der Oder	seit 1997/98	Tschechische Republik	ČHMÚ Ostrava; Povodí Odry	Ausbau des Monitoringnetzes und Implementierung des N-A-Modells HYDROG
Hydrological and meteorological monitoring, forecasting and protection system (poln. Abkürzung SMOK)	01.01.1998 – 31.12.2000	Kredit der Weltbank	IMGW	Ausbau der Monitoringnetze; Verbesserung der meteorologischen und hydrologischen Vorhersagesysteme
MIKE 11 Polnisch - Dänisches Projekt	Mai 1998 – November 2000	DEPA (Dänische Umweltschutzbehörde)	<i>Koordinator:</i> DHI (Dänisches Hydraulisches Institut) <i>Beteiligt:</i> IMGW Wrocław; RZGW Wrocław; IMGW Warszawa	Transfer Dänischer Hochwassermanagement Technology (Software MIKE 11)
Hydrodynamisches Modell der BfG	01.07.1999 – 30.06.2002	LUA Brandenburg	BfG (Bundesanstalt für Gewässerkunde)	Entwicklung eines hydrodynamischen Modells für die Grenzoder
Internationale Projekte zur Hochwassersimulation				
Projekt	Laufzeit	Förderer	Institutionen	Bemerkung
ODER-LISFLOOD: Teil des Projektes Naturgefahren	01.01.1999 – 31.12.2000 (verlängert bis 2002)	EU-JRC Projekt in Unterstützung fuer die IKSO	<i>Koordinator:</i> SAI der Gemeinsamen Forschungsstelle der EU in Ispra, Italien <i>Konsultativ einbezogen:</i> IMGW Wrocław; RZGW Wrocław; ČHMU Praha; LUA Brandenburg; Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie und verschiedene Forschungsinstitutionen und Firmen der Oderanrainerstaaten	Niederschlag-Abfluss-Modellierung im Odereinzugsgebiet ohne Warta und Untere Oder
ODRAFLOOD	01.01.2000 – 31.12.2002	BMBF Projekträger DLR	<i>Koordinator:</i> GKSS (Forschungszentrum Geesthacht); <i>Projektpartner:</i> IMGW Wrocław; MRI Szczecin; DLR; BTU Cottbus	Simulation von Hochwasser im Einzugsgebiet der Oder einschließlich Wartaeinzugsgebiet mit einem gekoppelten Modellsystem

Planungsgrundlagen und Informationssysteme zum Thema Hochwasser				
Projekt	Laufzeit	Förderer	Institutionen	Bemerkung
Oder-Auen-Atlas	01.01.1998- 31.12.2000	Gerling Versicherung, WWF u. a.	WWF-Aueninstitut Rastatt, Niederschlesische Stiftung für nachhaltige Entwicklung Breslau u. a.	Einzugsgebietsorientierte Datengrundlage für naturschutzfachliche Fragestellungen, GIS- basiert
ODERREGIO	1999 – 2001	EU-Programm INTERREG II C	<i>Auftraggeber:</i> Gemeinsame Landesplanungsabteilung Berlin- Brandenburg <i>Beteiligt:</i> Planungsbehörden in Deutschland, Polen und Tschechien <i>Durchführung:</i> Büro Infrastruktur und Umwelt, Potsdam u. a.	Transnationale Konzeption zum vorbeugenden Hochwasserschutz im Einzugsgebiet der Oder
FLODIS-ODER	1999-2002	Allianz Stiftung zum Schutz der Umwelt; ESRI® Inc. USA COMPAQ® Deutscher Verband für Wasserwirt- schaft und Kulturbau e.V. (DVWK)	<i>Fördermittelempfänger:</i> Gewässer- und Deichverband Oderbruch, Seelow <i>Durchführung:</i> WASY GmbH zusammen mit polnischen und tschechischen Partnern	Grenzüberschreitendes Informations- und Entscheidungshilfesystem für ein nachhaltiges Hochwassermanagement an der Oder (Pilotprojekte)
OSIRIS	01.01.2000 – 31.12.2002	5. Rahmenpro- gramm der EU	<i>Koordinator:</i> SOGREAH (Grenoble/France) <i>Beteiligt:</i> Stadt Frankfurt/Oder, BTU Cottbus, IMGW Krakow u. a.	Einsatz der Informations- und Kommunikations- technologie im Falle von Hochwasser