

VERLAUF UND FOLGEN AUSGEWÄHLTER
HOCHWASSER IM EINZUGSGEBIET DER ODER
VOM 19. JAHRHUNDERT BIS ZUR GEGENWART



Forschungsbeitrag unter der Leitung von
PRZEMYSŁAW LIGENZA, TAMARA TOKARCZYK
UND MARIUSZ ADYNKIEWICZ-PIRAGAS



VERLAUF UND FOLGEN AUSGEWÄHLTER HOCHWASSER IM EINZUGSGEBIET DER ODER VOM 19. JAHRHUNDERT BIS ZUR GEGENWART

Ein Forschungsbeitrag unter der Leitung von
Przemysław Ligenza, Tamara Tokarczyk
und Mariusz Adynkiewicz-Piragas

Staatliches Forschungsinstitut
Institut für Meteorologie und Wasserwirtschaft

Warszawa 2022



REIHE BEITRÄGE ZU FORSCHUNG UND WISSENSCHAFT IMGW-PIB

VERLAUF UND FOLGEN AUSGEWÄHLTER HOCHWASSER IM EINZUGSGEBIET DER ODER VOM 19. JAHRHUNDERT BIS ZUR GEGENWART

Das vorliegende Buch ist eine Übersetzung der 2022 in polnischer Sprache veröffentlichten Monographie Przebieg i skutki wybranych powodzi w dorzeczu Odry od XIX wieku do czasów współczesnych.

Autoren

IMGW-PIB / Mariusz Adynkiewicz-Piragas, Robert Banasiak, Leszek Jelonek,
Joanna Kryza, Bartłomiej Miszuk, Ksawery Skąpski, Wiwiana Szalińska,
Franciszek Szumiejko, Andrzej Tiukało, Tamara Tokarczyk
LfU Brandenburg / Wolfgang Fröhlich
Česky hydrometeorologický ústav / Jan Unucka

Wissenschaftliche Redaktion

Przemysław Ligenza, Tamara Tokarczyk, Mariusz-Adynkiewicz-Piragas

Rezension

Univ.-Prof. Dr. habil. Roman Cieśliński, Universität Gdańsk

Übersetzung

Antoni Niemczura

Redaktionelle Bearbeitung

Rafał Stepnowski

Satz & Layout

Michał Seredin

ISBN: 978-83-64979-49-1

Herausgeber

Institut Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowy Instytut Badawczy
01-673 Warszawa, Podleśna 61, E. content@imgw.pl
Redaktor Wydawniczy/Verlagsredaktion
Rafał Stepnowski, E. rafal.stepnowski@imgw.pl

INHALTSVERZEICHNIS

VORWORT P. Ligenza	5
EINLEITUNG T. Tokarczyk, M. Adynkiewicz-Piragas	7
INTERNATIONALE FLUSSGEBIETSEINHEIT ODER F. Szumiejko, K. Skąpski	11
Zusammenarbeit mit der Tschechischen Republik	14
Zusammenarbeit mit der Bundesrepublik Deutschland	15
CHARAKTERISIERUNG AUSGWÄHLTER PHYSIKALISCHER UND GEOGRAPHISCHER KOMPONENTEN DER ODER UND IHRES EINZUGSGEBIETS J. Kryza, B. Miszuk, M. Adynkiewicz-Piragas, J. Unucka	17
Relief und geologie	19
Klima	24
Natürliche umwelt	27
ABFLUSSVERHÄLTNISSE IM EINZUGSGEBIET DER ODER T. Tokarczyk, L. Jelonek, W. Szalińska, J. Unucka, K. Skąpski	33
Hydrologische bedingungen	33
Gestaltung der Abflussverhältnisse: physikalisch-geographische und anthropogene Faktoren	35
Geschichte der Wasserbauwerke im Einzugsgebiet der Oder	40
Hydrometeorologische Beobachtungen im Einzugsgebiet der Oder	51
Messungen während andauernder hochwasser	53
EXTREMHOCHWASSER IM EINZUGSGEBIET DER ODER UND IHRE FOLGEN W. Szalińska, T. Tokarczyk, W. Fröhlich, J. Unucka	59
SOMMERHOCHWASSER	59
WINTERHOCHWASSER	92
AUSWERTUNG AUSGEWÄHLTER SOMMERHOCHWASSER L. Jelonek, W. Szalińska, T. Tokarczyk, R. Banasiak	101
Überprüfung der Durchflüsse während der Hochwasser von Juli 1997 und Mai 2010	108
REDUZIERUNG VON HOCHWASSERRISIKEN: IST-ZUSTAND UND AUSBLICK T. Tokarczyk, A. Tiukała	117
ZUSAMMENFASSUNG M. Adynkiewicz-Piragas, T. Tokarczyk	121
LITERATURVERZEICHNIS	123

VORWORT

Przemysła Ligenza

Über Jahrhunderte hinweg bildeten Flüsse die wichtigste Trinkwasser- und Nahrungsquelle. Ebenso wurden sie als Wasserstraße genutzt. Ein leichter Zugang zum Wasser entschied darüber, wo Städte und Dörfer gegründet wurden [Labuda 1992]. Leider trug die im Laufe der Jahrhunderte im Rahmen menschlicher Siedlungstätigkeiten stetig zunehmende Flächenbeanspruchung in den Flusstälern dazu bei, dass auch das Hochwasserrisiko stetig stieg. Und obgleich derartige Ereignisse nicht besonders verheerend für die Umwelt selbst sind, so bilden sie doch für den Menschen eine enorme Herausforderung und tragen zu erheblichen materiellen Schäden bei.

Hochwasser treten regelmäßig und saisonal auf; die Ursachen hierfür sind erkennbar, ebenso wie ihre Ausdehnung in den Flusstälern und die deutlichen Vorboten in Form ansteigender Pegelstände. Ihre Auswirkungen, d.h. finanzielle Schäden sowie die Folgen für die Menschen selbst gehen am häufigsten auf einen unzureichenden Informationsfluss und fehlende technische Möglichkeiten zur Sicherung von Hab und Gut oder die Evakuierung von Menschen sowie – sehr oft – darauf zurück, dass die Erfahrungen der zuvor betroffenen Generationen unberücksichtigt bleiben. Jedoch treten auch Hochwasser ungeahnten Ausmaßes auf, hervorgerufen von Starkregen, Erdbeben bzw. Baukatastrophen (wenn bspw. Talsperren, Stau- oder Hochwasserschutzdämme brechen), die nur schwer vorherzusehen sind.

Im 20. und zu Beginn des 21. Jahrhunderts waren wir Zeugen vieler Hochwasserereignisse, die jegliche Arten von Hochwassern umfassten. Gerade im letzten Jahrhundert hatte der Mensch wie nie zuvor einen energischen Kampf gegen diese Naturgewalt geführt, in dem er Erfolge erzielte, aber auch dramatische Niederlagen hinnahm. Die schlimmste bekannte Flut, auch Jahrtausendhochwasser genannt, ereignete sich 1997. Sie verlief in zwei Abschnitten. Die erste Welle dauerte vom 3. bis 10. Juli, die zweite vom 18. bis 22. Juli. Neben Süd- und Westpolen waren auch Tschechien und Ostdeutschland betroffen. Der Naturkatastrophe fielen allein in Polen über 50 Menschen zum Opfer, die materiellen Schäden werden auf insg. mehrere Milliarden Dollar beziffert. Am heftigsten betroffen waren die Einwohner: innen von Opole, Wrocław und den umliegenden Ortschaften. Die Pegel überschritten die bisher verzeichneten Höchststände nochmals um 2 bis 3 Meter. Nur geringfügig niedrigere Pegelstände wurden beim Oder-Hochwasser im Mai und Juni 2010 gemessen, jedoch zeigten die ergriffenen Maßnahmen zum Schutz des Odertals vor Hochwassern bereits Wirkung, so dass die Folgen dieses Hochwassers weitaus weniger verheerend waren.

In der Praxis gibt es keine Möglichkeiten, Hochwasser generell zu vermeiden; aber die in der Vergangenheit gesammelten Erfahrungen können dazu beitragen, besser mit dem Risiko umzugehen und das letztendliche Auftreten von Naturkatastrophen zu vermeiden. Die vorliegende Monographie bildet eine Zusammenfassung der langjährigen grenzüberschreitenden Zusammenarbeit im Einzugsgebiet der Oder, im Rahmen derer das Staatliche Forschungsinstitut, Institut für Meteorologie und Wasserwirtschaft (IMGW-PIB) eine bedeutende Rolle einnimmt, vor allem bei der Untersuchung von Extremereignissen wie den Oder-Hochwassern im 19. und 20. Jahrhundert. Gemeinsam mit Fortschritt und zivilisatorischer Entwicklung ändern sich auch die technischen Verfahren zur

Beobachtung und Erhebung von Daten, so dass wir heute wesentlich präzisere hydrologische Messungen vornehmen und sehr viel genauer bestimmte Naturereignisse bewerten können. Die hier zusammengetragenen Daten und Angaben aus der Geschichte der Oder-Hochwasser vermitteln dem Leser ein klares und übersichtliches Bild davon, wie sich über die Jahre hinweg die Hochwasserverhältnisse im Einzugsgebiet der Oder entwickelt hatten. Im Rahmen der sehr guten Zusammenarbeit mit den zuständigen Behörden in der Bundesrepublik Deutschland und der Tschechischen Republik sowie des Austausches meteorologischer und hydrologischer Daten gelang es, eine umfassende Bewertung der Sommer- und Winterhochwasser vorzunehmen.

Die Oder ist ein grenzüberschreitender Fluss, was nicht nur während auftretender Hochwasser von enormer Bedeutung ist, sondern ebenso bei der ständigen Zusammenarbeit im Rahmen des Monitoring, der Prognose sowie der Erstellung von Szenarien unterschiedlichster Hochwasserereignisse. Daher wird in vorliegender Monographie der eigentlichen Beschreibung einzelner Hochwasserereignisse ein umfangreiches Kapitel vorangestellt, das eben jener internationalen Zusammenarbeit im Einzugsgebiet der Oder gewidmet ist. Sie bildet damit das Ergebnis der Zusammenarbeit von Expert:innen aus Polen, Tschechien und Deutschland. Vorgestellt werden die jeweiligen Charakteristika der stärksten historischen Hochwasser im Einzugsgebiet der Oder, vom 19. bis zum 21. Jahrhundert, wobei der Beschreibung folgende Untersuchungsgegenstände zugrunde lagen:

- Naturräume im Einzugsgebiet der Oder einschl. geographische, klimatische und hydrologische Faktoren;
- Hydrometeorologische Ausgangssituation vor Auftreten des Hochwassers;
- Meteorologische und hydrologische Ereignisse während des Hochwassers;
- Entwicklung der wasserbaulichen und wasserwirtschaftlichen Anlagen und Bauwerke im Laufe der Jahrhunderte;
- Entwicklungen der hydrologischen Beobachtungsmethoden;
- Vergleich ausgewählter Sommerhochwasser.

Als Quellen dienten vorliegender Monographie vor allem Chroniken und bislang veröffentlichte Beiträge über Hochwasser, in Deutschland erschienene gewässerkundliche (insb. das Jahrbuch für die Gewässerkunde Norddeutschlands, je nach Abflussjahr) und meteorologische Jahrbücher (Ergebnisse der Niederschlagsbeobachtungen), Mess- und Beobachtungsdaten der öffentlichen Wetterdienste in Polen und Tschechien wie ebenso andere zugängliche Fachliteratur.

Die Monographie gibt damit einen anschaulichen Überblick über die Ergebnisse von Untersuchungen der stärksten historischen Oder-Hochwasser. Sie ist daher sowohl von Erkenntniswert, als auch von praktischer Bedeutung. Das umfangreiche Forschungsmaterial mag damit bei der Bewertung von Hochwasserrisiken Anwendung finden wie auch im Rahmen der Beschreibung fluvialer Prozesse genutzt werden, die die Hydromorphologie der Oder und ihre Qualitätskomponenten bestimmen. Darüber hinaus ist sie wertvolle Quelle für Fachleute und Institutionen, die wasserbauliche Anlagen sowie wassertechnische Bauwerke planen und die Schiffbarkeit der Oder beurteilen; gleichermaßen dient sie der fachlichen Unterstützung von Vorhaben zur Renaturierung des Flusses.

EINLEITUNG

Tamara Tokarczyk, Mariusz Adynkiewicz-Piragas

Hochwasser sind Naturkatastrophen, die aufgrund ihrer zerstörerischen Kraft für den Menschen eine besondere Bedeutung entwickelt haben. Über Jahrhunderte hinweg haben sie ihn begleitet und seine wirtschaftliche und soziale Entwicklung stark beeinflusst. Hochwasser sind Naturereignisse und können damit prinzipiell nicht verhindert werden. Auch der große wissenschaftliche und technische Fortschritt kann ein Hochwasserrisiko nicht ausschließen. Die Gründe hierfür liegen im Spannungsfeld zwischen der zivilisatorischen Entwicklung, dem Schutz der natürlichen Umwelt und dem notwendigen Schutz wichtiger Wirtschaftsräume vor Hochwasserereignissen.

Der Hochwasserschutz umfasst eine Reihe von Maßnahmen zur Begrenzung des Ausmaßes und der Folgen von Hochwasserereignissen. Die wichtigsten Mittel zum Management von Hochwasserrisiken bilden technische und nicht-bauliche wie ebenso administrative und wirtschaftliche Maßnahmen, wie die wassertechnische Infrastruktur, eine entsprechende Bewirtschaftung der Flussauen und gesetzliche sowie versicherungsrechtliche Vorgaben. Die ungenügende Bewirtschaftung von Flussauen führt zu einem Anstieg des Hochwasserrisikos sowie zu enormen Schäden infolge von Überschwemmungen. Der Bau wassertechnischer Bauwerke zum Aufstau von Wasser kann wiederum das Ausmaß von Überschwemmungen beeinflussen. Der auf Risikoanalysen basierte Ansatz ermöglicht einen besseren Hochwasserschutz, indem Vorbereitungs- und Vorbeugungsmaßnahmen sowie Reaktionsvermögen und Schadensbehebung verbessert werden. Daher sind umfassende Analysen aller Hochwasserereignisse und die Ermittlung der wichtigsten Ursachen notwendig.

Die entscheidende Rolle bei der Entstehung von Hochwasserwellen spielt in einem Flussgebiet die natürliche Umwelt. Von besonderer Bedeutung für die Oder sind Form und Orographie des Flussgebiets. Das Flussgebiet der Oder ist sehr stark differenziert und extrem asymmetrisch. Die linkseitigen Nebenflüsse der Oder mit ihren Quellgebieten in den Sudeten und im Sudetenvorland, aber auch die rechtsseitig zufließende Olsa mit ihrer Quelle in den Schlesischen Beskiden zählen zu Gebirgs- und Tieflandflüssen. Das Höhenverhältnis im Flussgebiet ist sehr differenziert und zeichnet sich in seiner geologischen Form als Schichtstufenland durch drei grundlegende Landschaften aus: Gebirge mit Gebirgsvorland, Mittelgebirge und Tiefland. Durch diese vielfältige Landschaft wird nicht nur die Niederschlagsmenge, sondern auch der Abfluss und das Wasserrückhaltevermögen im Flussgebiet der Oder beeinflusst [Dubicki 1993]. Einen großen Einfluss auf die Entstehung von Hochwasserwellen haben, abgesehen von den physikalisch-geographischen Bedingungen, ebenso wassertechnische Bauwerke, die dem technischen Hochwasserschutz dienen (Rückhaltebecken, Ableitkanäle, Polder, Trockenbecken, Deiche und die Befestigung der Gebirgsbäche). Ein weiterer Geo-Faktor, der die Entstehung von Hochwasserwellen maßgeblich beeinflusst, ist die Art und Weise der Oberflächenbebauung, die sich stark auf Wetterverhältnisse und mikroklimatische Vielfalt auswirkt [Migoń 2010].

Die Menschen haben über Jahrhunderte hinweg Hochwasserereignisse beschrieben und versucht, Naturkatastrophen vorherzusagen. Hochwasserberichte waren vor 1850 oft Teil von Wetteraufzeichnungen und historischen Dokumenten, die über verschiedene, auch extreme Naturereignisse berichteten. Die ältesten Berichte über historische Hochwasserereignisse in Schlesien stammen aus Chroniken aus der Mitte des 12. Jahrhunderts und betreffen vorwiegend Ereignisse in den Städten der Region. Das umfangreichste Verzeichnis der Hochwasser in der Stadt Breslau entstand im frühen 17. Jahrhundert und stammt von Nicolaus Pol, dem Archidiakon an der Magdalenenkirche in Breslau [Wójcik 2008]; der Bericht gilt als zuverlässige Quelle [Kamiński et al. 1998]. In der Zeit von 1118 bis 1854, d. h. über 736 Jahre, wurden an der Oder und ihren Nebenflüssen, aber auch an Flüssen in ganz Europa 90 Hochwasser unterschiedlicher Stärke und Reichweite verzeichnet. Sie traten oft in Abständen von einem oder zwei Jahren auf, z. B.: 1220, 1221; 1444, 1445; 1451, 1453, 1454; 1462, 1464, 1468; 1495, 1496; 1571, 1572; 1583; 1586; 1598, 1599; 1729; 1736. Die meisten Ereignisse wurden als langanhaltende „schwere Hochwasser“ oder „große Fluten“ bezeichnet.

Im späten 18. Jahrhundert tauchen in den historischen Schriften Ereignischroniken mit Informationen über extreme Naturereignisse auf. Zu Beginn des 19. Jahrhunderts begann man in Schlesien damit, Wetterbeobachtungen kontinuierlich durchzuführen, die ihrerseits Daten für die zuerst ein Mal und ab 1843 zwei Mal im Monat erstellten Berichte für die preußischen und dann kaiserlichen Behörden lieferten. Die Berichte gingen an die Regierungsbezirke Oppeln, Liegnitz und Breslau [Kasprzak 2010].

Zum Ende des 19. Jahrhunderts enthielten die Hochwasserberichte immer mehr wissenschaftliche Daten, detaillierte Schilderungen der Ereignisse und Übersichtstabellen mit Wasserstandsmessungen, die durch regelmäßige Beobachtung der Pegelstände zustande kamen. Die kontinuierliche Beobachtung der Wasserstände an ausgewählten Flüssen begann in Deutschland am 15. Dezember 1889 [Deutsch, Poertge 2002]. Umfangreiches Material zu Hochwasserwellen entlang der Gebirgsflüsse im Riesengebirge ist den Arbeiten von Fischer [1898] und Partsch [1898], zum Einzugsgebiet des Bober von Petrak [1882] und der Lausitzer Neiße von Knothe [1939] und Ragsch [1938] zu entnehmen. Wertvolle Angaben liefert auch der Bildband *Hochwasserkatastrophe in Schlesien* [Schmidt 1939]. Besondere Beachtung verdient die Arbeit von Hellmann und Elsner [1911] mit einer meteorologischen und hydrologischen Analyse hoher Pegelstände in den Jahren 1888-1907, basierend auf dem verheerenden Hochwasser von 1854. Beiträge mit einer Aufstellung der Schäden sind hingegen selten. Schadensberichte wurden im Allgemeinen in Fachzeitschriften der Binnenschifffahrt, wie z. B. im Beitrag *Die Wasserwirtschaft des Odergebiets...* [Freymark 1929], veröffentlicht.

Die frühesten polnischen Berichte über Hochwasser im Einzugsgebiet der Oder stammen aus der Chronik *Kroniki Klęsk elementarnych w Polsce i krajach sąsiednich w latach 1648-1696* [Chronik der Elementarkatastrophen in Polen und in den Nachbarländern in den Jahren 1648-1696] [Namaczyńska 1937]. Eine umfassende Darstellung historischer Hochwasserereignisse zwischen 1100 und 1903 bieten Szczegieliński [1979b], Inglot [1986]

und Łuczyński [2000]. Viele Beiträge erschienen nach dem Hochwasser von 1997 [Sawicki 1997; Dubicki 2006; Wójcik 2008]. Historische Hochwasserereignisse in Schlesien wurden ebenfalls in tschechischen Arbeiten behandelt [Hudousková 2009; Karpaš 2009, Kulasowá, Bubeníková 2009]. Die Ereignisse der Jahre 1813 und 1930 beschreibt in seinen Arbeiten Munzar [2000, 2001].

Nicht alle geschilderten hohen Wasserstände waren zugleich Extremereignisse. Hochwasser, von den Chronisten und Forschern als „große Flussüberschwemmungen“ oder „starke Hochwasser“ bezeichnet, traten zumeist als Einzelereignisse in größeren Zeitabständen auf. Unter den Ereignissen aus vorindustrieller Zeit wurden lediglich die Überschwemmungen in den Jahren 1118, 1270, 1310, 1543, 1736, 1785 als große bzw. schwere Hochwasser bezeichnet.

Eine Analyse der historischen Quellen zeigt, dass die meisten Hochwasser im Einzugsgebiet der Oder vom 16. bis zum 19. Jahrhundert verzeichnet wurden. Der Grund hierfür könnte in der Abkühlung des Klimas in Europa, der sog. „kleinen Eiszeit“, liegen. Sie gliedert sich in drei Phasen [Czerwiński 1991]. Die erste Phase von Beginn bis Mitte des 16. Jahrhunderts zeichnete sich durch kalte und trockene Winter und Niederschlagsschwankungen im Sommer aus. Der Zeitraum von Mitte des 16. bis zum Anfang des 18. Jahrhunderts war der Kernzeitraum der kleinen Eiszeit, gekennzeichnet von harten Wintern sowie kühlen und feuchten Sommern. Die letzte Phase von Mitte des 19. bis Anfang des 20. Jahrhunderts wird als die wärmste Phase der Periode bezeichnet. Frühe Hochwasserberichte sind vorwiegend qualitative Schilderungen. Erst mit Beginn regelmäßiger Wasserstandsmessungen zu Anfang des 19. Jahrhunderts entstehen immer versiertere Berichte über Hochwasserereignisse. Die Beobachtungen werden um Aufzeichnungen mit Analysen der Wasserstände und Abflüsse ergänzt. Zahlreiche Monographien und umfangreiche Arbeiten zu Oder-Hochwassern mit meteorologischen Hintergrundinformationen, hydrologischen Daten, Angaben zu geomorphologischen Folgen und Schätzungen der Sachschäden erscheinen jedoch erst gegenwärtig, d. h. nach 1945 [Dubicki 1972; Jahn, Kowaliński 1979; Komar 1979; Szczegielniak 1979a; Stachy et al. 1996]. Die meisten Beiträge befassen sich mit dem Juli-Hochwasser von 1997 [Stachy, Bogdanowicz 1997; Zaleski et al. 1997; Żurawek 1998; Dubicki et al. 1999; Szczegielniak 1999; Żurawek, Migoń 1999; Szponar, Zalewski 2001; Grykień, Szmytkie 2008]. Darüber hinaus erschienen viele Berichte staatlicher Stellen und Nichtregierungsorganisationen, wie z. B. *Dorzecze Odry. Powódź 1997* [Das Einzugsgebiet der Oder. Hochwasser 1997] [IKSO 1999] oder *System osłony przeciwpowodziowej i prognoz w dorzeczu Odry* [Systeme zum Schutz und Prognose von Hochwasser im EZG der Oder] [IKSO 2001]. Einen anderen Ansatz vertritt die Arbeit *Atlas zalewowych obszarów Odry* [Atlas der Überschwemmungsgebiete der Oder] [Rast et al. 2000], in der auf Basis kartographischer Untersuchungen und Bioindikatoren die räumliche Ausdehnung tatsächlicher und potenzieller Überschwemmungen entlang der Oder in Tschechien, Polen und Deutschland bestimmt wird.

INTERNATIONALE FLUSSGEBIETSEINHEIT ODER

Franciszek Szumiejko, Ksawery Skąpski

Die Oder ist ein Grenzfluss. Ihr Quellgebiet liegt in der Tschechischen Republik, der Ober- und Mittellauf auf dem Gebiet der Republik Polen, und am Unterlauf bildet sie die Staatsgrenze zwischen der Bundesrepublik Deutschland und Polen. Der Flussverlauf bestimmte über Jahre auf natürliche Art und Weise die grenzübergreifende Zusammenarbeit zwischen allen drei Ländern. Die Form der Kontakte war und ist weiterhin von Änderungen politischer Doktrinen und Errungenschaften in Forschung und Wissenschaft, jedoch auch durch unmittelbare Faktoren, wie die allgemeine soziale und kulturelle Entwicklung, geprägt. Grundlage der Koordinierung von Maßnahmen und der Zusammenarbeit im Einzugsgebiet der Oder bilden unterzeichnete Verträge und weitere internationale Dokumente.

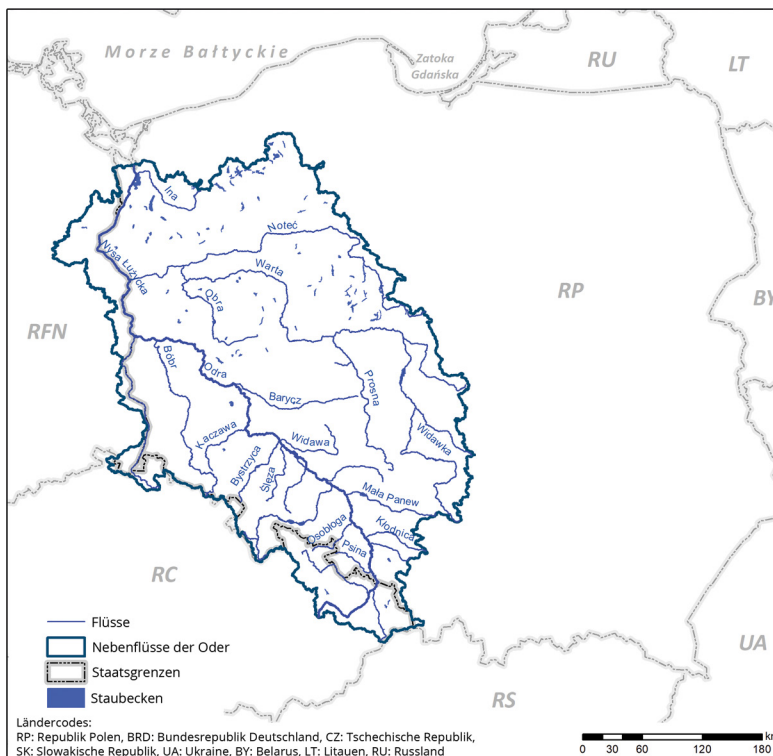
Die enge grenzüberschreitende Zusammenarbeit begann am 21. März 1958 mit der Unterzeichnung des ersten Vertrages über die Wasserwirtschaft auf Grenzgewässern zwischen der Regierung der Volksrepublik Polen und der Regierung der Tschechoslowakischen Republik. Zur Durchführung von Maßnahmen wurden Vertreter bestimmt. Der Folgevertrag über die Zusammenarbeit und die Bewirtschaftung der Grenzgewässer wurde zwischen der Regierung der Republik Polen und der Regierung der Tschechischen Republik am 20. April 2015 unterzeichnet und trat am 5. Oktober 2015 in Kraft. Im Rahmen der Zusammenarbeit mit Tschechien hat Polen am 15. Januar 1998 einen Vertrag über die Kooperation im Bereich Umweltschutz unterzeichnet. Die Bestimmungen des Vertrages werden von der Polnisch-Tschechischen Gemischten Kommission zur Zusammenarbeit im Bereich Umweltschutz umgesetzt.

Zwischen der Regierung der Bundesrepublik Deutschland und der Regierung der Republik Polen wurde am 8. November 1991 ein Abkommen über die Binnenschifffahrt unterzeichnet. Zur Umsetzung der Vertragsbestimmungen errichtete man den Gemeinsamen Deutsch-Polnischen Ausschuss für die Binnenschifffahrt. Am 19. Mai 1992 wurde der Vertrag über die Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Wasserwirtschaft an den Grenzgewässern unterzeichnet. Für die Umsetzung des Vertrages wurde die Deutsch-Polnische Grenzgewässerkommission eingerichtet. Die Kommission setzt sich aus fünf Arbeitsgruppen zusammen. An den Arbeitsgruppen sind auf polnischer Seite Vertreter des Staatlichen Forschungsinstituts, Instituts für Meteorologie und Wasserwirtschaft (IMGW-PIB), des Staatlichen Wasserwirtschaftsbetriebes „Polnische Gewässer“ (*Państwowe Gospodarstwo Wodne „Wody Polskie“*), der regionalen Wasserwirtschaftsverwaltungen, der Staatlichen Umweltinspektion (*Państwowa Inspekcja Ochrony Środowiska* [PIOS]) und der Kommunen beteiligt. Das nachfolgende Abkommen vom 7. April 1994 befasst sich mit der Zusammenarbeit auf dem Gebiet des Umweltschutzes. Für die Umsetzung der Vertragsbestimmungen wurde der Deutsch-Polnische Umweltschutzrat eingerichtet.

Mit dem trilateralen Vertrag zwischen der Bundesrepublik Deutschland, der Tschechischen Republik, der Republik Polen und der Europäischen Gemeinschaft vom 11. April 1996

wurde die Internationale Kommission zum Schutz der Oder gegen Verunreinigung (IKSO) ins Leben gerufen. Alle Vertragsparteien sind in der Kommission mit jeweils 10 Personen (fünf Mitglieder und fünf Stellvertreter) vertreten. Die Arbeit der Kommission findet in sechs Arbeitsgruppen statt: Datenmanagement, Havarieverunreinigungen, Rechtsfragen, Hochwasser, Umweltschutz und WRRL statt. Die zuständigen Ministerien der Republik Polen, der Tschechischen Republik und der Bundesrepublik Deutschland vereinbarten, dass die Internationale Kommission zum Schutz der Oder gegen Verunreinigung nach den Vorgaben des Art. 3 Abs. 4 und 5 der Richtlinie 2000/60/EG als Plattform für die Koordinierung von Maßnahmen in der gesamten Flussgebietseinheit genutzt wird.

Die Koordinierung internationaler Maßnahmen in der Flussgebietseinheit Oder erfolgt nicht nur im Rahmen von Verträgen. Weitere wichtige Dokumente sind: (i) das Übereinkommen zum Schutz und zur Nutzung grenzüberschreitender Wasserläufe und internationaler Seen vom 18. März 1992; ratifiziert am 17. Februar 2000. Die Anwendung der Wasserkonvention obliegt in Polen dem Umweltministerium, die Umsetzung der Bestimmungen wird von der Abteilung für Wasserressourcen beaufsichtigt. Die Konvention wurde 2017 neu ratifiziert. (ii) die Vereinbarung über grenzüberschreitende Zusammenarbeit zwischen der Republik Polen und der Tschechischen Republik vom 8. September 1994. Zur Umsetzung der Vereinbarung wurde die Polnisch-Tschechische Regierungskommission für grenzüber-



LAGE DER FLUSSGEBIETSEINHEIT ODER IN DEN ANRAINERSTAATEN [Bearbeitung: IMGW-PIB]

schreitende Zusammenarbeit eingerichtet. (iii) das Protokoll vom 17. Juni 1999 über Wasser und Gesundheit zum Übereinkommen von 1992 zum Schutz und zur Nutzung grenzüberschreitender Wasserläufe und internationaler Seen. Die Anwendung des Protokolls obliegt in Polen: dem Ministerium für Landwirtschaft und ländliche Entwicklung im Bereich der Versorgung mit Trinkwasser in entsprechender Qualität, dem Umweltministerium im Bereich Schutz der Wasserressourcen gegen Verunreinigung und dem Gesundheitsministerium im Bereich Gesundheitsvorsorge. (iv) Memorandum vom 12. April 2000 zwischen dem Umweltministerium der Republik Polen und dem Ministerium für Transport und Kommunikation der Tschechischen Republik über die Zusammenarbeit bei der Vorbereitung der Maßnahme zum Bau der Wasserstraße Oder auf dem Flussabschnitt Kožle-Ostrava. Für die Umsetzung der Maßnahme wurde eine zehnköpfige Arbeitsgruppe eingerichtet.

Die Maßnahmen im Rahmen bestehender Hochwasserschutz- und Prognosesysteme, einschließlich Systeme zur Erfassung, Verarbeitung und Weiterleitung von Daten zur Einschätzung der Entwicklung der Hochwasserereignisse und Maßnahmen zur Modernisierung dieser Systeme, werden vorwiegend in der IKSO umgesetzt. Eine wichtige Aufgabe der Kommission ist ferner die Entwicklung und Implementierung von Instrumenten zur Erstellung von Niederschlag-Abfluss-Modellen und der Gestaltung der Abflussverhältnisse zum Schutz vor Hochwasser sowie für Prognosezwecke. Die Maßnahmen der IKSO umfassen ebenso die Entwicklung gemeinsamer, grenzüberschreitend einsetzbarer Modelle zur Optimierung von Maßnahmen zum Hochwasserschutz, die Erfassung und den Austausch von Daten über nationale Forschungsprojekte zum Hochwasserschutz, eine Initiierung von Forschungsvorhaben und Informationsaustausch zwischen Arbeitsgruppen und Einrichtungen im Bereich

STECKBRIEF FLUSSGEBIETSEINHEIT ODER (IFGO)

[vgl.: www.mkoo.pl/show.php?fid=6180&lang=PL]

Fläche des Flussgebiets (km²)	124.115
Fläche in der Republik Polen (in %)	68
Fläche in der Tschechischen Republik (in %)	6
Fläche in der Bundesrepublik Deutschland (in %)	8
Länge der Oder (km)	855
Bedeutende Nebenflüsse	linksseitig: Oppa, Glatzer Neiße, Ohlau, Weistritz, Katzbach, Bober, Lausitzer Neiße rechtsseitig: Ostrawitz, Olsa, Klodnitz, Malapane, Stober, Weide, Bartsch, Warthe
Einwohner (Mio.)	16,34
Bevölkerungsdichte (Einwohnerzahl pro km²)	139,2
Einwohnerzahl im polnischen Teil (Mio.)	14,1
Einwohnerzahl im tschechischen Teil (Mio.)	1,56
Einwohnerzahl im deutschen Teil (Mio.)	0,68
Bedeutende Städte mit über 100.000 Einwohner	Łódź, Wrocław, Poznań, Szczecin, Ostrawa, Częstochowa, Gliwice, Zabrze, Bytom, Ruda Śląska, Zielona Góra, Rybnik, Gorzów Wielkopolski, Wałbrzych, Opole, Liberec, Kalisz
Bedeutende Industriegebiete	Oberschlesisches Industriegebiet (Hüttenindustrie, Bergbau, Energiewirtschaft), Stettiner Industriegebiet (Chemie, Maschinen- und Anlagenbau, Energiewirtschaft), Turossow Kohlebecken (Energiewirtschaft), Breslauer Industriegebiet (Maschinen- und Anlagenbau), Ostrau-Karviner-Kohle- revier (Schwerindustrie)

Hochwasserforschung, die Zusammenarbeit mit den im Gebiet der Flussgebietseinheit Oder tätigen Nichtregierungsorganisationen sowie der Austausch von Informationen über hydrologische Daten, die für die Umsetzung der von der Kommission beauftragten Aufgaben in den Arbeitsgruppen erforderlich sind.

Aufgaben im Bereich des Hochwasserschutzes werden vorwiegend von der Arbeitsgruppe „Hochwasser“ umgesetzt, deren Mitglieder Maßnahmen zur Umsetzung der Richtlinie 2007/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2007 über die Bewertung und das Management von Hochwasserrisiken koordinieren. Die wichtigsten Aufgaben umfassen den laufenden Informationsaustausch zwischen den Mitgliedsstaaten zur Verifizierung und Aktualisierung der Vorbewertung des Hochwasserrisikos, die Verifizierung und Aktualisierung der Liste von Gebieten mit hohem Hochwasserrisiko sowie die Überprüfung und Aktualisierung von Hochwassergefahren- und Hochwasserrisikokarten. Weitere Aufgaben sind die Koordinierung und Aktualisierung des internationalen Hochwasserrisikomanagement-Plans für die Internationale Flussgebietseinheit Oder (IFGE Oder) und eine gegenseitige Inkenntnissetzung über die Umsetzung von strategisch wichtigen, grenzübergreifenden Maßnahmen zum Management von Hochwasserrisiken, insbesondere von Maßnahmen, die Teil der Pläne sind.

Zusammenarbeit mit der Tschechischen Republik

Wichtige Aufgaben im Bereich des Schutzes vor hydrologischen Risiken im Einzugsgebiet der Oder nimmt die Arbeitsgruppe Hydrologie, Hydrogeologie und Hochwasserschutz (Arbeitsgruppe HyP) wahr. Die Umsetzung gemeinsamer Maßnahmen für die Kommission obliegt gemischten polnisch-tschechischen Arbeitsgruppen. Sie beziehen sich vor allem auf die Koordinierung hydrologischer Parameter an den Pegeln entlang der Grenzgewässer. Die Arbeitsgruppen und ihre Leiter kommen zu regelmäßigen Arbeitstreffen zusammen, die der Planung von Maßnahmen für die kommenden Jahre gewidmet sind. Eine besondere Rolle spielen dabei die Suche nach Lösungen für akute Probleme sowie die Einschätzung von Aktivitäten in den Bereichen: i) Daten- und Informationsaustausch, ii) Zusammenarbeit der operativen und Hochwasser-Warndienste, iii) Automatisierung und Modernisierung der Netzwerke zum hydromorphologischen Monitoring, iv) Austausch von Erfahrungen und Ergebnissen aus meteorologischen und hydrologischen Modellen zwischen den operativen Diensten, sowie v) Einschätzung der Grundwasserressourcen in der Innersudetischen Senke und im Einzugsgebiet der Steine einschließlich Bewertung der Entwicklung der Grundwasserverhältnisse im Einwirkungsbereich der tschechischen Bergbaubetriebe.

Die Zusammenarbeit umfasst den regelmäßigen Austausch von Monats- und Jahresübersichten mit Mess- und Beobachtungsdaten zu Niederschlag und Abfluss sowie den täglichen Austausch von Informationen über die Niederschlagswerte, Wasserstände, Abflüsse und Tal-sperrendaten, die von den Hochwasserdiensten für hydrologische Prognosen und das tägliche

meteorologische Monitoring genutzt werden. Die Arbeitsgruppe HyP beauftragt und beaufsichtigt gemeinsame hydrometrische Messungen (im Frühjahr und Herbst) an den Flüssen: Wittig (Smědá), Lausitzer Neiße (Lužická Nisa), Steine (Stěnova), Ziegenhalser Biele (Bělá), Hotzenplotz (Osoblaha), Goldbach (Zlatý Potok), Olsa (Olše) und Oder (Odra). Teil der Arbeitsgruppe HyP ist ein Expertenteam, das sich mit der Vereinheitlichung der grundlegenden hydrologischen Parameter an den Grenzwasserläufen befasst. In der Innersudetischen Senke und im Gebiet um Kudowa Zdrój (Bad Kudowa) werden an Grundwasserkörpern und Oberflächengewässern gemeinsame polnisch-tschechische Messungen durchgeführt.

Neben den Regierungen haben auch das polnische und das tschechische meteorologische Institut (IMGW-PIB und CHMU) einen bilateralen Vertrag zur Umsetzung dreier wichtiger Aufgaben unterzeichnet, d.h. den Austausch hydrologischer und meteorologischer Prognosen im Rahmen operativer Zusammenarbeit, die hydrologische Modellierung im EZG der Oder sowie den Datenaustausch und die Bewertung von Wasserressourcen, die in der Schneedecke gespeichert werden.

In Zeiträumen mit hohen Wasserständen und bei Hochwassergefahr werden zusätzliche Informationen über Niederschlagswerte, Wasserstände, Talsperrendaten und Warnmeldungen ausgetauscht. An den Grenzflüssen werden gemeinsam und parallel hydrologische Messungen der Abflüsse durchgeführt und die Ursachen für die unterschiedliche Bewertung der Abflüsse an den Messprofilen auf den Grenzflüssen analysiert. Diese Daten bilden die Grundlage für die Abstimmung der Durchflussvolumen für die Wasserwirtschaft auf den Grenzgewässern.

Zusammenarbeit mit der Bundesrepublik Deutschland

Da die Grenze zwischen der Bundesrepublik Deutschland und Polen entlang der Lausitzer Neiße und der Oder verläuft, kommt der deutsch-polnischen Zusammenarbeit eine besondere Bedeutung zu. Die grundlegenden Ziele sind die Sicherstellung einer rationalen Bewirtschaftung, Schutz und Verbesserung der Qualität der Grenzgewässer sowie Erhaltung und bei Bedarf Wiederherstellung von Lebensräumen. Bereiche der Zusammenarbeit sind Wirtschaft und Wissenschaft mit besonderem Augenmerk auf die Wasserwirtschaft.

Zur entsprechenden zeitlichen und räumlichen Koordinierung und Umsetzung der Aufgaben wurde die Deutsch-Polnische Grenzgewässerkommission eingerichtet. Beide Parteien sind in der Kommission mit jeweils 5 Mitgliedern vertreten. Sitzungen der Kommission finden einmal im Jahr und nach Bedarf in Ausnahmesituationen statt. Die Kommission setzt sich aus fünf Arbeitsgruppen zusammen. An der Arbeit der Arbeitsgruppen sind auf polnischer Seite je nach behandelten Fragestellungen im allgemeinen Vertreter des IMGW-PIB, des Wasserwirtschaftsbetriebes PGW *Wody Polskie*, der Wasserverwaltungen, der Staatlichen Umweltinspektion und der Wojwodschaftsinspektorate für Umweltschutz beteiligt.

Für Belange des Hochwasserschutzes ist die Arbeit der Arbeitsgruppe W4 zur Instandhaltung der Grenzgewässer zuständig. Die Arbeitsgruppe befasst sich vorwiegend mit Maßnahmen zur Instandhaltung wassertechnischer Bauwerke und Anlagen auf Grenzgewässern sowie zum Schutz vor Hochwasser und Gefahren in Verbindung mit dem Eisabgang.

Die kontinuierliche Zusammenarbeit in den Bereichen Monitoring, Prognose und Instandhaltung der Gewässer und wasserbaulichen Anlagen und Bauwerke sowie Hochwasserschutz ermöglicht einen schnellen Austausch von Informationen und Maßnahmen zur Bekämpfung von Hochwasserereignissen.

CHARAKTERISIERUNG AUSGWÄHLTER PHYSIKALISCHER UND GEOGRAPHISCHER KOMPONENTEN DER ODER UND IHRES EINZUGSGEBIETS

Joanna Kryza, Bartłomiej Miszuk, Mariusz Adynkiewicz-Piragas, Jan Unucka

Die Oder zählt zu den größten Flüssen im Einzugsgebiet der Ostsee. Sie ist der siebt-längste Fluss in West- und Mitteleuropa hinter Rhein, Elbe, Weichsel, Düna, Loire und Tajo mit dem viertgrößten Einzugsgebiet. Das Hochwasserrisiko an der Oder ist sehr hoch. Eine größere Hochwasserhäufigkeit zeigen in der Region nur die Donau und die Weichsel auf.¹

Steckbrief Oder:

- Gesamtlänge: 854 km (742 km im Hoheitsgebiet der Republik Polen);
- Größe des Einzugsgebiets: 124.049 km² (davon 107169 km² in der Republik Polen; (86,4%), 7.278 km² in der Tschechischen Republik (5,9%) und 9.602 km² in Deutschland (7,7%);
- die Quelle der Oder liegt im Odergebirge (Tschechien) in 634 m Höhe;
- das Quellengebiet gehört zum mährisch-schlesischen Teil der Sudeten (400-700 m ü.d.M.); Die Quellbäche vereinen sich in der Talwasserscheide Mährische Pforte und im Ratiborer Kessel zur Oder.

Der Flussabschnitt zwischen Kędzierzyn-Koźle und Malczyce ist kanalisiert. Auf dieser Strecke existieren 25 Stauanlagen mit 23 Schleusen, die in der Saison (meist zwischen 15. März und 15. Dezember) für die Schifffahrt genutzt werden. Der Höhenunterschied zwischen Anfang und Ende der Kanalstrecke beträgt rund 64 m. Im weiteren Verlauf wird die Oder nur anhand von Buhnen geregelt.

Die größten linken Nebenflüsse der Oder mit Quellen in den Sudeten und im Sudeten-vorland sind in Polen: Glatzer Neiße, Ohle, Lohe, Weistritz, Bober, Katzbach und Lausitzer Neiße. Eine besondere Rolle kommt der Lausitzer Neiße zu, die bei Flusskilometer 542 in die Oder mündet. Ihr Einzugsgebiet erstreckt sich über drei Länder, womit eine internationale Abstimmung z. B. hinsichtlich der Bewirtschaftung des Flusses erforderlich ist. Zu den wichtigsten rechten Nebenflüssen der Oder zählen in Polen: Klodnitz, Malapane, Weide, Bartsch, Landgraben Krzycki Rów, Raule Obra, Warthe, Ihna und Stober.

¹ <http://eko.org.pl/wroclaw/srodowisko/wody.html>

LÄNGE UND FLÄCHE DER EINZUGSGEBIETE DER NEBENFLÜSSE DER ODER [Bearbeitung: IMGW-PIB]

Fluss	Länge (km)	Fläche des Einzugsgebiets (km ²)
Oppa	122,0	2.088
Olsa	86,2	1.106
Ostrawitza	63,9	827
Glatzer Neiße	181,7	4.570
Ohle	92,0	1.135
Lohe	79,0	973
Weistritz	95,2	1.783
Bober	271,6	5.874
Katzbach	83,9	2.263
Lausitzer Neiße	251,8	4.403
Klodnitz	75,3	1.003
Malapane	131,8	2.115
Weide	103,2	1.746
Bartsch	133,0	5.547
Krzycki Rów	72,0	563
Raule Obra	65,9	1.805
Warthe	808,2	54.520
Ihna	129,1	2.151
Stober	78,0	1.586

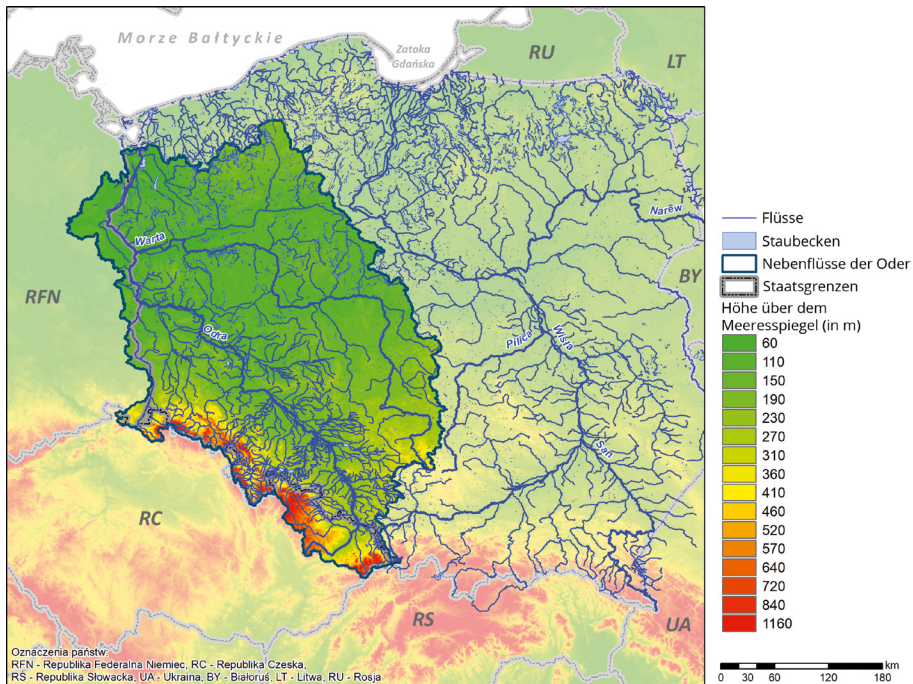
Knapp die Hälfte des Einzugsgebietes der Oder entfällt auf das EZG der Warthe. Die Warthe ist der längste Nebenfluss und mündet bei Kilometer 617,5 in die Oder. Ihr gesamtes Einzugsgebiet liegt in Polen. Der größte Nebenfluss der Warthe ist die Netze, der zweitgrößte Fluss (sowohl hinsichtlich der Länge als auch der Größe des Einzugsgebietes) im EZG der Oder. Weitere größere Flüsse im Einzugsgebiet der Warthe sind: Prosna, Drage, Küdde, Obra und Lisswarthe.

LÄNGE UND FLÄCHE DER EINZUGSGEBIETE DER NEBENFLÜSSE DER WARTHE [Bearbeitung: IMGW-PIB]

Fluss	Länge (km)	Fläche des Einzugsgebiets (km ²)
Prosna	216,8	4.916,63
Drage	185,9	3.290,93
Küdde	145,0	4.947,27
Obra	163,8	2.760,17
Lisswarthe	93	1.558,94

Hinsichtlich ihres Flussprofils wird die Oder in folgende drei große Teile gegliedert:

- Obere Oder: vom Quellgebiet bis Kędzierzyn Koźle, insg. 202 km. Auf der Strecke von km 54 (in der Tschechischen Republik) weist die Oder den Charakter eines Gebirgsflusses mit einem Gefälle von 7,2 ‰ auf. In Polen verringert sich das Gefälle deutlich und beträgt ca. 0,33 ‰.
- Mittlere Oder: von Kędzierzyn-Koźle bis zur Warthemündung mit einer Länge von 522 km und einem Gefälle zwischen 0,28 und 0,19 ‰. Ein 187 km langer Abschnitt ist kanalisiert.
- Untere Oder: von der Warthemündung bis zur Mündung in das Stettiner Haff mit einer Länge von 95 km und Gefälle zwischen 0,05 und 0,00 ‰.



EINZUGSGEBIET DER ODER IN POLEN [Bearbeitung: IMGW-PIB]

Relief und Geologie

Die Oder fließt durch Landschaften mit vielfältigen Geländeformen und geologischem Aufbau. Die Landschaft am Mittellauf der Oder von der polnisch-tschechischen Grenze bis zur Steinauer Senke entstand mit dem Rückgang der Eisschilde vor ca. 300-280 Tsd. Jahren. Die Geländeform der unteren Oderlandschaft, von Siekierki bis zur Mündung in das Stettiner Haff, entwickelte sich vor ca. 13-15 Tsd. Jahren.

Das Odertal zählt nach der geomorphologischen Einteilung Polens (Solon et al. 2018) zu den zehn physisch-geographischen Regionen, Mesoregionen, die sieben polnische Mega-regionen bilden.

Das Flussgebiet der Oder ist sehr stark ausgeprägt und extrem asymmetrisch. Die Einzugsgebiete der linksseitigen Nebenflüsse mit ihren Quellgebieten in den Sudeten und im Sudetenvorland, aber auch der Olsa mit ihrer Quelle in den Schlesischen Beskiden zählen zu den Gebirgs- und Tieflandflüssen. Das Höhenverhältnis des Flussgebiets ist sehr differenziert und zeichnet sich als Schichtstufenland durch drei grundlegende Landschaften aus: Gebirge mit Gebirgsvorland, Mittelgebirge und Tiefland. Durch die vielfältige Landschaft wird nicht nur die Niederschlagsmenge, sondern auch der Abfluss und das Wasserrückhaltevermögen im Flussgebiet der Oder beeinflusst. Kennzeichnend für die Oder sind zahlreiche Urstromtäler: das Breslau-Magdeburger, Glogau-Baruther, Warschau-Berliner und das Thorn-Eberswalder Urstromtal. Der Flusslauf zeichnet sich zudem durch vielfältige

PHYSISCH-GEOGRAPHISCHE REGIONEN IM ODERTAL [Solon et. al. 2018]

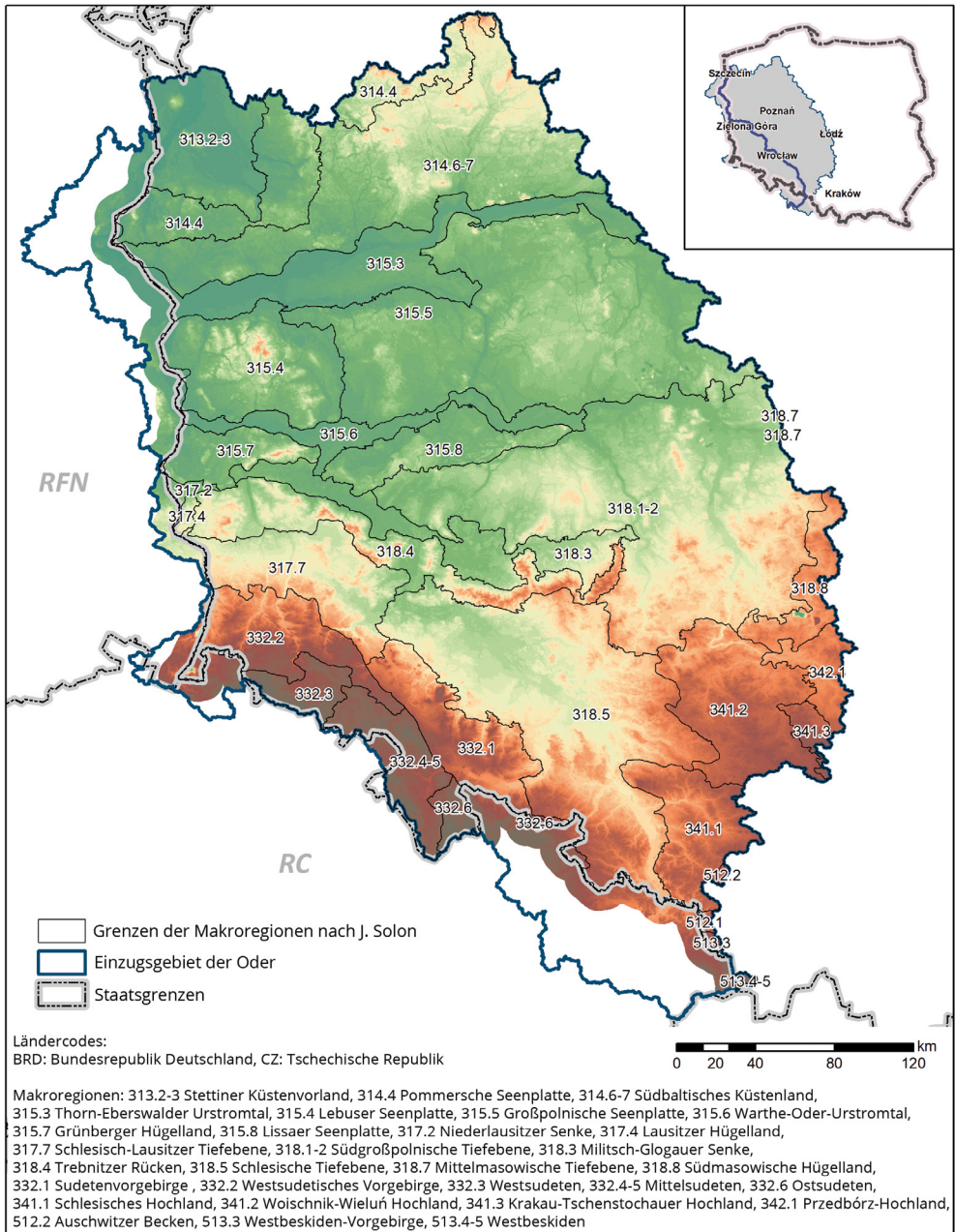
Nr.	Abschnitt	Mesoregion	Megaregion	Subregion
1	Staatsgrenze – Racibórz	Ratiborer Talpass (318.50)	Schlesische Tiefebene (318.5)	Mittelpolnische Tiefebene (318)
2	Racibórz – Krapkowice	Ratiborer Becken (318.59)		
3	Krapkowice – Lubiąż	Breslauer Urstromtal (318.52)		
4	Lubiąż – Chobienia	Steinauer Senke (318.43)	Trebnitzer Rücken (318.4)	
5	Chobienia – Stany bei Nowa Sól	Glogauer Urstromtal (318.32)	Militsch-Glogauer Senke (318.3)	
6	Stany bei Nowa Sól – Cigacice	Unruhstadt Becken (315.62)	Warthe-Oder- Urstromtal (315.6)	Südbaltische Seenplatte (314-316)
7	Cigacice – Rybocice bei Słubice	Mittleres Odertal (315.61)		
8	Rybocice bei Słubice – Górzycza	Lebuser Oderdurchbruch (315.41)	Lebuser Seenplatte (315.4)	
9	Górzycza – Osinów Dolny bei Cedynia	Freienwalder Becken (315.32)	Thorn-Eberswalder Urstromtal (315.3)	
10	Osinów Dolny – Stettiner Haff	Unteres Odertal (313.24)	Stettiner Küstenland (313.2-3)	Südbaltisches Küstenland (313)

Landschaften wie flache Flusstäler, breite Urstromtäler und enge Talpässe aus, die jeweils quer zur den Urstromtälern verlaufen. All diese Faktoren beeinflussten die allgemeine Landschaft des Flusstals und der Ufergebiete der Oder.

Das Einzugsgebiet der Oder weist eine vielfältige geologische Struktur auf. Den Oberlauf der Oder prägen Varisziden in Form karbonischer Gebirgsvortiefen, die die Schichtstufenlandschaft von Mährisch-Schlesien und die kohleführenden Oberkarbonschichten im Gebiet der Oberschlesischen Senke bilden. Zu jüngeren, sog. alpinischen Schichten zählen die flyschartigen Sedimentgesteine in den Äußeren Karpaten, verschiedene Tonschichten in der Saumsenke im Karpatenvorland, Triasformationen in der Schlesisch-Krakauer Monokline sowie Sandstein-, Schlemstein- und Tonsteinformationen der Oberkreide in der Oppelner Senke [Paczyński, Sadurski 2007].

Das Gebiet der mittleren Oder erstreckt sich im südlichen Teil über den Niederschlesischen Block, der im Sudetenvorland den geologischen Block mit dem aus metamorphem und magmatischem Gestein gebildeten Untergrund und einer zum Teil aus jüngeren Sedimentgestein (zwischen Perm und Pleistozän) bestehenden Deckschicht, deren Stärke in nördlicher Richtung zunimmt, und in den Sudeten einen geologischen Block umfasst, der größtenteils aus metamorphem Gestein und in kleineren Teilen aus magmatischem Gestein und Sedimenten besteht.

Beide Blöcke sind durch die Randverwerfung der Sudeten voneinander getrennt. Im Norden grenzt der geologische Block im Sudetenvorland mit der Sudetenvorland-Monokline und der Schlesisch-Krakauer-Monokline entlang der Verwerfung im Mittellauf der Oder an den geologischen Block der südgroßpolnischen Tiefebene. Der nordöstliche Teil des Mittellaufs erstreckt sich über den geologischen Block der südgroßpolnischen Tiefebene und zeichnet sich durch zwei Gesteinsstrukturen aus. Die ältere Schicht besteht aus metamorphem Gestein und Sedimenten aus dem Eokambrium und Altpaläozoikum. Die jüngere wurde aus stark diagenetisch veränderten Sedimentgesteinen aus dem



PHYSIOGRAFISCHE REGIONEN IM EINZUGSGEBIET DER ODER [Bearbeitung: IMGW-PIB nach Solon et al. 2018]

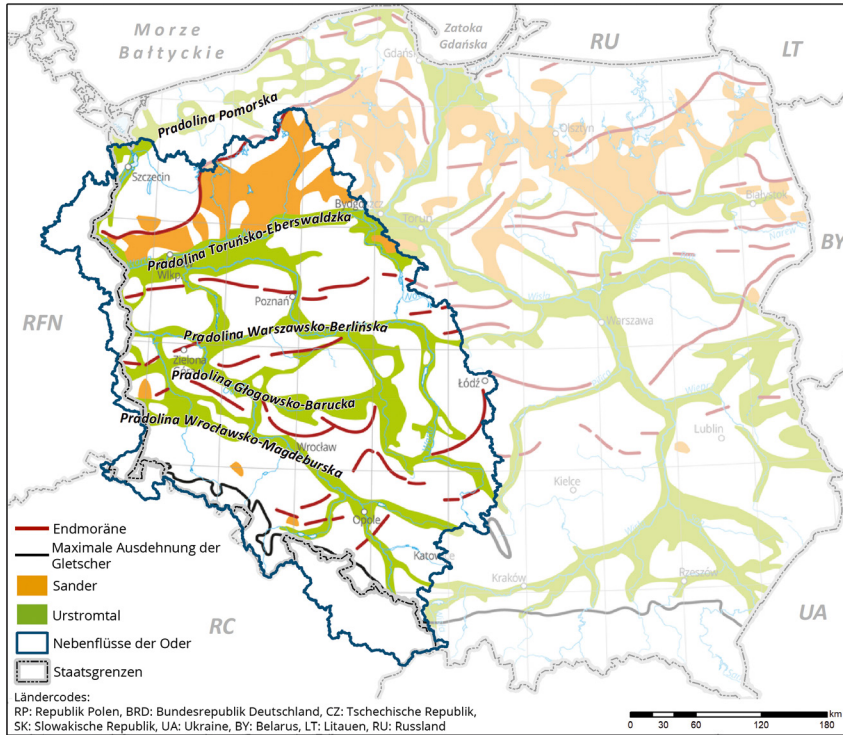
Unterkarbon gebildet. Der geologische Block der südgroßpolnischen Tiefebene ist mit Sedimenten der Sudetenvorland-Monokline überdeckt, die eine recht dicke Schicht aus permisch-mesozoischem Gestein bilden und auf einer unregelmäßig gefalteten Schicht aus dem Paläozoikum liegen.

Der nördliche Teil des Mittellaufs der Oder, das Einzugsgebiet der Warthe sowie der Unterlauf der Oder liegen in der Stettin-Łódź-Miechów-Sinklinale, die mit tiefen Schichten von Sedimenten aus der Oberkreide gefüllt ist. Die ältesten Gesteinsschichten wurden in der geologischen Region nur lokal untersucht. Die geologischen Strukturen im nordöstlichen Teil des Einzugsgebietes der Oder bestehen aus Sedimentgestein aus der Zeit des Perm (Zechstein), Trias, Jura und Oberkreide und erstrecken sich im Gebiet des mittelpolnischen Antiklinorium, welches die Form einer Wölbung aufweist. Hier treten im Allgemeinen keine Gesteinsschichten aus der Oberkreide auf. Die jüngsten Strukturen bilden Sedimente aus dem Oberjura. Darunter liegen Sedimentgesteine aus dem Mittel- und Unterjura sowie aus dem Trias und dem Perm. Räumlich bilden die Stettin-Łódź-Miechów-Sinklinale wie auch das mittelpolnische Antiklinorium die Vortiefe des westlichen und mittleren Teils der Polnischen Tiefebene [Żelaźniewicz et al. 2011; Stupnicka, Stempień-Sałek 2016].

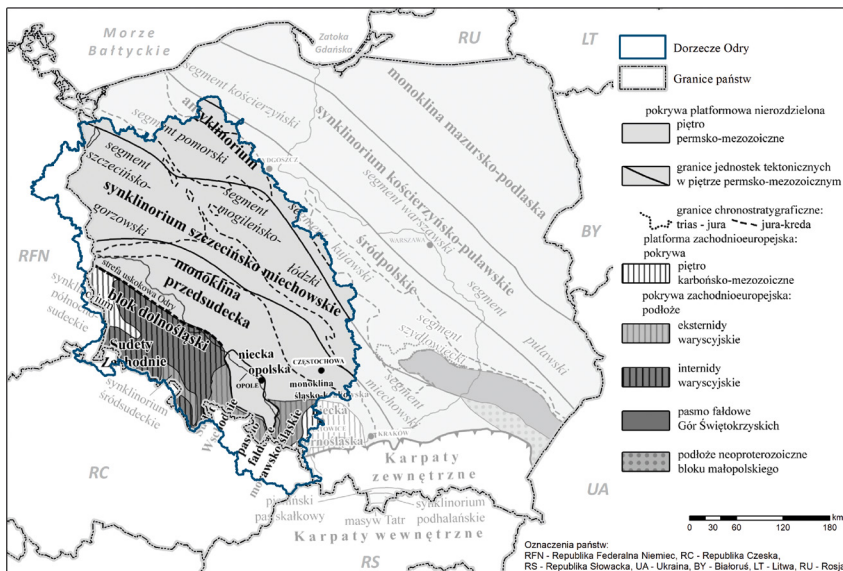
Die geologische Struktur im EZG der Oder bedingt eine enorme Variabilität der Grundwasserkörper, die im Bereich des Oberlaufs sogar bis in eine Tiefe von 200-300 m reichen. In dieser Region überwiegen pleistozäne Grundwasserleiter. Grundwasserführende Schichten sind fluviale, fluvioglaziale Sandsedimente und Moränensande. Ganz oder teilweise offenen liegende pleistozäne wasserhaltige Schichten liegen in den Flusstälern einige Meter und in höher gelegenen Gebieten zwischen zehn und zwanzig Metern unter der Erdoberfläche. Sie sind miteinander und lokal mit neogenen Schichten und kohleführenden Trias-Schichten hydraulisch verbunden [Paczyński, Sadurski 2007].

Am Mittellauf der Oder befinden sich die wasserführenden Schichten im quartären Stockwerk der am besten zugänglichen und relativ gut untersuchten Grundwasserleiter im Gebiet der Sudeten. Gebiete mit quartären Grundwasserleitern stehen in morphogenetischer Beziehung zu: i) heutigen Flusstälern größerer Flüsse der Sudeten, in denen die quartären Schichten meist in geringer Tiefe liegen und von der Erdoberfläche nicht vollständig isoliert sind, ii) fossilen Lagerstätten in bis ca. 100 m Tiefe, die in altpleistozänen Flüssen entstanden, iii) höher gelegenen Gebieten mit wasserführenden Schichten aus grobkörnigen Sedimenten, die die fluvioglaziale Deckschicht bilden. Im mittleren Teil des Mittellaufs der Oder bilden pleistozäne glaziogene und fluviogene sandig-kiesige Sedimente die hauptsächlich genutzte Grundwasserschicht. In dieser Schicht entstanden u.a. hydraulisch offene Grundwasser- und fossile Wasserspeicher von recht großer Mächtigkeit, insbesondere in den tief in neogene Schichten reichenden Rinnensystemen. Das neogene wasserführende Stockwerk stellt eine wichtige Ressource im Sudetenvorland und polnischen Tiefland dar. Im Gebiet der Sudetenvorland-Monokline und der Stettin-Łódź-Miechów-Sinklinale bilden neogen-paläogene Sedimente mit breitenkreisparallel verlaufenden wasserführenden quartären Schichten in den Urstromtälern und Rinnen sowie lokal genutzte wasserführende Stockwerke aus dem Jura einen großräumigen Grundwasserleiter [Paczyński, Sadurski 2007].

Im Einzugsgebiet der Oder wurden 74 Hauptgrundwasserleiter mit einem Grundwasserdargebot von insgesamt über 6.600.000 m³/T vollständig oder teilweise erfasst.



URSTROMTÄLER IM EZG DER ODER [Bearbeitung: IMGW-PIB, nach: <http://www.wiking.edu.pl>]



WICHTIGE TEKTONISCHE REGIONEN IM POLNISCHEN TEIL DES EINZUGSGEBIETES DER ODER UNTER DER KÄNOZOISCHEN DECKSCHICHT [Bearbeitung: IMGW-PIB, nach: Żelaźniewicz et al. 2011]

Breitenlage, der Strahlungswinkel und die Tageslänge (astrophysikalische Faktoren) die Bestrahlungsstärke. Die durchschnittliche jährliche Gesamtsonneneinstrahlung gemessen in Wrocław beträgt 3685 MJ/m^2 [Dubicka 1994]. Das gesamte Jahr über überwiegt im Einzugsgebiet der Oder eine westliche Luftzirkulation mit geringer Advektion der Luftmassen aus anderen Richtungen. Am häufigsten strömen maritim-polare Luftmassen (46 %) in die Region, wobei ihre Häufigkeit im Sommer am größten ist. Etwas seltener sind Wetterlagen mit kontinental-polaren Luftmassen (38 %), Einflüsse arktischer Strömungen werden wiederum mit 10% selten verzeichnet [Dubicka 2000]. Die maximale Häufigkeit von Hochdruckwetterlagen mit östlicher kontinental-polarer Strömung wird im Winter und Frühjahr beobachtet. Im Frühjahr und Herbst steigt der Anteil tropischer und arktischer Luftmassen mit jeweils 16% im Frühjahr bis zu 11 % im Herbst [Kozuchowski 2011]. Im Jahresverlauf überwiegen zyklonale synoptische Lagen. Sie treten im Durchschnitt an 56 % der Tage auf, wobei die Häufigkeit im Winter 60 % und im Sommer 47 % beträgt [Sobik 2005].

Weitere geographische Faktoren mit Einfluss auf die Wetterverhältnisse bilden Höhenverhältnisse, Relief sowie Landnutzung. Kennzeichnend für die Sudeten und das Sudetenvorland ist die Vielfalt der hiesigen Faktoren und Bedingungen. Im Sudetenvorland herrschen aufgrund warmer und trockener Fallwinde infolge einer dynamischer Erwärmung der Luftmassen an der windgeschützten Seite der Sudeten günstige thermische Bedingungen [Dubicki et al. 2002]. Lokal kann das Klima u.a. durch anthropogene Einflüsse in den urbanen Gebieten beeinflusst sein. Änderungen der Oberflächenbebauung, einer größerer Anteil versiegelter Flächen, Wärmeemissionen sowie Belastungen im Zusammenhang mit der Verbrennung fossiler Brennstoffe tragen zu Änderungen einiger Klimaelemente bei und beeinflussen dadurch meteorologische Ereignisse. In größeren städtischen Gebieten mit dichter Bebauung kommt es zu einer Herausbildung sog. städtischer Wärmeinseln [Dubicki et al. 2002; Szymanowski 2004].

Der Einteilung der Klimaregionen von Wos [1999] zufolge werden im Einzugsgebiet der Oder folgende Klimaregionen unterschieden: südliches Niederschlesien, mittleres Niederschlesien, südliches Großpolen, westliches Niederschlesien, das Lebuser Land sowie im nördlichen Teil die Regionen Oberlauf der Warthe und Westpommern. Im Gebiet der Sudeten unterscheidet Schmuck [1960] in seiner Klassifikation die Klimaregionen: Zgorzelecki, Jeleniogórski, Kamiennogórski, Wałbrzyski und Klodzki.

Der wichtigste Einflussfaktor für thermische Verhältnisse ist die absolute Höhenlage. Die höchsten Lufttemperaturwerte werden in der Schlesisch-Lausitzer und der Schlesischen Tiefebene mit einer durchschnittlichen Jahrestemperatur von ca. $9 \text{ }^\circ\text{C}$ verzeichnet. In Gebirgsregionen und im Gebirgsvorland sinken die Temperaturen durchschnittlich um $0,6 \text{ }^\circ\text{C}$ je 100 m [Schmuck 1969]. Im Sudetenvorland sinken die mittleren jährlichen Lufttemperaturen auf unter $8 \text{ }^\circ\text{C}$, die tiefsten Werte werden in Gipfellagen der Sudeten verzeichnet. Auf der Schneekoppe beträgt die mittlere jährliche Lufttemperatur $0,9 \text{ }^\circ\text{C}$, wobei die höchsten Werte im Jahresverlauf im Juli, die niedrigsten Temperaturen im Januar gemessen werden. In den höchsten Berglagen werden die maximalen Jahrestemperaturen im August und die minimalen Werte im Februar verzeichnet. Die sommerlichen Temperaturverhältnisse dauern in Tieflandgebieten mit über 95 Tagen länger an, die Winterzeiträume sind mit knapp über 40 Tagen kürzer. Die bei weitem längste Jahreszeit ist in den hohen Berglagen der

Winter, wobei in manchen Jahren keine sommerlichen Temperaturen gemessen werden [Głowicki et al. 2005]. Tage mit einer maximalen Tagestemperatur von über 25 °C treten von April bis Oktober mit der größten Häufigkeit von insgesamt über 20 Tagen im Juli und August auf. Hitzetage ($T_{max} > 30$ °C) werden viel seltener, aber genauso wie Wärmtage am häufigsten im Juli und August (6-7 Tage) verzeichnet. Die Anzahl der Hitzetage verringert sich mit steigender Höhenlage. In den Gipfellagen der Sudeten treten Hitzetage kaum auf. Frosttage ($T_{max} < 0$ °C) werden im Tiefland von November bis April mit maximaler Häufigkeit im Januar und einzelne Tage mit starkem Frost ($T_{max} < -10$ °C) vom Dezember bis März verzeichnet. In den höchsten Lagen der Sudeten können Frosttage von September bis Juni und Tage mit starkem Frost von November bis April auftreten. Die Wachstumsperiode ist in den Tieflandgebieten sehr lang und dauert im EZG der Oder durchschnittlich 228 Tage an. Die mittleren Tagestemperaturen liegen in dieser Zeit oberhalb von 5 °C [Głowicki et al. 2005].

Mit der Höhenlage steigt die Anzahl der Schneetage von ca. 40 im Tiefland auf über 120 in den Gipfellagen. Die Dauer der Schneedecke bewegt sich im Tiefland im Durchschnitt zwischen 35 und 40 Tagen und nimmt je 100 m Höhenunterschied um über 11 Tage zu. Die Schneedecke hält sich in den Gipfellagen über einen Zeitraum von über 190 Tagen. Die maximale Schneehöhe (30-40 cm) wird im Tiefland im Januar und in den Gebirgsregionen mit 200 cm im März verzeichnet [Głowicki et al. 2005].

Die Niederschlagsmengen hängen sehr stark von der Höhe (m ü.d.M.) und der Geländeform ab. Mit der Höhe steigt die Niederschlagsmenge um 66 mm/100 m, während sich die Anzahl der Niederschlagstage im Durchschnitt um 6 Tage/100 m erhöht [Głowicki et al. 2005]. Relativ geringe Niederschlagsmengen werden im Katzbach-Tal verzeichnet. Die mittlere jährliche Niederschlagsmenge für Legnica beträgt 525 mm, während für die Umgebung von Wrocław, Zielona Góra und Gorzów Wielkopolski Niederschlagshöhen von 540-580 mm verzeichnet werden. Am Trebnitzer Rücken, um das Bergmassiv der Ślęza und im Süden der Wojewodschaft Lebus werden Niederschlagsmengen von bis zu 650 mm erreicht [Miszuk, Kasprowicz 2018]. Die höchsten Niederschlagsmengen (bis zu 1.371 mm) werden in Jakuszyce im Isergebirge registriert. Die mittlere Anzahl der Niederschlagstage bewegt sich im Jahresverlauf im Tiefland und im Sudetenvorland zwischen 150-170 und steigt in Bergregionen auf über 200. Die meisten und stärksten Niederschläge treten im Jahresverlauf im Juli auf, die niedrigsten Mengen werden im Februar verzeichnet. Extremniederschläge können in Niederschlesien in zwei Hauptkategorien, d.h. Dauer- und Starkniederschläge, untergliedert werden. Beide Kategorien unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Ursachen, des Ausmaßes, der räumlichen Verteilung sowie ihrer Dauer und Stärke [Sobik, Błaś 2010]. Nach der Zusammenstellung der Niederschlagsmengen für die einzelnen Jahre [Miętus et al. 2005] war 1982 das trockenste Jahr, da es aufgrund der Messungen an Wetterstationen in den Klimaregionen Sudeten, Schlesien-Großpolen und Pommern als extrem trocken eingestuft wurde. In den meisten Teilen des untersuchten Gebietes wurden auch in den Jahren 1992, 1998 und 2003 Niederschlagswerte gemessen, die eine Einstufung in diese Kategorie rechtfertigen. Außerdem wurden in der Klimaregion Sudeten an manchen Wetterstationen in den Jahren 1984, 1990, 1993 und zwischen 2014 und 2015 extrem trockene Bedingungen verzeichnet. In der Region Schlesien-Großpolen traten diese extre-

men Niederschlagswerte an einigen Orten 1975, 1991 und 2015 sowie in der Klimaregion Pommern in den Jahren 1971, 1972, 1975, 1989 und 1997 auf. Bei hohen jährlichen Niederschlagsmengen wurden im EZG der Oder besonders große Niederschlagsüberschüsse in den Jahren 1981 und 2010, d.h. zu einem Zeitpunkt verzeichnet, als nach der Klassifizierung in den meisten Regionen des untersuchten Gebietes extrem feuchte Bedingungen herrschten. In anderen Zeiträumen traten in den Klimaregionen Sudeten und Schlesien-Großpolen extrem feuchte Bedingungen vorwiegend in den Jahren 1974, 2001 und 2009 auf. In der Klimaregion Pommern wurde 1997 und an einigen Stellen auch in den Jahren 1993, 2002 und 2011 ein erheblicher Niederschlagsüberschuss verzeichnet.

Aufgrund von Niederschlägen, die zu einem gefährlichen Anstieg der Wasserstände führen, sollten Schwellenwerte für extrem lang andauernde Niederschläge und extreme Niederschlagsmengen aus diesen Niederschlägen als potentielle Wahrscheinlichkeit von Niederschlagsüberschüssen $p = 10\%$ bestimmt werden [Maciejewski et al. 2010]. Im Einzugsgebiet an Ober- und Mittellauf der Oder lag die maximale Dauer von 90 % der Niederschlagsereignisse in der Zeitreihe 1966-2009 unterhalb von 10 Tagen, wobei die Niederschlagsmengen niemals den Wert von 70 mm überschritten. Auf Basis dieser Schwellenwerte werden im Einzugsgebiet der Oder vier Klassen unterschieden:

Klasse 1: keine Überschreitung der Extremwerte für Niederschläge im Bereich zwischen 70 und 400 mm, Anzahl der Tage mit Niederschlagswerten von $\geq 0,1$ mm unter 10 Tagen;

- Klasse 2: Extremwerte an Wetterstationen mit Niederschlägen im Bereich zwischen 70 mm und 400 mm; die Anzahl der Tage mit Niederschlagswerten von $\geq 0,1$ mm beträgt 35;
- Klassen 3 und 4: Niederschlagswerte zwischen 70 mm und 50 mm, die Anzahl der Tage mit einem Niederschlag $\geq 0,1$ mm liegt im Bereich 0-35.

Eine wichtige Rolle für die Bewertung des Hochwasserrisikos spielen die Klassen 1 und 2. Besonders wichtig sind dabei die Auftrittorte sowie die räumliche Ausdehnung von Niederschlägen, da sie die wesentlichsten Faktoren für die Herausbildung von Hochwasserwellen bilden [Radczuk 2008]. Für das Hochwasserrisiko sind vier Ausdehnungsbereiche von kritischen Niederschlägen zu unterscheiden:

- Bergregionen im Einzugsgebiet, d.h.: Schlesische Beskiden, Odergebirge, Altwatergebirge, Reichensteiner Gebirge, Habelschwerdter Gebirge und Riesengebirge;
- Quellgebiete: Odergebirge, Altwatergebirge, Schlesische Beskiden;
- Einzugsgebiete der linksseitigen Nebenflüsse am Mittellauf der Oder, d.h. die Einzugsgebiete von Katzbach, Bober und Lausitzer Neiße;
- Einzugsgebiete im Quellgebiet der Oder mit den Einzugsgebieten von Ostrawitzka, Olsa und Oppa sowie die Einzugsgebiete der rechtsseitigen Nebenflüsse am Mittel- und Oberlauf der Oder.

Natürliche Umwelt

Die Jahrhunderte alte Praxis, Flüsse zu „zähmen“ und so Lebensraum für den Menschen zu gewinnen, führte zu einer irreparablen Zerstörung von Lebensräumen an Flüssen und den Flussauen.

Im Laufe der Zeit entwickelten sich unterschiedliche Methoden zur „Gewinnung“ und Bewirtschaftung neuer Räume sowie zum Schutz vor Hochwasser, wozu wassertechnische und wasserbauliche Maßnahmen umgesetzt wurden. Flüsse mit mehreren Flussläufen wurden in ein Flussbett gezwungen, Mäander begradigt und Abschnitte verkürzt, die Ufer befestigt sowie Flusssohlen abgesenkt. Oft wurden die Flussbetten mit Uferbefestigungen eingeengt. Die Auenflächen im Zwischenstromland von Flüssen wurden eingeebnet, frühere Mäander und Altarme mit Erde verfüllt und Wälder wie auch einzelne Bäume und Sträucher abgeholzt, damit Hochwasserwellen ungehindert abfließen können. Zum Schutz vor Hochwasser und zur Rückhaltung von Wasser für Landwirtschaft, Industrie, Einwohner usw. entstanden Talsperren, Polder und Trockenbecken. Aktuell werden Maßnahmen zur Rettung wertvoller Flusslebensräume ergriffen und umweltfreundliche Strategien zum Schutz vor Hochwasser umgesetzt, bspw. durch eine Wiederherstellung der Retentionsfähigkeit in den Flussauen und die Renaturierung der Flussräume. Die Bewertung des ökologischen Zustands der natürlichen Umwelt in den Flussauen trägt wesentlich zu einem besseren Verständnis der Auswirkungen von Hochwassern und der Entwicklung umweltfreundlicher Maßnahmen zum Hochwasserschutz bei.

Die Oder und viele ihrer Nebenflüsse bilden sehr wichtige Lebensraumkorridore, die im Verhältnis zu den meisten westeuropäischen Flussräumen weitgehend erhalten blieben. Im Einzugsgebiet der Oder befinden sich insgesamt sieben Nationalparks, davon sechs im polnischen Teil des Einzugsgebietes: dies sind die Nationalparks Riesengebirge, Heuscheobergebirge, Großpolen, Drawa, Warthemündung und Wolin. Der Nationalpark Unteres Odertal liegt in Deutschland. Das Einzugsgebiet umfasst darüber hinaus Landschaftsparks, Naturschutzgebiete und andere Kategorien des gebietsbezogenen Naturschutzes. Viele dieser Gebiete, insbesondere in den Flussauen, sind NATURA 2000-Schutzgebiete.

Am Oberlauf der Oder, im Gebiet der Tschechischen Republik, im Landkreis Nový Jičín, liegt das Landschaftsschutzgebiet Poodří (*CHKO Poodří*). Es wurde am 27. März 1991 errichtet und umfasst das Überschwemmungsgebiet der Oder zwischen Jeseník nad Odrou und Ostrava. Der Fluss mäandriert hier sehr stark und verzweigt sich mehrfach. Im Gebiet des *CHKO Poodří* befinden sich zehn kleinere Schutzgebiete mit dem Nationalen Naturschutzgebiet Polanska Niva (1969), wo der Auenwald, Flussmäander und Altarme der Oder unter Schutz gestellt wurden.² Das wichtigste Schutzgebiet im *CHKO Poodří* umfasst Feuchtgebiete, Auenwälder und Flussauen mit vielen kleinen Wasserstellen. Seit 1993 zählt es zu den wertvollsten der im Rahmen der Ramsar-Konvention geschützten Feuchtgebiete. Ein weiteres Schutzgebiet, Grenzmäander der Oder (tschechisch *Hraniční meandry Odry*) genannt, mit einer Länge von 7 km liegt unweit des ehemaligen Grenzübergangs Bohumin–Chalupki. Es umfasst auf polnischer Seite ein Landschaftsschutz- sowie ein Natura 2000-Gebiet, während es in der Tschechischen Republik als Naturdenkmal geschützt wird. In diesem Abschnitt kommt es ständig zu fluvialen Prozessen und natürlicher Erosion. Entlang der Ufer erstrecken sich natürliche Überschwemmungsgebiete mit Auenwäldern [Nieznański, Obrdlík 2003] und Lebensräumen von 126 europaweit geschützten Arten der Flora und Fauna. Der ge-

² <http://poodri.ochranaprirody.cz/>

geschützte Natur- und Landschaftsbestandteil „Wielikąt“ in der polnischen Gemeinde Lubomia ist ein weiteres Natura 2000-Gebiet im Einzugsgebiet der Oder. Er besteht seit 1993 und umfasst ein Gebiet mit vielen Wasserflächen. Im Gebiet überwiegen Überwasserpflanzen (wie Schilfrohr) und Holzgewächse. Der Teichkomplex bietet gute Bedingungen für Wasservögel (Besonderes Vogelschutzgebiet IBA, *Important Bird Area*). Seit 2008 ist es als Natura 2000-Sonderschutzgebiet für Wasservögel anerkannt und bietet Schutz für 236, darunter 129 Nistvogelarten. Es bildet einen wichtigen Lebensraumkorridor und Rückzugsgebiet für Zugvögel und nachbrutezeitliches Habitat [Szyra 2004, 2012].

Im Ort Dziergowice unweit von Racibórz fließt die Oder entlang des westlichen Rands des 1993 errichteten Landschaftsparks Rudy (*Cysterskie Kompozycje Krajobrazowe Rud Wielkich*). Unter Schutz gestellt wurden hier die natürlichen Auen- und Eichen-Hainbuchen-Wälder und Teiche. Teil des Parks ist das Naturschutzgebiet Łęczycok mit acht Teichen, die den Lebensraum von 51 % aller in Polen lebenden Wasservögel bilden [Respondowski, Wieczorek 1995].

Zwischen Kędzierzyn-Koźle und Opole bildet die Oder die nördliche Grenze zweier Natura 2000-Gebiete, d.h. die Zdieszowicki- sowie die Żywocickie-Auen. Im Landschaftsschutzgebiet der Zdieszowicki-Aue mit zahlreichen Altarmen der Oder sind Auenwälder erhalten. Die Żywocickie-Auen umfassen ein kleines Gebiet im Zwischenstromland, das zu ca. 40 % von Altarmen der Oder durchzogen und zu 30 % von Laubwäldern bedeckt ist.³

Von Opole nach Brzeg fließt die Oder durch den 1999 errichteten Stober-Landschaftspark. Der Park erstreckt sich über die Einzugsgebiete des Stober, der Baudendorfer und Bodländer Flößbäche, der Brinitz und Smortave und bildet den Lebensraum zahlreicher geschützter (40) und seltener (130) Pflanzenarten sowie ca. 250 geschützter Tierarten (wie Otter und Biber) sowie von 165 Vogelarten. Der Landschaftspark ist in vier Schutzgebiete untergliedert: Barucice, Leśna Woda, Lubsza und Rogalice. Das Waldschutzgebiet Barucice wurde 2010 zum Schutz von Auen- und Eichen-Hainbuchen-Wäldern errichtet. In dem seit 1958 bestehenden Schutzgebiet Leśna Woda wurden alte natürliche Mischwälder mit bis zu 160 alten Bäumen unter Schutz gestellt. Zu diesem Ziel wurden 1958 das Schutzgebiet Lubsza mit seinen Mischwäldern mit großen Buchen- und Eichenbeständen sowie 1969 das Schutzgebiet Rogalice errichtet, in dem wiederum der natürliche Eschen- und Erlenbestand geschützt wird.

Zwischen Dobrzeń Mały und Wrocław fließt die Oder durch das Natura 2000-Vogelschutzgebiet Grądy, zu dem einige Waldgebiete und Teile der Flusssauere gehören. Die Flussufer wurden in einem großen Abschnitt mit Deichen befestigt und das Flussbett kanalisiert, an einigen Stellen jedoch blieben noch Feuchtgebiete erhalten. Etwa 5 % der Flächen im Wasserversorgungsgebiet von Wrocław und im Flusstal der Ohle bei Radwanice sind von Pfeifengraswiesen bedeckt, die einen Lebensraum für viele Wasser- und Sumpfpflanzen und sechs Fischarten bilden, die in der FFH-Richtlinie genannt werden. Im Gebiet von Grądy liegen vier Schutzgebiete: Łacha-Jelcz, Kanigóra, Grodzisko Ryczyńskie und Zwierzyniec. Das Schutzgebiet Łacha-Jelcz ist ein ca. 1.500 m langer Altarm der Oder mit einem der größten Wassermusstandorte. Im Waldschutzgebiet Kanigóra befinden sich

³ ine.eko.org.pl

Eschen-Ulmen-Auen. Das Schutzgebiet Grodziska Ryczyńskie beherbergt einen archäologischen Standort und einen über 200 Jahre alten Baumbestand. Im Schutzgebiet Zwierzyniec stehen Eschen-Ulmen-Auen unter Schutz.⁴

Zwischen den Ortschaften Czarnowo und Kłopot fließt die Oder entlang der deutsch-polnischen Grenze und zerschneidet den Krzesiński-Landschaftspark mit dem Trockenpolder Krzesin-Bytomiec und dem postglazialen See *Jezioro Krzesińskie*. Der 1998 errichtete Park bietet Nistplätze für zahlreiche Vogelarten.⁵

Im Abschnitt zwischen dem Ort Pamięcin und der Mündung der Mietzel fließt die Oder durch den Nationalpark Warthemündung, der 2001 zum Schutz der einzigartigen Feuchtgebiete, weiträumiger Wiesen und Weiden errichtet wurde. Der Park umfasst Sumpf- und Moorgebiete im Mündungsgebiet der Warthe mit Habitaten für Wasser- und Sumpfvögel, darunter 26 Arten, die zu den weltweit vom Aussterben bedrohten Tierarten zählen.⁶

Zwischen den Ortschaften Czelin und Krajnik Dolny fließt die Oder durch den Landschaftspark Zehden (*Cedyński Park Krajobrazowy*), in dem 640 Pflanzenarten, darunter 18 streng geschützte Arten beheimatet sind. Im Parkgebiet befinden sich Lebensräume von 12 Amphibien- und 6 Reptilien- sowie von 194 Vogelarten. Der Park umfasst 8 Naturschutzgebiete: *Bielinek*, *Dąbrowa Krzymowska*, *Dolina Świergotki*, *Jeziora Siegniewskie*, *Olszyna Źródłiskowa pod Lubiechowem Dolnym*, *Olszyny Ostrowskie*, *Wrzosowiska Cedyńskie im. inż. Wiesława Czyżewskiego* und *Słoneczne Wzgórza*.

Im Zwischenstromland zwischen West- und Ostoder bis zum Ort Skońnica erstreckt sich der Landschaftspark Unteres Odertal, der zusammen mit dem auf deutscher Seite gelegenen Nationalpark Unteres Odertal den Internationalen Park Unteres Odertal bildet. Das Gebiet des Landschaftsparks Unteres Odertal umfasst Überflutungsmoore und Feuchtgebiete mit einem Netz von Kanälen und Altarmen sowie einer einzigartigen Flora und Fauna, die in keinem anderen Mündungsgebiet großer europäischer Flüsse auftreten. Auf ca. 4 % der Parkfläche erstrecken sich Erlenwälder. Weidenauenwälder bedecken Ufer von Flüssen, Altarmen und Kanälen. Zu den wichtigsten Tierarten zählen hier Vögel mit vielen Wasser- und Sumpfvogelarten sowie Fische wie Brachse, Güster, Rotauge, Hecht, Aal, Döbel, Rapfen, Schleie, Karpfen, Wels, Flussbarsch und Zander.⁷

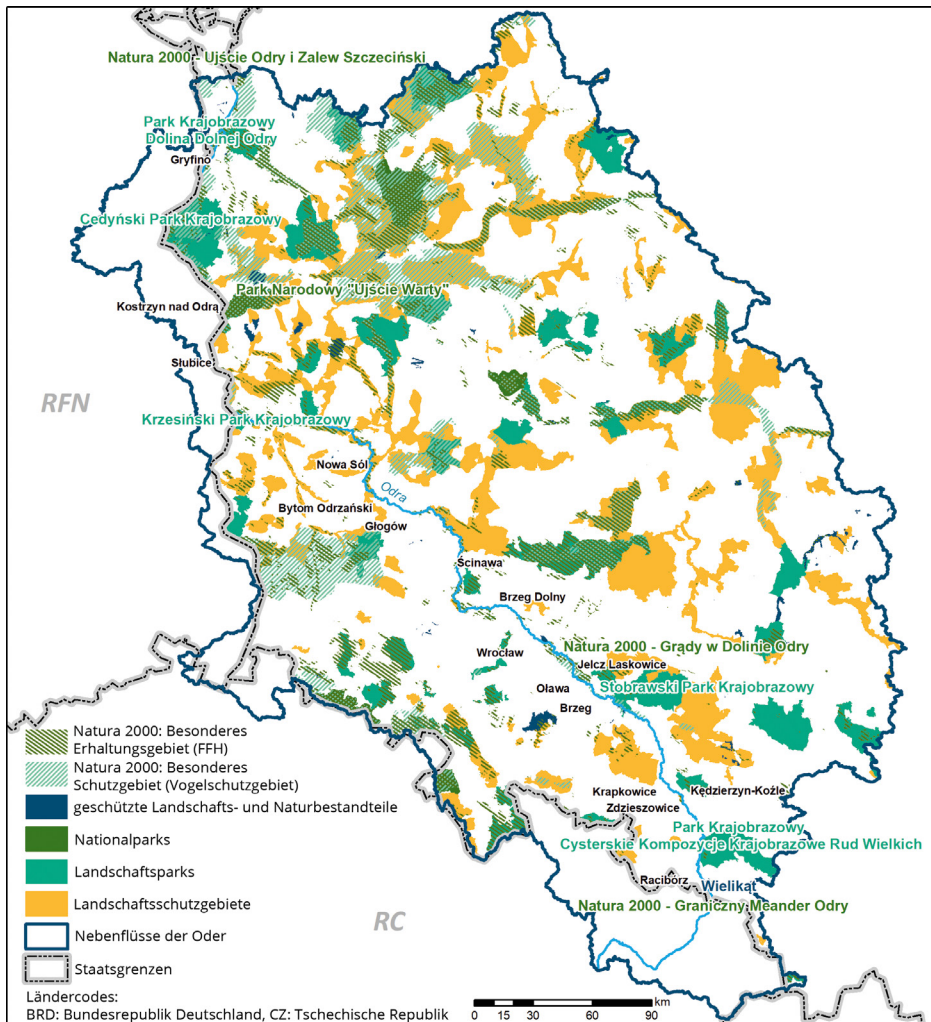
Der Nationalpark Unteres Odertal wurde 1995 im Landkreis Uckermark zum Schutz des Odertals mit seinen Altarmen, Seggenrieden, Feuchtwiesen und Auenwäldern errichtet. Im Landschaftspark Unteres Odertal liegen zwei Schutzgebiete: *Kurowskie Błota* und *Kanał Kwiatowy*. Im Tierchutzgebiet Kurowskie Błota befinden sich Brutplätze vieler Vogelarten, vor allem des Graureihers. Das Gebiet liegt auf der Flussinsel Wielkie Bagno Kurowskie im Norden des Landschaftsparks Unteres Odertal. Das zweite Schutzgebiet Kanał Kwiatowy umfasst einen der Oder-Altarme und dient dem Schutz seltener Wasser- und Sumpfpflanzenarten.

⁴ <http://przyrodniczo.pl/>

⁵ <http://www.zpkwl.gorzow.pl/>

⁶ <https://www.pnujsciewarty.gov.pl/>

⁷ <http://www.zpkwz.pl/>



NATURSCHUTZGEBIETE ENTLANG DER ODER

[Bearbeitung: IMGW-PIB, nach: <http://geoserwis.gdos.gov.pl/mapy/>]

Im Jahre 2018 wurde das Natura 2000-Gebiet Unteres Odertal und Stettiner Haff (Schutzgebiet Czarnocin) mit einer Fläche von 52611,99 ha ausgewiesen, das sich über das Mündungsgebiet der Oder vom Stettiner Stadtteil Skolwin über Police bis hin nach Stepnica, Trzebież erstreckt und das Stettiner Haff, Dievenow, den Camminer Bodden, die Insel Gristow und die Küstengebiete der Inseln Wolin und Usedom umfasst. Entlang der Ufer des Stettiner Haffs erstrecken sich Untiefen unterschiedlicher Breite (mit einer maximaler Wassertiefe von 1,0 bis 1,5 m), die Lebensräume für viele Arten von Hydrophyten bilden. Das Stettiner Haff ist ein nicht nur regional, sondern auch landesweit wichtiger Lebensraum für viele geschützte Fisch- und Neunaugenarten. Das Seengebiet bildet die Grenze zwischen zwei Lebensräumen, d.h. dem Meeressalzwasser und dem Süßwasser im Ästuar der Oder

und bietet damit gute Bedingungen für Fischarten, die in beiden Lebensräumen beheimatet sind. Das Gebiet liegt im Wanderungsgebiet von Laichfischen wie Zärthe, Maifisch, Lachs, Wanderforelle und Aal. Das weiträumige Stettiner Haff und die unterschiedlichen Küstenbereiche mit verschiedenen Habitaten von Schilfrohren, Sumpf- und Wasserpflanzen dienen als Lebensräume für viele Vogelarten. In diesem Gebiet befindet sich auch das nach Prof. Janina Jasnowska benannte Naturschutzgebiet Czarnocin (420,14 ha), das seit seiner Gründung 1974 dem Schutz und der Erhaltung eines Torfmooses mit seinen charakteristischen atlantischen Pflanzen und Erlen-Birken-Bruchwäldern sowie zahlreichen Standorten von Königsfarn, Gagelstrauch, Waldgeißblatt dient.⁸

Die entlang der Oder gelegenen Korridore sowie National- und Landschaftsparks bestimmen gewissermaßen die Wahl von Maßnahmen zum Hochwasserschutz, die in den Hochwassermanagementplänen festgehalten werden und beeinflussen daher die Vorgehensweise bei Überschwemmungen und Hochwasser.

⁸ <http://crfop.gdos.gov.pl/>

ABFLUSSVERHÄLTNISS IM EINZUGSGEBIET DER ODER

Tamara Tokarczyk, Leszek Jelonek, Wiwiana Szalińska, Jan Unucka, Ksawery Skąpski

Hydrologische Bedingungen

Die Oder ist einer der wasserärmsten Flüsse in Europa. Die mittleren Abflüsse (MQ) von Elbe, Weichsel, Donau und Rhein betragen im Verhältnis zum mittleren Abfluss der Oder jeweils 1,06; 1,7; 2,9 und 5,0. Damit führt die Oder ca. 6 % weniger Wasser als die Elbe, ca. 60% weniger als die Weichsel und jeweils drei- und fünfmal weniger als Donau und Rhein.

Aufgrund der geographischen Lage des Einzugsgebietes der Oder und wechselnder Einflüsse gemäßigter klimatischen Bedingungen ist das Wasserdargebot im EZG der Oder räumlich sehr stark differenziert. Die Oder und ihre Nebenflüsse werden sowohl aus dem Oberflächenabfluss durch Niederschläge und Schneeschmelze, als auch aus Grundwasser gespeist. Die in den letzten zehn Jahren beobachtete Verkürzung der Dauer der Schneedecke und eine Verringerung des Wasserrückhalts im Schnee beeinträchtigen das Wasserdargebot im Einzugsgebiet. Am Oberlauf der Oder werden in Berg- und Mittelgebirgsregionen stärkere Zuflüsse aus Niederschlägen als in den Tieflandregionen verzeichnet, wo während der letzten Jahrzehnte im Einzugsgebiet immer öfter längere Niedrigwasserperioden beobachtet werden. Weitere nachteilige Einflussfaktoren sind der Klimawandel, der steigende anthropogene Druck, die allgegenwärtige und chaotische Urbanisierung und die damit einhergehende Versiegelung von Flächen im Einzugsgebiet, die zu Veränderungen des Wasserhaushalts im EZG der Oder führen. Das aktuelle Abflussregime der Oder ist durch natürliche Geo- und Klimafaktoren, aber ebenso durch intensive anthropogene Einflüsse, insbesondere im 19. und 20 Jahrhundert, bedingt.

WASSERDARGEBOT IM EINZUGSGEBIET DER ODER IN EINEM NASS-, TROCKEN- UND GEMÄßIGTEN DURCHSCHNITTSJAHR [Bearbeitung: IMGW-PIB]

Bilanzgebiet	2010: Nassjahr		2009: Durchschnittsjahr		2015: Trockenjahr	
	km ³	l/s/km ²	km ³	l/s/km ²	km ³	l/s/km ²
Einzugsgebiet am Ober- und Mittel- lauf der Oder bis zur Warthemündung	15,15	10,84	9,04	6,47	5,69	4,07
mit den Einzugsgebieten:						
Glatzer Neiße	1,77	15,06	1,23	10,55	0,63	5,36
Bartsch	1,03	5,89	0,36	2,06	0,28	1,60
Bober	1,85	10,07	1,51	8,22	0,88	4,79
Lausitzer Neiße	1,23	17,74	0,84	12,12	0,58	8,37
Einzugsgebiet der Warthe	8,83	5,13	5,15	2,99	4,27	2,48
mit den Einzugsgebieten:						
Prosna	0,88	5,67	0,35	2,26	0,32	2,06
Netze	2,57	4,71	2,01	3,68	1,78	3,26
Einzugsgebiet am Unterlauf der Oder von der Warthemündung bis Stettiner Haff	25,55	7,64	15,47	4,63	11,24	3,36
mit dem Einzugsgebiet der Ihna	0,36	5,31	0,31	4,57	0,29	4,28

Die höchsten Abflusswerte wurden in dem Zeitraum 1961-2018 während des Oder-Hochwassers 1997 verzeichnet. An den meisten Pegeln sind diese Werte zugleich absolute Maximalwerte. Das Ausmaß des „Jahrtausendhochwassers“ veranschaulichen auch die Volumina der Hochwasserwelle an den einzelnen Pegeln entlang der Oder, die ca. 50 % und am Pegel Połęcko bis zu 75 % der mittleren jährlichen Durchflussmengen der mehrjährigen Reihe 1961-2018 ausmachten.

MAßGEBLICHE DURCHFLÜSSE JAHRESREIHE 1961-2018 AN PEGELN ENTLANG DER ODER

[Bearbeitung: IMGW-PIB]

Nr.	Fluss	Pegel	A (km ²)	NNQ (m ³ /s)	Jahr	MNQ (m ³ /s)	MQ (m ³ /s)	MHQ (m ³ /s)	HHQ (m ³ /s)	Jahr
1	Oder	Oława, Brücke*	19791	23,6	2004	53	140	614	1510	1997
2	Oder	Połęcko	47165	53,1	2015	110	257	818	3200	1997
3	Oder	Gozdowice	109811	121	2015	248	527	1212	3180	1997

*Oława, Brücke: Werte der Zeitreihe 1961-2014

MAßGEBLICHE ABFLUSSPENDEN DER JAHRESREIHE 1961-2018 FÜR DIE ODER-PEGEL

[Bearbeitung: IMGW-PIB]

Nr.	Fluss	Pegel	A (km ²)	NNq (l/skm ²)	Jahr	MNq (l/skm ²)	mMq (l/skm ²)	MHQ (l/skm ²)	HHq (l/s*km ²)	Jahr
1	Oder	Oława Brücke*	19791	1,19	2004	2,68	7,07	31,02	76,30	1997
2	Oder	Połęcko	47165	1,13	2015	2,33	5,45	17,34	67,85	1997
3	Oder	Gozdowice	109811	1,10	2015	2,26	4,80	11,04	28,96	1997

*Oława, Brücke: Werte der Zeitreihe 1961-2014

AUSGEWÄHLTE MAXIMALE WASSERSTÄNDE BEI ODERHOCHWASSER IM ZEITRAUM 1961-2018

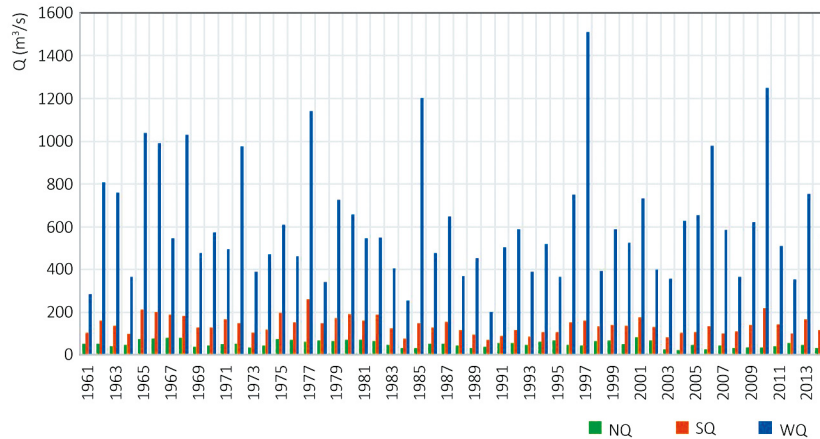
[Bearbeitung: IMGW-PIB]

Nr.	Pegel	Beobachtete maximale Wasserstände H _{max} (cm)								
		1965	1968	1977	1982	1985	1997	2006	2010	2013
1	Oława, Brücke	692	690	712	632	722	766	726	765	658
2	Połęcko	484	471	513	440	476	595	481	557	421
3	Gozdowice	548	567	566	644	521	659	545	617	529

AUSGEWÄHLTE MAXIMALE ABFLUSSWERTE BEI STÄRKEREN HOCHWASSEREREIGNISSEN

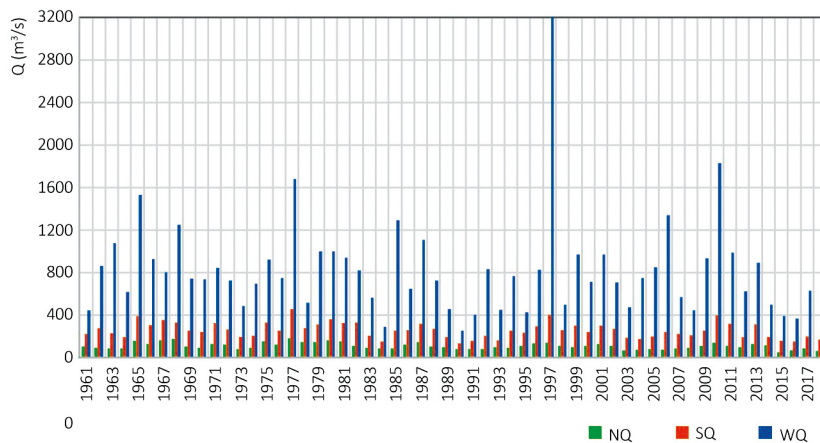
IM ZEITRAUM 1961-2018 [Bearbeitung: IMGW-PIB]

Nr.	Pegel	Q _{max} (m ³ /s) in den jeweils ausgewählten Jahren								
		1965	1968	1977	1979	1985	1997	2006	2010	2011
1	Oława Brücke	1040	1030	1140	728	1200	1510	980	1250	511
2	Połęcko	1530	1250	1680	1000	1290	3200	1340	1830	988
3	Gozdowice	1800	1300	2170	1970	1520	3180	1620	2210	1780



MAßGEBLICHE JAHRESABFLÜSSE, PEGEL OŁAWA (BRÜCKE)

[Bearbeitung: IMGW-PIB]



MAßGEBLICHE JAHRESABFLÜSSE, PEGEL POŁĘCKO

[Bearbeitung: IMGW-PIB]

Gestaltung der Abflussverhältnisse: physikalisch-geographische und anthropogene Faktoren

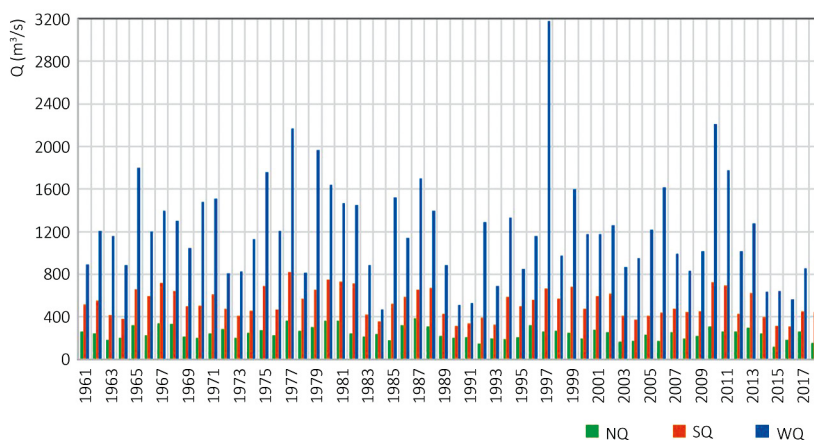
Die Komplexität der physikalisch-geographischen Faktoren im Einzugsgebiet der Oder, die Richtung und Geschwindigkeit der heranströmenden feuchten Luftmassen sowie die räumliche Abgrenzung durch die Sudeten und Beskiden führen in der Region zu starken und intensiven Regenfällen. Die verheerendsten Hochwasserereignisse im Einzugsgebiet der Oder sind Hochwasser infolge von Niederschlägen und Dauerniederschlägen sowie lokaler Starkniederschläge. Die Herausbildung von Hochwasserwellen wird von folgenden Para-

metern des Einzugsgebietes bestimmt: lokale topographische, hydrologische und geologische Bedingungen sowie anthropogene Einflüsse. Zu Änderungen im Flussregime der Oder kommt es infolge einer über Jahrzehnte hinweg erfolgten Befestigung der Ufer von Gebirgsbächen, einer starken Veränderung der Waldstruktur, einer weit verbreiteten Bewirtschaftung von Flächen im Einzugsgebiet sowie der Errichtung wasserbaulicher Anlagen und Bauwerke, womit wiederum die Ausbreitung von Hochwasserwellen entlang des Flusses und im Flusstal erheblich beeinflusst werden. Breite, flache Flussauen und ein technischer Hochwasserschutz mit Deichen, Poldern, Ableitkanälen, Trocken- und Hochwasserrückhaltebecken führen ihrerseits zu veränderten Abflüssen und Formen der Hochwasserwellen entlang der Oder.

TECHNISCHE DATEN DER STAUBECKEN IM TSCHECHISCHEN TEIL DES EINZUGSGEBIETES

[Bearbeitung: IMGW-PIB]

Lfd. Nr.	Staubecken	Fluss	Baujahr	Fläche des Einzugsgebietes (km ²)	Stauraum			Stausee-fläche (ha)
					Gesamtstauraum (Mio. m ³)	Rückhalte-raum (Mio. m ³)	Hochwasserrückhalte-raum (Mio. m ³)	
1	Sanče	Ostrawitz	1964-1969	146,4	61,8	43,1	16,2	337
2	Morávka	Morávka	1961-1967	63,3	12,1	4,9	6,7	80
3	Žermanice	Lutschina	1951-1957	45,5	25,3	18,5	5,8	248
4	Těrlicko	Stonávka	1955-1964	82,0	27,4	22,0	4,7	268
5	Slezká Harta	Moravica	1987-1997	464,1	218,7	182,0	29,2	943
6	Kružberk	Moravica	1948-1955	567,0	35,5	24,6	6,9	280
7	Olešná	Olešná		33,6	4,4	3,2	0,9	88
8	Baška	Bašnice	1958-1961	12,3	1,1	0,6	0,1	33
Gesamtstauraum				1414,2	386,3	298,9	70,5	



MAßGEBLICHE JAHRESABFLÜSSE, PEGEL GOZDOWICE

[Bearbeitung: IMGW-PIB]

Die ersten zugleich als Hochwasserrückhaltebecken genutzten Talsperren entstanden an der Quais in Marklissa (1901-1905) und am Bober in Mauer (1903-1912). Vor dem 2. Weltkrieg wurden fünf weitere Talsperren fertiggestellt. Bei Hochwasser spielen Trockenbecken eine wichtige Rolle. Das erste derartige Becken wurde 1906 im Ziedertal errichtet.

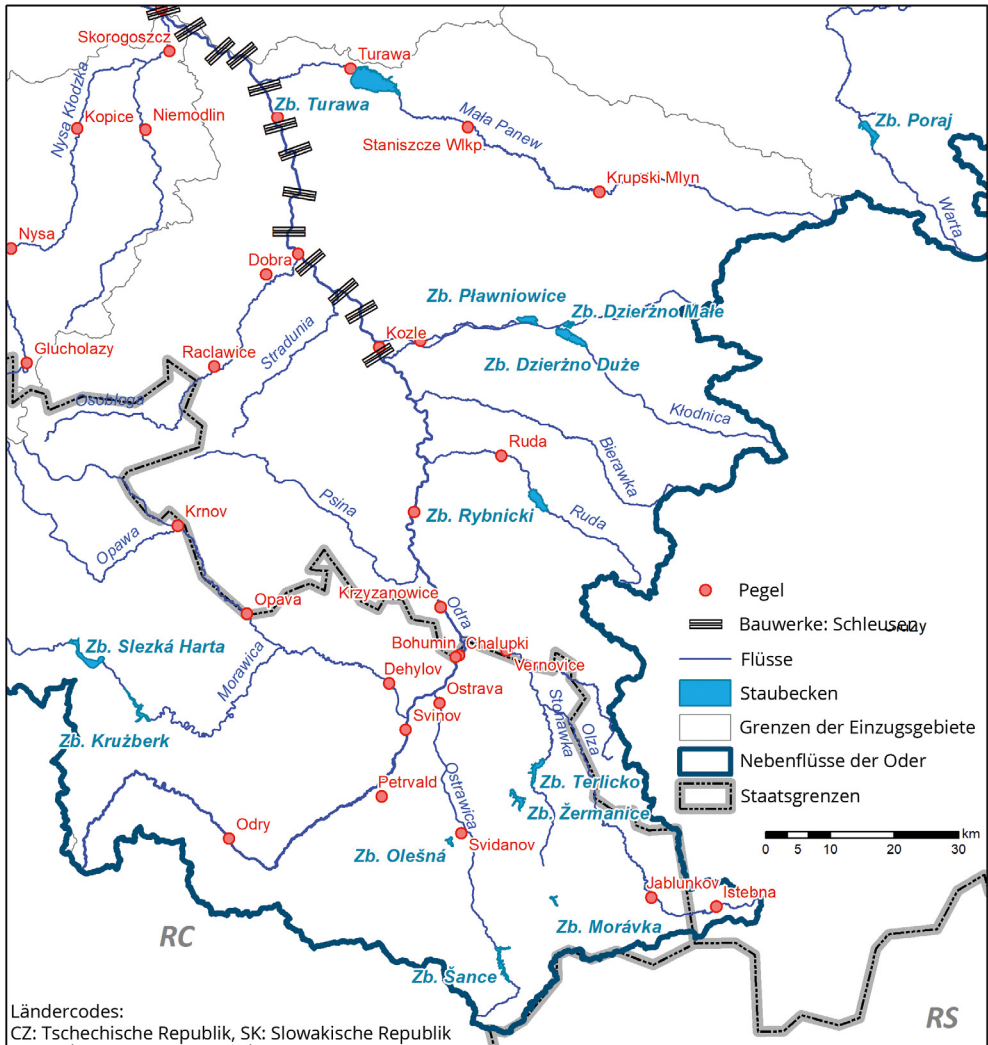
Derzeit gibt es auf dem Gebiet der Tschechischen Republik acht Hochwasserrückhaltebecken mit einer Gesamtfläche von 1413,2 km² und einem Gesamtstauraum von 383,6 Mio. m³ (außergewöhnlicher Hochwasserrückhalteraum von 70,5 Mio. m³). Sieben Objekte entstanden in den Jahren 1948-1969, ein weiteres 1996. Die wichtigsten Staubecken befinden sich in Sanče mit 16,2 Mio. m³ und in Slezká Harta mit 29,2 Mio. m³. Die Hochwasserrückhalteräume liegen jeweils im Oberlauf der Flüsse Ostrawitzka und Moravica. In Polen sind der Trockenpolder Racibórz Dolny und die aufeinander folgenden Staueisen Topola–Kozielno–Otmuchów-Nysa von enormer Bedeutung. Diese Bauwerke änderten zugleich die Hochwasserverhältnisse im Einzugsgebiet. Polder und Staubecken verzögern die Herausbildung von Hochwasserwellen und dämpfen diese ab, während die Eindeichung der Oder in den Städten Höhe und Geschwindigkeit der Ausbreitung von Scheitelwellen vergrößert.

Im polnischen Teil des Einzugsgebietes wurden zahlreiche Talsperren errichtet, wobei nur wenige dem Hochwasserschutz dienen. Gegenwärtig werden zehn große Staueisen als Hochwasserrückhaltebecken genutzt. Der Verlauf von Hochwasserereignissen an der Oder wird im Wesentlichen von folgenden Staubecken beeinflusst: die Speicherkaskade an der Glatzer Neiße sowie die Staubecken Turawa an der Malapane, Mietków an der Habelschwerdter Weistritz, Bukówka am Bober, Słup an der Jauerschen Neiße, Dobromierz am Striegauer Wasser und Sosnówka am Rothe-Wasser.

DIE GRÖßTEN POLNISCHEN STAUSEEN IM EINZUGSGEBIET AM MITTELLAUF DER ODER

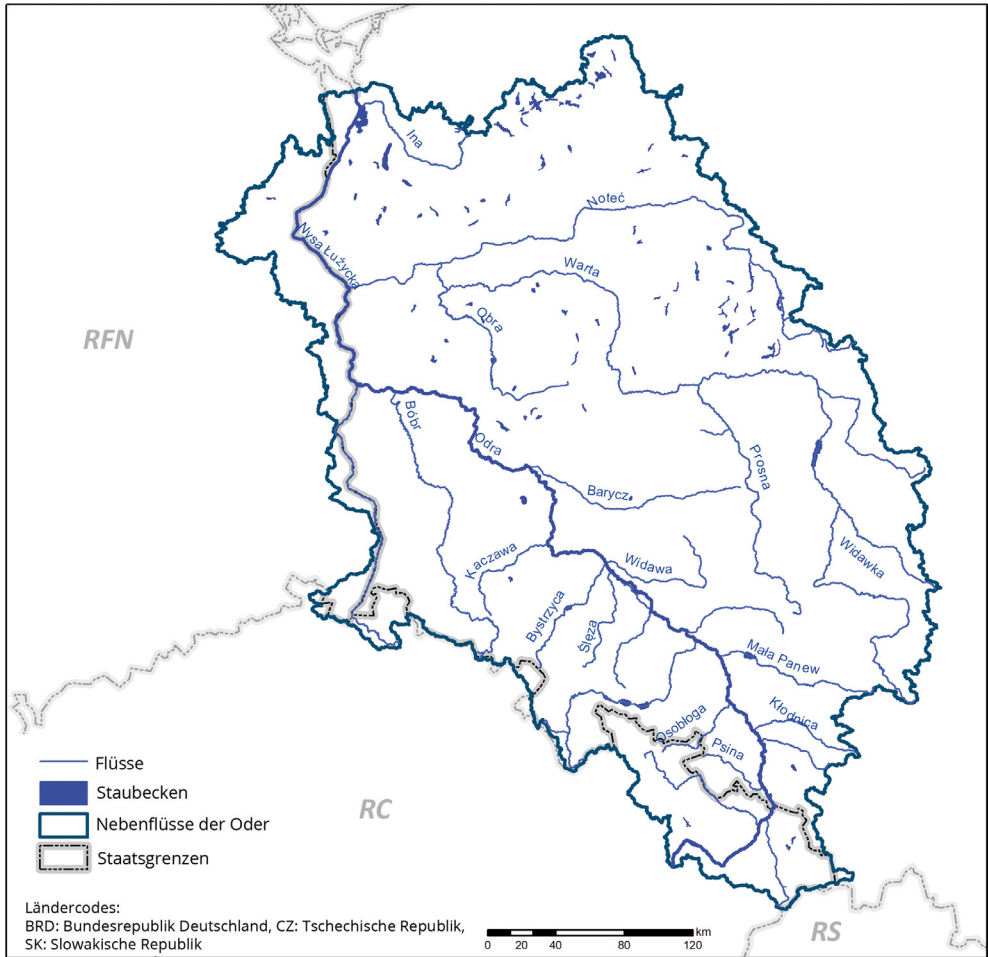
[Bearbeitung: IMGW-PIB]

Nr.	Staubecken	Fluss	Fertigstellung	Staueisenfläche (km ²)	Stauraum	
					Gesamtstauraum (Mio. m ³)	Hochwasserrückhalteraum (Mio. m ³)
1	Turawa	Malapane	1939	24	108	15,1
2	Topola	Glatzer Neiße	2003	3,4	21,7	5,19
3	Kozielno	Glatzer Neiße	2003	3,5	16,3	3,38
4	Otmuchów	Glatzer Neiße	1933	20,6	130	86/71
5	Nysa	Glatzer Neiße	1972	20,7	124	87/73
6	Mietków	Weistritz	1986	9,29	76,9	13,7
7	Bukówka	Bober	1989	1,99	16,8	3,9
8	Słup	Jauersche Neiße	1978	4,9	38,4	7,30
9	Dobromierz	Striegauer Wasser	1987	1,11	11,3	1,35
10	Sosnówka	Rothe-Wasser	2002	1,72	14,8	3,9



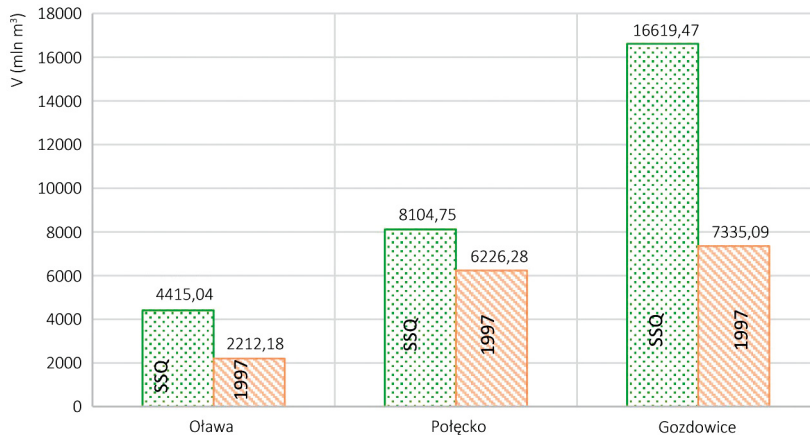
RÄUMLICHE VERTEILUNG DER STAUBECKEN IM EINZUGSGEBIET AM OBERLAUF DER ODER

[Bearbeitung: IMGW-PIB]



RÄUMLICHE VERTEILUNG DER STAUBECKEN IM EINZUGSGEBIET AM MITTELLAUF DER ODER

[Bearbeitung: IMGW-PIB]



MITTLERE JAHRESABFLÜSSE AN DER ODER IM VERGLEICH MIT DER HOCHWASSERWELLE 1997

[Bearbeitung: IMGW-PIB]

Hochwasserwellen entstehen am Ober- und Unterlauf und gleichermaßen entlang der gesamten Oder fast jedes Jahr; das größte Hochwasserrisiko besteht im Juli und August. Im Unterlauf der Oder kommt es viel häufiger zu Frühjahrshochwasser, verbunden mit Eisabgang sowie infolge von Windrückstau und einem nur langsamen Abfließen der Hochwasserwellen in die Ostsee. Auslöser von Hochwasser im Einzugsgebiet am Ober- und Mittellauf der Oder sind im Juli und August intensive Regenfälle mit hohen Tagesniederschlagsmengen.

Geschichte der Wasserbauwerke im Einzugsgebiet der Oder

Regelungs- und Wasserbauwerke entstanden im Einzugsgebiet der Oder vorwiegend als Reaktion auf konkrete Hochwasserereignisse. Nach starken und extremen Hochwassern war die Bautätigkeit besonders intensiv. Die umfangreichen Baumaßnahmen sollten aber auch den Bedürfnissen der wachsenden Industrie und der Rolle der Oder bei der Wasserversorgung und als Verkehrsader gerecht werden. Die einst stark mäandrierende Oder wurde in den letzten 200 Jahren auf vielen Abschnitten verkürzt und Flussschleifen durchstochen [Freymark 1929]. So entstand eine schiffbare Wasserstraße mit vielen Stauwerken zur Stromerzeugung [Ihnatowicz 1946; Born 1948; Koziarski 1997].

Wasserbauwerke vor dem Hochwasser 1854

Den historischen Aufzeichnungen zufolge gab es im 13. Jahrhundert an der Oder bereits zwanzig Wehre. Die ältesten Anlagen sind die Wehre Clara und Maria, die früher zum Anstauen des Flusses für den Betrieb von Mühlen sowie zur Schiffbarmachung der Oder genutzt wurden. Im

15. Jahrhundert wurden an den Ufern zum Schutz vor Hochwasser Buhnen errichtet. Ende des 15. Jahrhunderts gab es in der Umgebung von Brieg bereits Hochwasserdeiche, im 16. Jahrhundert war auch Glogau durch Deichanlagen geschützt. Umfangreichere Arbeiten zum Durchstechen der Flussschleifen, Abschneiden der Mäander und Begradigung des Flussverlaufs für die Schiffbarmachung der Oder begannen Ende des 16. Jahrhunderts. Bis 1751 wurde die Oder um 10,7 km, daraufhin mit zwei weiteren Durchstichen um 11,3 km (insgesamt 22 km) verkürzt. Weitere Baumaßnahmen erfolgten in den Jahren 1770-1780 und führten zu weiteren Verkürzungen der Oder, vor allem in der Umgebung der Städte Ratibor, Oppeln, Steinau a.d. Oder, Grünberg und Crossen a.d. Oder um insgesamt 60 km. Zwischen 1790 und 1812 wurden in der Region Ratibor-Cosel Oderdurchstiche vorgenommen. Die industrielle Entwicklung von Oberschlesien bildete einen wichtigen Impuls zum Bau des 43,7 km langen Klodnitzkanals, der in den Jahren 1792-1812 errichtet wurde und entlang der Klodnitz von Gleiwitz nach Cosel führte. Dadurch konnte die Schiffbarkeit verbessert und der Verkehr von schweren Lastkähnen auf der Oder ermöglicht werden.

Die Bedingungen für die Schifffahrt wurden in der Umgebung von Breslau in den 90er Jahren des 18. Jahrhunderts (1791-1794) durch den Bau der Bürger- und Sandschleusen im Gebiet der Stadtober wesentlich verbessert. Die beiden Anlagen waren die ersten steinernen Breslauer Kammerschleusen.

Aufgrund des stetig zunehmenden Schiffs- und Lastkahnverkehrs auf der Oder musste die Schiffbarkeit bei Ohlau und in Breslau verbessert werden. In Ohlau wurde ein Schleusenkanal und in Breslau für den Großschiffahrtsweg die Scheitniger Schleuse gebaut und 1793 in Betrieb genommen. Zwischen 1816 und 1840 entstanden entlang des Flusses weitere Regelungsbauwerke wie Buhnen und Uferbefestigungen. 1830 nahm man die Planung größerer und weiträumiger Deichanlagen auf. Bis 1843 wurde der natürliche Flusslauf zwischen Dyhernfurth und der Mündung der Lausitzer Neiße mit Buhnen reguliert, die stromabwärts (deklinant) ausgerichtet eine zumindest mittlere Wassertiefe gewährleisten sollten. Ähnliche wasserbauliche Maßnahmen erfolgten bis 1885 auf dem nachfolgenden Abschnitt bis zur Warthemündung. Die Maßnahmen führten zur Verlandung der Oder unterhalb der Warthemündung und bildeten den maßgeblichen Grund dafür, auch den Flussabschnitt von der Warthemündung bis zum Finowkanal zu regulieren [Dubicki 2001].

Entwicklung der wassertechnischen Infrastruktur zwischen 1854 und dem Hochwasser 1903

Die 1874 eingerichtete Oderstrom-Bauverwaltung beaufsichtigte zwischen 1874 und 1885 Regulierungsmaßnahmen auf dem Abschnitt zwischen der Mündung der Glatzer Neiße und Schwedt (Oder). Die Arbeiten sollten die für die Schifffahrt erforderliche Wassertiefe (1,0 m) bei mittleren Wasserständen gewährleisten. 1891 wurden Arbeiten zur Kanalisierung der Oder auf dem 80 km langen Abschnitt zwischen Cosel und der Mündung der Glatzer Neiße aufgenommen. Errichtet wurden zwölf Stauanlagen mit einer Höhe von 1,75 m bis 2,60 m. Erstes Bauwerk war die Schleuse in Januschkowitz, in kurzen Zeitabständen gefolgt von weiteren Bauten. Alle Anlagen wurden als Nadelwehre mit Schiffsschleusen ausgeführt.

An der alten Schleuse in Brieg und am Wehr in Ohlau entstanden neue, größere Schleusenanlagen. Die neu ausgebaute Wasserstraße wurde 1897 eröffnet.

Um die Schiffbarkeit zu verbessern und die Höhenunterschiede von insgesamt 16 m zwischen der Mündung der Glatzer Neiße und Breslau schneller überwinden zu können, wurden anschließend bauliche Maßnahmen zur Regulierung eines weiteren Flussabschnitts von 69 km Länge ergriffen und das Nadelwehr bei Koppen sowie die Schleuse Schaniwitz errichtet. Die Arbeiten umfassten zudem sechs Durchstiche an engen Flussbiegungen. Auf der Oder bei Oppeln entstanden zunächst ein Überfallwehr, dann ein bewegliches Nadelwehr und schließlich eine Kammerschleuse. Der Hauptstrom der Oder wurde zur Wasserstraße ausgebaut. Der rechte, mit einem festen Wehr abgetrennte Flussarm diente als Ableitkanal für Hochwasser, am Mühlengraben wurde ein Schützenwehr erreicht. In Breslau wurde die Altoder mit dem Scheitniger Wehr vom Hauptstrom abgetrennt. Zwischen 1895 und 1897 wurde ein Schiffskanal entlang der Nordoder gebaut, ausgehend vom Nadelwehr mit einer kleinen städtischen Schleuse im Stadtteil Hundsfeld. Am Eingang zum Kanal in Scheitnig lag die Breslauer Flutschleuse. Die Scheitniger Schleuse entstand im Seitenkanal.



BOBERTALSPERRE PILCHOWICE (MAUER), STAND 1946

[Bild: Wratislaviae Amici; <http://www.tvn24.pl>]

Entwicklung der wassertechnischen Infrastruktur zwischen 1903 und dem Hochwasser 1938

Bis 1929 wurden an der Oder insgesamt zwanzig Wasserbauwerke, u.a. vierzehn Stauseen errichtet: jeweils neun an Bober und Queis, vier an der Katzbach, zwei an der Glatzer Neiße und je ein an Hotzenplotz und Weistritz.

Im Zuge der industriellen Entwicklung zur Jahrhundertwende vom 19. zum 20. Jahrhundert stieg die Nachfrage nach elektrischem Strom sprunghaft an. So entstanden an den Hochwasser-

rückhaltebecken sechs Wasserkraftwerke: zwei an der Queis, drei am Bober sowie eines an der Weistritz. Die Maßnahmen zur Schiffbarmachung der Oder wurden konsequent fortgeführt. In den Jahren 1905-1917 entstand um den Stadtkern von Breslau herum ein Schiffskanal mit einer großen Kammerschleuse als Teil der Schleusenanlage Bartheln sowie die Schleusenanlage Wilhelmsruh mit einem Nebenwehr am Flutkanal. Der Schifffahrtsweg wurde zwischen 1912 und 1913 eröffnet. Zur gleichen Zeit wurde auch der Flutkanal mit dem Wehr Bartheln am oberen und dem Rosenthaler Wehr am unteren Ende geschlossen. Nach Abschluss der Maßnahmen kam der Schiffsverkehr auf der Stadtober durch die kleinen Bürger- und Sandschleusen zum Erliegen. Die zwischen 1905 und 1917 umgesetzten Maßnahmen zur Kanalisierung der Oder von der Mündung der Glatzer Neiße bis Breslau umfassten den Bau von neun Querbauwerken mit größeren Schleppschleusen und Nadelwehren. Aufgrund des Baus von Schleppschleusen oberhalb der Mündung der Glatzer Neiße mussten in den Jahren 1908-1912 vergleichbare Anlagen auch auf dem Abschnitt zwischen Januschowitz bei Cosel und der Mündung der Glatzer Neiße errichtet werden. Bis 1923 konnte mit der Schleuse Ransern schließlich der letzte Teil der Breslauer Wasserstraße fertig gestellt und in Betrieb genommen werden. Zwei Jahre später gingen zwei Wasserkraftwerke an beiden Armen der Stadtober ans Netz. 1933 konnte der Stausee Otmachau an der Glatzer Neiße übergeben werden. Er sollte die Schifffahrtsstraße mit Wasser versorgen, größere Wassertiefen für den Wasserverkehr gewährleisten und die Schiffbarkeit des Flusses im Jahresverlauf generell verlängern. Zwischen 1924 und 1939 wurde ebenfalls der natürliche Flussverlauf der Oder oberhalb der Mündung der Lausitzer Neiße reguliert. Im Rahmen dieser Maßnahmen konnten unterhalb der Schleuse Ransern die für den schweren Lastkahnverkehr erforderlichen Wassertiefen gewährleistet werden. Bis 1939 wurden weitere Regulierungsarbeiten auf dem 259 km langen Flussabschnitt zwischen Breslau und der Stadt Leubus durchgeführt und die Oder um 29,4 km verkürzt. Von 1931 bis 1942 wurden in weiteren Kanälen Schleppschleusen an den Schleusenanlagen Waldschleuse und Ransern errichtet. Die Maßnahmen sollten den Warenaustausch zwischen Schlesien und anderen deutschen Provinzen beleben und entsprechende Bedingungen für die Schifffahrt gewährleisten. Die Schiffbarkeit des Klodnitzkanals wurde verbessert, und in den Jahren 1933-1939 ebenso der Gleiwitzer Kanal gebaut. Auf dem 40,6 km langen Abschnitt entstanden sechs Schleusenanlagen (sechs Doppelschleusen mit zwei Schleusenkammern) mit einer Hubhöhe von 43,7 m.

Entwicklung der wassertechnischen Infrastruktur zwischen 1938 und dem Hochwasser 1977

Auslöser für das Hochwasser von 1938 war ein Deichbruch am Oberlauf der Oder, woraufhin Deichanlagen überspült und der noch nicht fertiggestellte Polder Linden am rechten Oderufer überschwemmt wurde. Nach dem Hochwasser nahm man Bauarbeiten an den Flutpoldern Treschen-Pleischwitz und Ohle auf; auch die Deichanlage wurde umgebaut, indem sie verlegt und verlängert wurde. Zu diesem Zeitpunkt entschied man ebenso, kleinere Stauseen an den Gebirgsbächen und Flüssen in den Sudeten zu errichten. Im Einzugsgebiet der Klodnitz wurde an der Drama der Stausee Stauwerder fertig gestellt. Nach Abschluss der Kampfhandlungen konnte die zerstörte Infrastruk-

tur wiederaufgebaut werden. Im Zuge der Arbeiten entstanden zudem drei neue Wasserkraftwerke an Bober, Glatzer Neiße und Oder. Ebenfalls konnten die Regulierungsarbeiten an einem noch nicht ausgebauten Oderabschnitt von insgesamt 54 km für die Schifffahrt bei Mittel- und Niedrigwasser abgeschlossen und Maßnahmen zur Instandhaltung der Wasserbauwerke durchgeführt werden. 1948 begann man in Brzeg Dolny mit dem Bau der Stauanlage: sie umfasste ein Klappenwehr mit Hub-Senk-Verschluss, ein Schleppwehr sowie ein Wasserkraftwerk.

Diese Maßnahme sollte die Schiffbarkeit der Oder mit den erforderlichen Wassertiefen zwischen Rędzin und Brzeg Dolny gewährleisten. Die Stauanlage wurde 1958 in Betrieb genommen und verlängerte die Wasserstraße auf 187 km. Zur gleichen Zeit begann auch der Bau des Turawa-Stausees an der Malapane.

Im Zuge der voranschreitenden Industrialisierung im Kohlebecken Turoszów wurde der Stausee Niedów an der Wittig (1962) gebaut; er diente der Versorgung des Kraftwerks Turów wie ebenso der Wasserversorgung der Bevölkerung. 1968 wurde der Stausee Zatonie am Pfarrbach fertiggestellt. Hierbei handelte es sich um die ersten wasserbautechnischen Maßnahmen im Sudetenvorland nach dem Ende des 2. Weltkrieges. 1964 wurden schließlich die Bauarbeiten am Stausee Dzierżno Duże an der Klodnitz abgeschlossen.

Der Einsatz neuer, größerer Schubkähne sowie höhere Fahrgeschwindigkeiten erforderten einen weiteren Ausbau der Wasserstraße. Diese Arbeiten wurden in den Jahren 1966-1972 durchgeführt. 1969 begann der Umbau der Nadelwehre, die durch Sektorwehranlagen und Klappenwehre ersetzt wurden. Bis 1977 wurden die Wehranlagen in Koźle und Januszkowice entsprechend umgebaut. Nach 1972 erfolgte dann der Umbau der großen Oderschleusen und ihrer Antriebssysteme. Die zerstörten Schleusenkammern wurden erneuert, indem man die Wände nun zementierte. Die kleinen Schleusen blieben unverändert und werden noch heute manuell betrieben.

Ein wichtiger Schritt zum Ausbau der Oder, einer Angleichung der Durchflüsse sowie zur Gewährleistung ausreichender Schifffahrtsverhältnisse einschließlich einer Verlängerung der Dauer der Schiffbarkeit bildete der Bau des Stausees Głębinów-Nysa an der Glatzer Neiße. Er wurde 1972 abgeschlossen.

Entwicklung der wassertechnischen Infrastruktur zwischen 1977 und dem Hochwasser 1997

Die steigende Nachfrage nach Wasser zur Versorgung der Bevölkerung und für die Industrie führte zum Bau weiterer Stauseen: Słup an der Jauerschen Neiße, (Fertigstellung: 1978), Dobromierz am Striegauer Wasser (1986) und Bukówka am Bober (1989). Zur Verbesserung der Wasserrückhaltung im Rahmen der Gewährleistung der Schiffbarkeit auf der Wasserstraße Oder sowie zu einem erhöhten Hochwasserschutz wurde 1986 der Stausee Mietków an der Weistritz gebaut. Zwischen 1975 und 1987 erfolgte zudem ein Umbau der Stauanlage Turawa an der Malapane, in dessen Rahmen ein Wasserrückhaltebecken mit Stauwerk errichtet wurde.

Zur Versorgung der Bevölkerung mit Wasser entstand im EZG des Bober wiederum der Stausee Sosnówka an der Rothe-Wasser (Fertigstellung: 1993). Die Stauseeanlage Kozielno-Topola, die im EZG der Glatzer Neiße in den Jahren 1995-2003 gebaut wurde, diente der Absicherung der Wasserversorgung von Wrocław aus den Stauseen Otmuchów und Nysa; darüber hinaus sollten die Schiffbarkeit der Wasserstraße Oder und die Stromerzeugung aus den Wasserkraftwerken gewährleistet sowie Sport- und Tourismusangebote gefördert werden.

VERZEICHNIS WASSERBAULICHER ANLAGEN AN DER ODER

[Bearbeitung: IMGW-PIB]

Bezeichnung der Anlage	Standort (Flusskilometer)	Jahr der Inbetriebnahme
Buków – Polder	28,57-33,62	1989
Koźle – Nadelwehr, Klappenwehr	95,200 Flutkanal	1887 Umbau 1969-1972
Koźle – Nadelwehr, festes Wehr	95,500	1886-1887
Koźle 2 – Kleine Schleuse	95,600 0,930 Kanalkilometer	1857
Januszkowice – Nadelwehr, Sektorwehr	105,600	1893 Umbau 1973-1976
Januszkowice 2 – Schleppschleuse	105,600	1892-1895
Januszkowice 1 – Schleppschleuse	105,600	1908-1911
Krępa – Nadelwehr, Sektorwehr	114,500	1893 Umbau 1976-1979
Krępa 2 – Kleine Schleuse	114,400	1893
Krępa 1 – Schleppschleuse	114,400	1911
Obrowiec – Polder	117,10-121,00	nach 1903
Krapkowice – Nadelwehr, Sektorwehr	123,500	1894 Umbau 1978-1982
Krapkowice 2 – Kleine Schleuse	123,720	1893-1894
Krapkowice 1 – Schleppschleuse	123,720	1911-1912
Rogów – Nadelwehr, Klappenwehr	129,600	1893 Umbau 1988
Rogów 2 – Kleine Schleuse	129,600	1893
Rogów 1 – Schleppschleuse	129,600	1911
Kąty – Nadelwehr, Sektorwehr	137,500	1892-1895 Umbau 1985-1991
Kąty 2 – Kleine Schleuse	137,400	1893
Kąty 1 – Schleppschleuse	137,400	1911-1943
Groszowice – Nadelwehr, Sektorwehr	144,700	1897 Umbau 1981-1984
Groszowice 2 – Kleine Schleuse	144,700	1893
Groszowice 1 – Schleppschleuse	144,700	1911
Borki (Czarnowąsy-Dobrzeń) – Polder	149,50-159,70	nach 1903
Opole – Nadelwehr, Sektorwehr	150,520	1892 Umbau 1979-1986
Opole 2 – Kleine Schleuse	150,520	1892
Opole 1 – Schleppschleuse	150,520	1910
Młynówka-Opole Dolny – festes Wehr	150,520 0,260 Mühlengraben	1911 Umbau 1986
Młynówka-Opole Auslauf – Überfallwehr	150,520 1,420 Kanalkilometer Mühlengraben	1911
Mühlengraben (Młynówka) 2 – Kleine Schleuse	150,520 Mühlengraben	1911

Żelazna – Polder	155,00-162,00	nach 1903
Wróblin – Nadelwehr, Sektorwehr	157,700	1976-1979
Wróblin 2 – Kleine Schleuse	157,500	1894
Wróblin 1 – Schleppschleuse	157,500	1911
Dobrzeń – Wehranlage mit mehreren Wehrfeldern	164,200	1979-1982
Dobrzeń 2 – Kleine Schleuse	164,050	1892-1893
Dobrzeń 1 – Schleppschleuse	164,050	1911
Chróścice – Nadelwehr	168,300	1894
Chróścice 2 – Kleine Schleuse	168,300	1894
Chróścice 1 – Schleppschleuse	168,300	1911
Zawada – (Nadelwehr) Sektorwehr	174,800	1893 Umbau 1987-1994
Zawada 2 – Kleine Schleuse	174,800	1893
Zawada 1 – Schleppschleuse	174,800	1910
Rybna-Stobrawa – Polder	177,00-185,30	vor 1945
Neißemündung – Nadelwehr	180,400	1892-1895 und 1911
Neißemündung 2 – Kleine Schleuse	180,500	1892-1895
Neißemündung 1 – Schleppschleuse	180,500	1909-1910
Zwanowice – Polder	185,00-188,00	nach 1903
Zwanowice – Wehranlage mit mehreren Wehrfeldern	185,100	1973-1976
Kopin (Zwanowice) – Laufwasserkraftwerk	185,100	1920-1923
Zwanowice 1 – Schleppschleuse	185,140	1915
Zwanowice 1-neu– Schleppschleuse	185,140	1979-1990
Brzeg – Laufwasserkraftwerk	198,220	1925-1928
Brzeg – górny – Überfallwehr	198,300	1859
Brzeg 2 – Kleine Schleuse	198,300	1893
Brzeg 1 – Schleppschleuse	198,300	1914-1915
Brzeg – środkowy – Überfallwehr	198,400	1859 Umbau 1981,1986
Brzeg – dolny – Überfallwehr, Klappenwehr	198,700	1859 Umbau 1981
MEW Brzeg-Mühlengraben– Laufwasserkraftwerk	198,800	-
Brzezina – Lipki – Polder	201,00-204,00	nach 1903
Oława – Lipki – Polder	205,55-225,00	nach 1903
Lipki – Nadelwehr	206,700	1907-1915
Lipki 1 – Schleppschleuse	206,700	1907-1915
Oława – Hebewehr	213,300	1907-1915
Oława Mühlengraben – bewegliches Wehr	213,300 1,890 Kanalkilometer Mühlengraben	1990-1993
Oława Kanal I –bewegliches Wehr	213,300 0,350 Kanalkilometer	1897
Oława Kanal II – bewegliches Wehr	213,300 0,414 Kanalkilometer	1897
MEW Oława I-Kanal – Laufwasserkraftwerk	213,300	1990-1992
MEW Oława II- Mühlengraben – Laufwasserkraftwerk	213,300	1994
Oława – Klein– Kammerschleuse	213,400	1842
Oława – Groß– Kammerschleuse	215,500	1912-1915
Ratowice – Nadelwehr, bewegliches Wehr, Klappenwehr	227,400	1914-1916 Umbau 1987-1996
Ratowice – Kammerschleuse	227,400	1895-1897
Janowice II – Kammerschleuse	232,400	1895-1897
Janowice I – Kammerschleuse	232,400	1895-1915

Janowice – Nadelwehr, bewegliches Wehr, Sektorwehr	232,405	1915 Umbau 1978-1990
Janowice – Laufwasserkraftwerk	232,700	1923
Bliżanowice – Trestno – Polder	237,50-243,00	nach 1903
Oławka – Polder	237,50-247,00	nach 1903
Bartoszewice – Segmentwehr, festes Nadelwehr + bewegliches Wehr mit Fluttore	245,035 0,450 Kilometer des Flutkanals	1913-1917
Bartoszewice – Kammerschleuse	245,035 0,600 Kilometer des Schiffskanals	1913-1917
Zacisze – Nadelwehr, bewegliches Wehr	245,035 4,870 Kilometer des Flutkanals	1913-1916
Zacisze – Kammerschleuse	245,035 5,100 Kilometer des Schiffskanals	1916
Różanka – Nadelwehr, bewegliches Wehr	245,035 5,150 Kilometer der Altoder	1917 Umbau 1976-1981
Różanka – Kammerschleuse	245,035 9,030 Kilometer des Schiffskanals	1913-1917
Opatowice – Nadelwehr, bewegliches Wehr	245,035	1917 Umbau 1977-1985
Opatowice – Kammerschleuse	245,035 1,000 Kilometer des Opatowicki-Kanals	1914-1916
Szczytniki – Überfallwehr	245,035 0,100 Kilometer der Altoder	1793
Szczytniki – Kammerschleuse	245,035 0,600 Kilometer der Altoder	1895-1897
Psie Pole – Nadelwehr, bewegliches Wehr	245,035 2,900 Kilometer der Altoder	1895-1897 Sanierung 1985
Miejska – Kammerschleuse	245,035 0,800 Kilometer der Stadtoder	1895-1897
Fluttore	245,035 3,300 Kilometer der Stadtoder	1892-1897
Wehr – st. dolny Elektr. Wr. II Klappenwehr + (Hub-Senk-Verschluss)	245,035 1,300 Kilometer der Nordoder	1925
Wrocław II – Laufwasserkraftwerk	245,035 1,300 Kilometer der Nordoder	1925
Wehr Klara – festes Wehr	245,035 1,700 Kilometer der Nordoder	1555, Um- und Wiederaufbau 1838, 1880, 1945, 1960
Sandschleuse – Kammerschleuse	251,600 Kilometer der Südoder	1791-1794 Umbau 1820 Sanierung 1990
Matthias-Wehr – verschiedene Wehre	251,700 Kilometer der Südoder	1245 Umbau 1790, 1901 Sanierung 1990
Bürgerschleuse – Kammerschleuse	252,200 Kilometer der Südoder	1791 Sanierungsmaßnahmen seit 1994
Wrocław I – Laufwasserkraftwerk	252,400 Kilometer der Südoder	1925
Jaz mały Elektr. Wr. I – festes Wehr + Hub-Senk-Verschluss	252,400 Kilometer der Südoder	1925

Rędzin – bewegliches Wehr, Segementwehr mit Hub-Senk-Verschluss	260,700	1917-1923
Rędzin I – Kammerschleuse, Ziegelwand	260,700	1914-1917
Rędzin II – Kammerschleuse, Spundwand	260,700	1931-1934
Pumpstation Rędzin	Zusammenfluss der Kanäle Trzciana und Mokrzyca	vor 1945
Paniowice – Polder	266,00-270,00	1945
Brzeg Dolny – bewegliches Wehr, Klappenwehr mit Hub-Senk-Verschluss	281,600	1949-1958
Brzeg Dolny – Kammerschleuse	281,600	1949-1958
Brzeg Dolny (Wały Śl.) – Laufwasserkraftwerk	281,600	1959
Tarnów – Bycki – Polder	417,00-424,00	vor 1945
Połupin – Szczawno – Polder	493,00-513,00	vor 1945
Krzessin – Bytomiec – Polder	534,00-545,00	vor 1945

Entwicklung der wasserbaulichen Infrastruktur nach dem Hochwasser 1997

Der Bau der Stauanlage Malczyce (km 300) wurde 1997, unmittelbar nach dem „Jahrtausendhochwasser“, aufgenommen und dauerte über 20 Jahre lang an. Eine wichtige Rolle bei der Fertigstellung und Finanzierung des Bauvorhabens spielte die Ratifizierung des Europäischen Übereinkommens über die Hauptbinnenstraßen von internationaler Bedeutung (AGN) seitens der Republik Polen im Januar 2017. Im April 2018 wurde das Absperrbauwerk errichtet und der Fluss aus dem alten Flussbett in die Stauanlage umgeleitet. Die erste Schleusung fand am 4. Juni statt. Die Stauanlage Malczyce stellt einen wichtigen Beitrag zum Ausbau und zur Verbesserung der Schifffahrtverhältnisse auf der Oder dar.

Ein bedeutendes Bauvorhaben im Bereich technischer Hochwasserschutz war die Errichtung des Polders Buków, der 2002 fertiggestellt wurde. Der Polder besteht aus einem Überflutungsraum am linken Ufer und einem Rückhaltebecken am rechten Oderufer, das gesteuert geflutet werden kann. Der Stauraum des Rückhaltebeckens beträgt 30 Mio. m³. Während des Hochwassers von 2010 verhinderte der Polder enorme Hochwasserschäden, da die aus dem Zusammenlaufen der Hochwasserwellen entlang von Oder und Olsa gebildete Scheitelwelle deutlich abgesenkt werden konnte.

Ein weiteres wichtiges Vorhaben ist der Bau des Trockenbeckens Racibórz im gleichnamigen Landkreis in der Wojewodschaft Schlesien, direkt unterhalb des Flutpolders Buków. Das Trockenbecken ist zwischen dem Einlass- und Auslassbauwerk bei Flusskilometer 45 und der Brücke im Verlauf der Wojewodschaftsstraße Nr. 936 Krzyżanowice-Zabelków (km 33,5) gelegen. Das Bauvorhaben steht kurz vor seinem Abschluss. Die maximale Stauhöhe beträgt 195,20 m ü.d.M. und bietet einen Hochwasserrückhalteraum von 185 Mio. m³. Das Trockenbecken nimmt eine wichtige Rolle zur Verringerung der Hochwassergefahren entlang der Oder ein. Verglichen mit dem Hochwasser von 1997, während dessen die Hochwasserwelle (am Pegel Racibórz) einen Spitzendurchfluss von 3.120 m³/s erreicht hatte, kann dieser maximale Durchfluss mit einem gesteuerten Abfluss aus dem Becken auf einen Wert von 1.600 m³/s

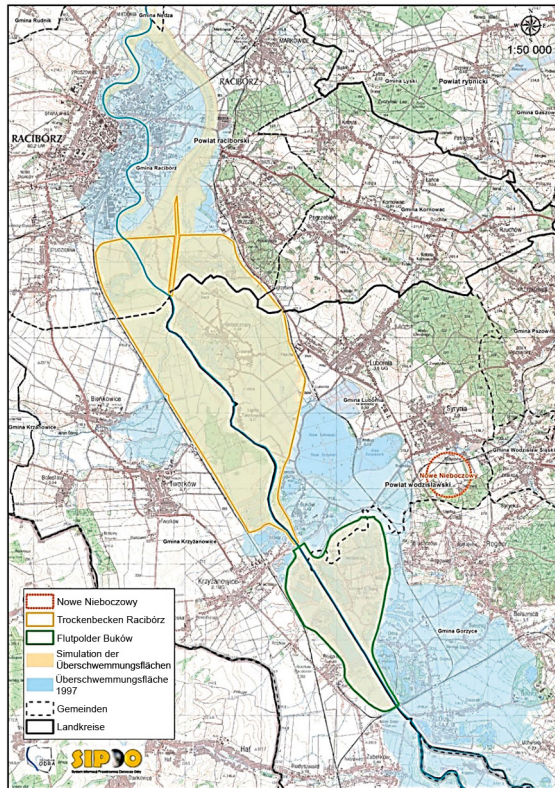
abgesenkt werden. Zum Einsatz gelangt es ab einer Überschreitung der zulässigen Abflussmenge von 1.210 m³/s. Den Schätzungen zufolge kann das Becken Racibórz in Verbindung mit dem Flutpolder Buków den Scheitel von Hochwasserwellen bis hinunter nach Głogów (km 395) kappen.

- Die Sanierung des Breslauer Gewässerknotens (WWW) ist eine weitere Maßnahme des Projekts zum Hochwasserschutz im Einzugsgebiet der Oder (POPDO), dessen Umsetzung nach dem Hochwasser 1997 aufgenommen wurde. Die Maßnahmen umfassten eine Sanierung und Instandsetzung der Deichanlagen sowie der Flussbetten und Kanäle der Oder wie ebenso den Umbau des Flutkanals Oder-Weide einschließlich der wasserbaulichen Herrichtung der Weide für eine Ableitung eines großen Teils der Oder-Hochwasser.⁹ Folgende Maßnahmen wurden umgesetzt:
- Instandsetzung und Herstellung der Durchgängigkeit des Flutkanals im Abschnitt vom Wehr Bartoszowice bis zur Einmündung der Altoder, einschließlich einer Verbesserung der Durchgängigkeit unterhalb der Chrobry- und Jagielloński-Brücken;
- Gewährleistung der Durchgängigkeit der Altoder von unterhalb der Wehranlage Psie Pole bis zu den Poznański-Eisenbahnbrücken (einschließlich Verbesserung der Durchgängigkeit unterhalb der Brücken und Ausbau der Wehranlage Różanka);
- Herrichtung des Stadtkanals für die Durchleitung von Hochwasser;
- Ertüchtigung der Wehranlage Wrocław I;
- Ertüchtigung der Überflutungsterrassen an der Stadtoder;
- Umgestaltung des Flussbetts auf dem Abschnitt von den Poznański-Eisenbahnbrücken bis zur Weidemündung;
- Herrichtung der Schleusen in der Stauanlage Rędzin für die Durchleitung von Hochwasser;
- Bau einer neuen Wehranlage entlang des Oder-Weide-Kanals sowie bauliche Herrichtung der Weide für die Überleitung von maximal 300 m³/s zur Entlastung der Stadtoder in Wrocław bei Hochwasser;
- Bau und Umbau von 38,5 km Hochwasserdeichen sowie Umbau von fünf Straßen- und einer Eisenbahnbrücke.

Im Ergebnis der Maßnahmen konnte die Durchlässigkeit im Breslauer Gewässerknoten (WWW) deutlich verbessert und das Hochwasserrisiko verringert werden [Banasiak 2018].

Wichtige wasserbauliche Vorhaben an Ober- und Mittellauf der Oder sind neue Deichanlagen zwischen Racibórz und Kędzierzyn-Koźle, die Gebiete am linken Oderufer vor Überschwemmungen sowie die Stadt Koźle vor Hochwassern, die aus Gebieten links der Oder in die Stadt eindringen könnten, schützen sollen. Darüber hinaus wurden weitere Maßnahmen, wie die Ertüchtigung und der Ausbau der Oderdeiche in der Umgebung von Opole (Metalchem), Dobrzeń (Mündung der Malapane), Brzeg, Oława (Jelcz-Laskowice) und Nowa Sól umgesetzt.

⁹ <https://wroclaw.rzgw.gov.pl/map.html>, <http://www.odra-wroclaw.pl/>



DARSTELLUNG DES TROCKENBECKENS RACIBÓRZ DOLNY UND DES FLUTPOLDERS BUKÓW

[Quelle: Räumliches Informationssystem über das Einzugsgebiet der Oder]

Im Jahr 2015 wurde der neue Flutpolder Domaszków-Tarchalice entlang des Flussabschnitts zwischen Malczyce und Ścinawa fertiggestellt. Damit sollen die natürlichen Überschwemmungsgebiete entlang der Oder ebenso für den Hochwasserschutz wiederhergestellt werden, wobei der Schutz vor Hochwasser aufgrund der geringen Höhe der flussseitigen Deiche jedoch von geringerer Bedeutung ist. Maßgeblich war dagegen die Ertüchtigung einiger Wehranlagen entlang der kanalisierten Oder sowie der Bau von Fischauftiegsanlagen und neuer Wasserkraftwerke.

Gegenwärtig befinden sich zwei weitere Stauanlagen (Lubiąż und Ścinawa) in der Planung; darüber hinaus wird ein Konzept zum Ausbau der Oder zur Binnenwasserstraße der Klasse Va und ihre Einstufung als Internationale Binnenwasserstraße erstellt. Entlang der frei fließenden Oder sind fünfundzwanzig neue Stauanlagen geplant.

Hydrometeorologische Beobachtungen im Einzugsgebiet der Oder

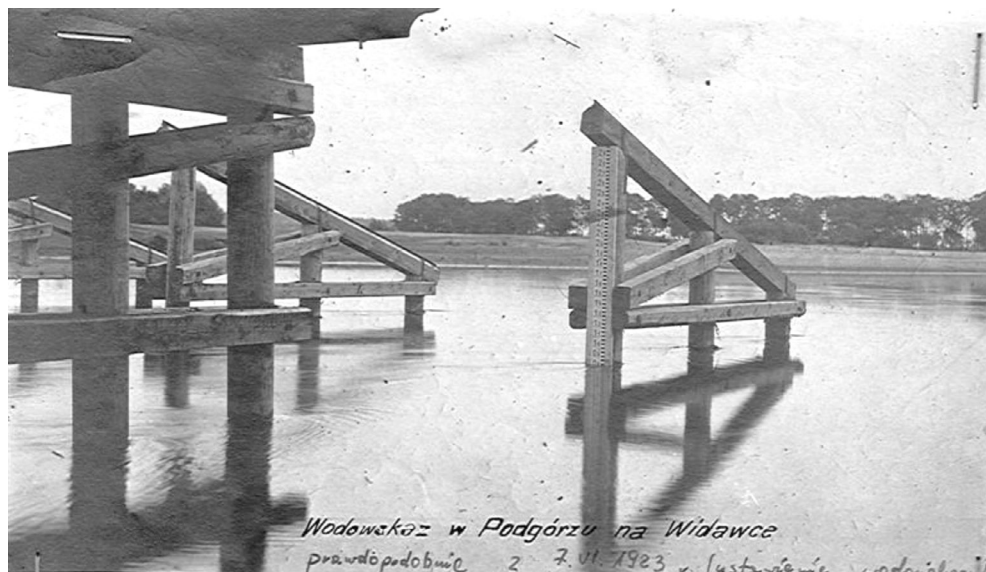
Die ältesten Wetterbeobachtungen im Einzugsgebiet der Oder stammen aus dem Jahre 1536. Die Daten wurden in Oels bei Breslau über 62 Jahre erhoben. Die technische Entwicklung von Messinstrumenten zur Wende vom 16. zum 17. Jahrhundert ermöglichte es, genauere Messungen und Untersuchungen der Atmosphäre vorzunehmen. Erste Angaben zu Wetterbeobachtungen in Breslau stammen aus dem Jahr 1692. Regelmäßige Messungen werden seit 1791 durchgeführt [Parczewski 1966].

Erst viel später erfolgten auch Messungen der Wasserstände an den Flüssen. Die ersten Beobachtungen waren nicht regelmäßig und beschränkten sich in der Regel auf die Erfassung bzw. Markierung der Höchststände mit Hochwassermarken. Regelmäßige Messungen der Wasserstände erfolgten seit 1809 an der Warthe in Landsberg (Warthe) und an der Oder in Crossen a.d. Oder. Bereits ein Jahr später gab es eine Vielzahl an Messstationen. Regelmäßige Wasserstandsmessungen wurden an der Oder in Cosel, Oppeln, Brieg, Glogau, Frankfurt (Oder), Küstrin und Stettin durchgeführt. In den Folgejahren begannen auch Messungen an der Netze (Driesen, 1811; Posen, 1818), Glatzer Neiße (Schurgast, 1820), Lausitzer Neiße (Görlitz, 1840), Drage (Hochzeit 1840), Bober (Sagan, 1869), Welna (Prusietz, 1888), Obra (Kosten, Bentschen, Meseritz, Blesen, 1888) und Küddow (Schneidemühl, 1888) sowie Beobachtungen von Eisereignissen auf den Flüssen im Winter [Paślawski 1973].

Die ersten Messungen von Durchflussmengen erfolgten 1833 an der Oder in Breslau an der späteren Eisenbahnbrücke im Verlauf der Eisenbahnlinie Breslau und Posen. Aus den Jahren 1893-1897 stammen Datenreihen mit Beobachtungen an der Warthe in Neudorf-Hauleland, Posen, Landsberg (Warthe) sowie an den Flüssen Prosna und Obra. Die Messergebnisse wurden 1896 in *Der Oderstrom, sein Stromgebiet und seine wichtigsten Nebenflüsse* veröffentlicht. Die Beobachtungen dauerten bis zum Ausbruch des Ersten Weltkriegs an.

In den Jahren 1935-1940 erfolgten Durchflussmessungen mit hydrometrischen Messflügeln, die eine voreingestellte Anzahl von Schaufelumdrehungen mit einem Tonsignal anzeigten. Zeitintervalle und Anzahl der Tonsignale ermöglichten es, mithilfe entsprechender Gleichungen die Fließgeschwindigkeit punktuell zu bestimmen.

Erste Beobachtungen und Messungen an der Oder wurden in Polen nach dem 2. Weltkrieg gegen Ende 1946 vorgenommen. Aus jener Zeit stammen ebenso die ersten Pläne für ein Hochwasserschutzsystem an der Oder. Bis 1955 konnten die Beobachtungen an rund 80 % der Stationen wieder aufgenommen werden. Messgeräte mit einer automatischen analogen Erfassung der Ergebnisse waren selten. Bis in die 80er Jahre des 20. Jahrhunderts hinein wurden an mehr als der Hälfte der Stationen Geräte mit automatischer Datenaufzeichnung eingesetzt. Ein Netz vollautomatischer Messstationen mit digitaler Übermittlung von Daten nahm seinen Betrieb erst 2005 auf.



ANSICHT DES PEGELS PODGÓRZE AN DER WIDAWKA, VOM UFER AUS, WAHRSCHEINLICH 1923

[Quelle: IMGW-PIB]



WASSERSTANDBEOBACHTER AM PEGEL PODGÓRZE AN DER WIDAWKA IM JAHR 1929

[Quelle: IMGW-PIB]

Messungen während eines Hochwassers

Beobachtungen und hydrologische Messungen an den Pegeln sind die erste und sehr wichtige Quelle von Angaben über Abflussverhältnisse und Wasserstände in der jeweiligen Region und zu jeweils gegebenen Wetterverhältnissen [Steward 2015]. Aufgrund der Komplexität der Abflussverhältnisse in Fließgewässern wie ebenso der Charakteristik und unterschiedlichen Geometrie von Gewässersohle und Gewässerbett gelangen verschiedenste Messgeräte zum Einsatz.

Messungen während eines Hochwassers sind äußerst schwer, da die Strömungsgeschwindigkeit sehr hoch und der Zugang zum Gewässerbett erheblich eingeschränkt sind, was wiederum die Auswahl der Messprofile beeinträchtigt. So werden Messungen oft in recht großer Entfernung zum Pegel durchgeführt, was bei der Bewertung der Abflusswerte und ihrer Variationen über das Fließprofil zu berücksichtigen ist. Diese Messunsicherheiten sind nach wie vor ein enormes Problem nicht nur für die Mess-teams selbst, sondern auch für die Gremien, die das Hochwasserereignis anschließend analysieren. Die Auswahl des Verfahrens zur Abflussmessung hängt in der Regel von den konkreten Bedingungen vor Ort, der Abflussmenge sowie der zu erwartenden Genauigkeit der Messung ab.

Die heute verwendeten Messgeräte ermöglichen Messungen mit einer sehr hohen Datendichte, die in einer wesentlich kürzeren Zeit erfasst werden. Durch eine sehr viel höhere Anzahl von Einzelmessungen kann der Fehlerquotient verringert sowie eine größere Wiederholbarkeit und eine einheitliche Methodik der Erfassung und Verarbeitung der Messdaten sichergestellt werden [Rantz 1982; WMO 1994, 2006, 2010; Szymański, Hański 2005; Wójcik, Wdowikowski 2015].

Seit 2002 werden generell Ultraschall-Doppler-Profil-Strömungsmesser ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler) und damit Messgeräte eingesetzt, die nicht nur die klassischen Verfahren zur Messung lokaler Abflussparameter einschließlich der Fließgeschwindigkeit grundlegend verändert haben, sondern auch eine präzise Bestimmung der Messposition für pegelunabhängige Messungen ermöglichten. Dies ist ein sehr wichtiger Vorteil gegenüber den seltenen, bisher stets umstrittenen Messungen der Hochwasserabflüsse [Wójcik, Wdowikowski 2015].

Ein solches Messgerät misst in einem auf dem Doppler-Effekt basierten Verfahren mithilfe von Ultraschall die Wassergeschwindigkeit und berechnet hieraus den Durchfluss. Zur Durchflussmessung wird ein auf einem Schwimmer oder Boot montierter Messkopf quer über die Wasseroberfläche gezogen. Der Messkopf führt bei einem nur wenige Sekunden dauernden Messvorgang Messungen der Wassertiefe durch und erfasst ausführlich (mit der Auflösung von 1 cm/s) Geschwindigkeit und Richtung der Strömung im Messprofil. Vier Schwinger senden und empfangen Schallwellen und unterteilen den Gewässerquerschnitt in horizontale Flächen, die in Bezug zu den Messlotrechten gesetzt elementare Zellen mit einer jeweils bekannten Fläche bilden. Die



MOBILE MESSUNG VON EINER BRÜCKE; HIER VON DER BRÜCKE UND VOM UFER AUS GESEHEN

[Bild K. Skapski]

Erfassung der übrigen Parameter (einschließlich Position der Sonde im Verhältnis zur Sohle) sowie die Berechnung der Querschnittsfließgeschwindigkeit erfolgen in Echtzeit. Der Abflusswert wird im Verhältnis zur Linie bestimmt, die zwischen dem ersten und letzten Messpunkt gezogen wird [Gordon 1996; Szymański, Hański 2005; Wójcik, Wdowikowski 2014, 2015]. Der Einsatz akustischer Geräte macht es möglich, bei einem Messvorgang die Quantität und Qualität von Daten gleichen Typs zu erhöhen und damit nicht nur belastbare Ergebnisse zu erzeugen, sondern auch zusätzliche Daten für die Analyse von Veränderungen der Sohlengeometrie und der hydraulischen Verhältnisse im Fluss zu erfassen [Kudła, Bińkowski 2005].

Obwohl für hydrometrische Messungen heute akustische Verfahren zum Einsatz gelangen, können Abfluss- und Strömungsmessungen unter extremen Bedingungen wie Hochwasser, Dürre, Verlandung und Vereisung anhand mechanischer hydrometrischer Messflügel durchgeführt werden (Wójcik, Wdowikowski 2014). Bei Durch-

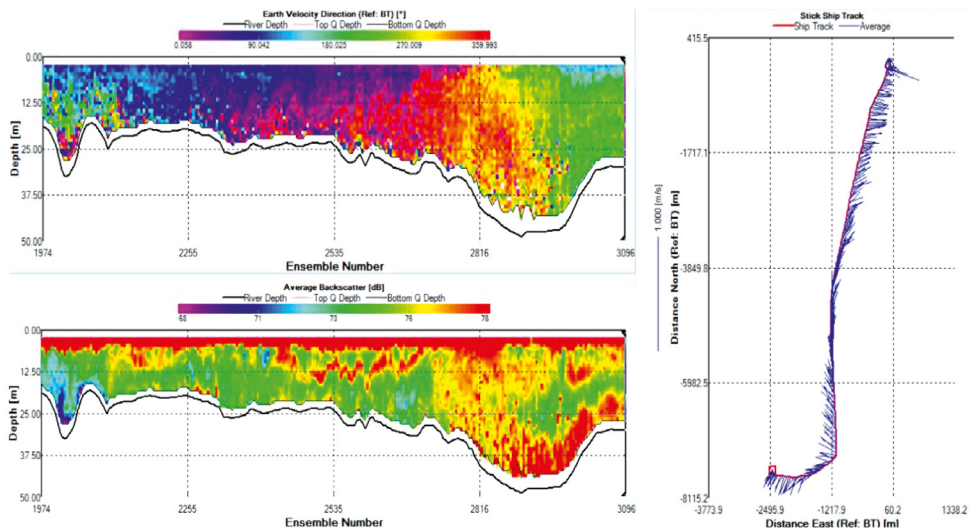
flussmessungen während andauernder Hochwasserereignisse müssen entsprechende Sicherheitsmaßnahmen zum Schutz von Menschen und vor materiellen Schäden umgesetzt werden. Daher werden Messungen vom Boot oder Schlauchboot aus, der Einsatz handbetriebener, an einer Brücke montierter Messwinden und Oberflächenschwimmerrmessungen nunmehr durch mobile ferngesteuerte Brückenausleger, modernisierte handbetriebene, an einer Brücke montierte Messwinden und moderne Ultraschall-Doppler-Profil-Strömungsmesser wie den ADCP Rio Grande 1200 Mh and 600 Mh, ADCP Stream Pro 2000 Mh sowie den River Surveyor M9 ersetzt.

Ein weiterer Vorteil dieser akustischen Messungen besteht darin, Messungen ohne manuelle Messgeräteführung durchführen zu können, was vor allem bei schlechter Witterung vor Ort wichtig ist.

Messgeräte und hydrometrische Verfahren werden kontinuierlich entwickelt und damit immer modernere und präzisere Geräte eingesetzt. Ein effizientes Monitoring beschränkt sich jedoch nicht lediglich auf den Einsatz von Technologien und modernen Geräten, sondern ist zugleich von gut ausgebildeten Messteams und Experten, die diese Geräte kontrollieren und die Daten auswerten, abhängig. Besonders bei Hochwasserereignissen sind sie sehr wichtig. Eine wichtige Aufgabe des Hochwasserschutzes und für Wettervorhersagen unabdingbar sind die Wetterradarstationen des POLRAD-Netzes, die u.a. genaue Angaben über Wasseranteile und Zugrichtung von Wolken liefern.

Die wichtigste Informationsquelle zur Bewertung historischer Hochwasser sind hydrometrische Messungen und Unterlagen zum Ausmaß von Hochwasserereignissen. Ein Beispiel für ein Hochwasserereignis, das sowohl hinsichtlich der Menge, wie auch der Lage der hydrometrischen Messprofile datenmäßig gut erfasst ist, ist das Hochwasser von 2010. Im Zeitraum vom 14. Mai bis zum 2. Juli führten Mitarbeiter des Staatlichen Hydrologischen und Meteorologischen Dienstes (PSHM) insgesamt 424 Durchflussmessungen an 176 Messprofilen an 81 Flüssen im Einzugsgebiet der Oder durch. Auf dem Flussabschnitt zwischen Racibórz und Widuchowa wurden Überschreitungen der Alarmstufen entlang der Ausbreitung der Scheitelwellen entlang der Oder und ihrer Nebenflüsse beobachtet. Für die Messprofile entlang der Oder konnten mit dem Ultraschall-Doppler-Profil-Strömungsmesser ADCP RIO GRANDE von einem Motorboot aus Messungen durchgeführt werden. Messungen an den Nebenflüssen der Oder führte man mit dem Ultraschall-Doppler-Profil-Strömungsmesser ADCP STREAMPRO oder mit einem Messflügel und einem mobilen Brückenausleger durch. An den Messprofilen im Bereich des Breslauer Gewässerknötens wurden Messungen gleichzeitig an Kanälen und Flussabschnitten des Gewässerknötens mit mobilen Brückenauslegern vorgenommen und die Ergebnisse auf die Werte des Pegels Trestno bezogen.

Die Messungen erfolgten bei steigenden, maximalen und sinkenden Hochwasserpegeln. Die Messstandorte wurden nach der technischen Durchführbarkeit und einer möglichst hohen Genauigkeit der Messungen ausgewählt. Messungen vom Motoboot aus wurden direkt für Querschnitte unweit der Pegel oder für Querschnitte durchge-



BEISPIELHAFTES ERGEBNIS EINER ADCP-MESSUNG

[Bearbeitung: IMGW-PIB]

führt, die weiter von den Pegeln entfernt lagen, jedoch geeignetere Bedingungen für die Messung boten. Bei der Bestimmung der Messlotrechten wurden lokale Deichbrüche, Flutungen von Poldern sowie der Abfluss durch Seitenkanäle und über Überschwemmungsgebiete berücksichtigt. Messungen mit magnetisch-induktiven Messflügeln führte man an Messstellen an Brücken in unmittelbarer Nähe von Pegeln durch. Unmittelbar nach Durchgang der Hochwasserwelle wurden die Daten ausgewertet und Steckbriefe für die Hochwassermarken erstellt. Diese enthalten Standortdaten, allgemeine und fachliche Angaben zur Hochwassermarke, eine Foto-Dokumentation sowie genaue GPS-Koordinaten.



HYDROMETRISCHE MESSUNG MIT EINEM ADCP-GERÄT

[Foto: K. Skąpski]



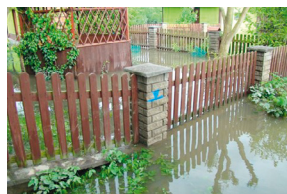
HYDROMETRISCHE MESSUNGEN NACH DEM ADCP-RIO-GRANDE-VERFAHREN AN DER ODER OBERHALB
DES PEGELS TRESTNO [Maciejewski et al. 2010]



HYDROMETRISCHE MESSUNGEN NACH DEM ADCP-STREAM-PRO-VERFAHREN IN KRZYŻANOWICE
AN DER WEIDE [Maciejewski et al. 2010]



HYDROMETRISCHE MESSUNGEN MIT MESSFLÜGEL VON EINER BRÜCKE ÜBER DEN FLUTKANAL
IN BRESLAU AUS [Maciejewski et al. 2010]



BEISPIEL FÜR EINE HOCHWASSERMARKE
[Maciejewski et al. 2010]

EXTREMHOCHWASSER IM EINZUGSGEBIET DER ODER UND IHRE FOLGEN

Wiwiana Szalińska, Tamara Tokarczyk, Wolfgang Fröhlich, Jan Unucka

Den hierzu ausgewerteten Quellen zufolge traten im 19. Jahrhundert vor allem infolge ansteigender Pegel am Oberlauf der Oder, der Glatzer Neiße sowie von Bober und Lausitzer Neiße entstehende Hochwasser zwischen 1813 und 1855 auf. Zu Extremhochwassern kam es in den Jahren 1813, 1854, 1855 und 1888 [Koch 1829; Oderstrom-Bauverwaltung 1899]. Im 20. Jahrhundert traten stärkere Hochwasser wiederum u.a. in den Jahren 1903, 1915, 1924, 1938, 1940, 1947, 1958, 1960, 1963, 1964, 1965, 1970, 1972, 1977, 1980, 1985, 1997 und 2010 auf [Fischer 1907; Bachman 1925; Herrmann 1930; Mengel 1930; Rehdorf 1940; Grodek et al. 1948; Dubicki 1972, 1978, 1999; Flaszka 1979; Głowicki 1979; Dubicki, Malinowska 1985, Miłkowski et al. 1991; Malinowska-Małek 1996; Malkiewicz, Bartosiewicz 1997; Kamiński et al. 1998; Maciejewski et al. 2010], deren einzelne Beschreibungen und Folgen den Gegenstand dieses Beitrags bilden. Alle hier erfassten Hochwasser traten im Sommer infolge von Starkregen, seltener Wolkenbrüchen auf.

Sommerhochwasser

August/September 1813

Ursache des Augusthochwassers waren intensive Regenfälle im Einzugsgebiet des Oberlaufs der Oder und der Glatzer Neiße, die vom 24. bis 26. August 1813 niedergingen. Vom Nachmittag des 25. bis zum 27. August umfassten die Niederschlagsgebiete auch die Einzugsgebiete von Habelschwerdter Weistritz, Katzbach und Bober. Hochwasserwellen bildeten sich entlang von Oder, Oppa und Ostrawitzta heraus. Oderdämme brachen und überschwemmten die östlichen und nördlichen Vororte von Krappitz, Oppeln und Breslau, wie auch umliegende Felder und Wiesen. Nachfolgende Niederschläge führten zu ansteigenden Pegeln von Bober und Lausitzer Neiße. Der Höchststand entlang des Bober wurde am 28./29. August verzeichnet. Die Quellen [Bachman 1925; Fischer 1907] geben hierzu an: „Der Bober ist über seine Ufer getreten. Mühlen, Wirtshaus und Torhaus standen im Wasser. Die Dämme unter- und oberhalb des Pegels waren gebrochen, die bestellten Felder überschwemmt.“

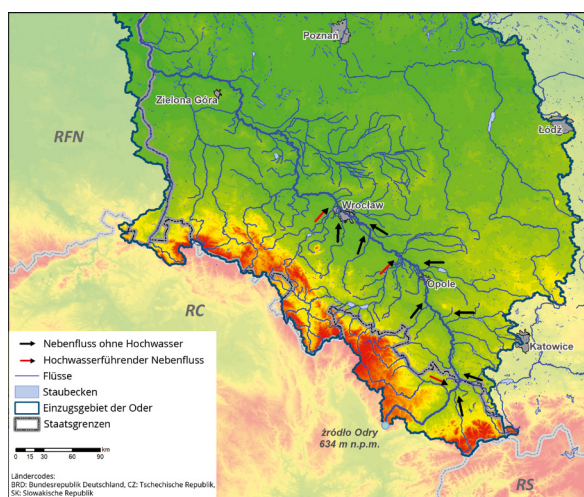
September 1831

Die Hochwasserwelle entlang der Oder war Folge von Regenfällen, die vom 10. bis zum 12. September im Glatzer Kessel und den Ostsudeten wie auch im Oderbergland und im Westen der Schlesischen Beskiden niedergegangen waren. Ursache des Oder-Hochwassers waren wiederum Niederschläge, die über 48 Stunden lang nach dem 15. September im Einzugsgebiet der Olsa an-

hielten. Die Scheitelwelle entlang der Oder erreichte Oppeln am 14. September, der Glatzer Neiße Schurgast (Skorogoszcz) am 15. September. Beide Wellen überlagerten sich. Im Ergebnis fiel das Hochwasser verheerender aus als im Jahr 1813. Auch die Lausitzer Neiße hatte an der Herausbildung der Hochwasserwelle entlang der Oder ihren Anteil. Daher kann der Rückschluss gezogen werden, dass die Überschwemmungen bis hin zu den östlichsten Einzugsgebieten der Elbe reichten. Der Anteil der rechten Nebenflüsse an der Herausbildung der Hochwasserwelle ist praktisch unbekannt. Die Warthe trat ähnlich wie 1813 nur unwesentlich über die Ufer.

August 1854

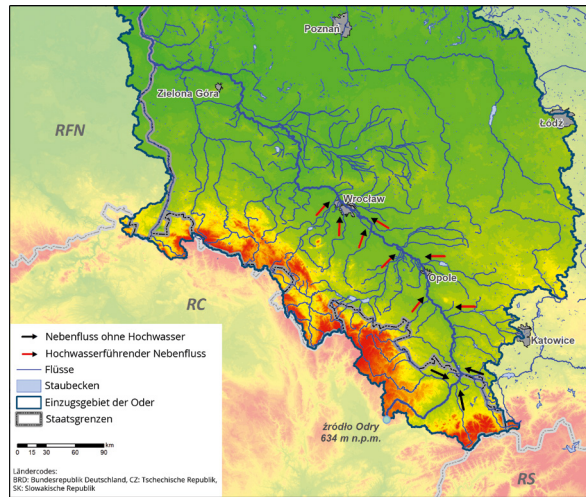
Die ersten stärkeren Regenfälle gingen in der Nacht vom 30. Juni auf den 1. Juli nieder und führten zu einer Hochwasserwelle am Oberlauf der Oder sowie entlang von Bober, Hotzenplotz und Klodnitz. Die nachfolgenden Tage waren abwechselnd von heftigen Schauer- und Gewitterniederschlägen geprägt, die zu weiterhin steigenden Pegelständen an der Oder und ihren Nebenflüssen führten. In der zweiten Juli-Dekade erfassten intensive Niederschläge weite Teile des gesamten Einzugsgebiets. Die Scheitelwellen entlang des Bober wurden am 11. und 14. Juli verzeichnet, die höchsten Pegelstände entlang der Oder vom 3. bis 15. Juli (Cosel am 03.07.; Brieg, Ohlau und Schurgast am 05.07.; Malsch a.d. Oder am 07./08.07.; Glogau am 09.07.; Crossen am 12.07.; Frankfurt/Oder am 14.07. sowie Küstrin am 15.07.). Die Hochwasser von Bober und Lausitzer Neiße ließen auch die Oder entlang des Abschnitts von Crossen bis Küstrin über die Ufer treten. Zu weiteren Starkniederschlägen kam es am 11. und 20. August, die das gesamte Gebiet von Ober- und Mittellauf der Oder umfassten. Am Oberlauf bildete sich eine Hochwasserwelle heraus, die in Rati-bor einen historischen Höchststand erreichen ließ. Wesentlichen Anteil hieran hatten die Zuläufe aus



Zuläufe aus den Nebenflüssen der Oder während des Hochwassers im August/September 1813

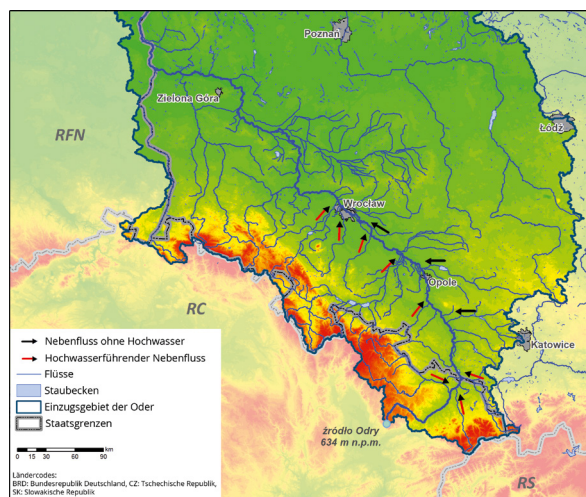
[Graphik: IMGW-PIB]

Hotzenplotz, Klodnitz, Glatter Neiße, Malapane, Stober, den bei Breslau mündenden Nebenflüssen (wie Ohlau und Lohe) und Bartsch. Aufgrund dieser intensiven Zuflüsse wurden die Scheitelwellen in unterschiedlichen Ortschaften entlang der Oder gleichzeitig oder in geringen zeitlichen Abständen vermerkt: in Cosel am 21.08.; in Oppeln am 22.08.; in Ohlau am 23.08.; in Maltzsch a.d. Oder am 25.08.; in Glogau am 24.08.; in Crossen am 30.08.; in Frankfurt/Oder am 01.09.; in Küstrin am 02.09. und in Schwedt am 04.09.). Am Mittellauf der Oder verflachte die Hochwasserwelle zunehmend und erreichte Küstrin am 17. August. Überschwemmungen größeren Ausmaßes wurden nicht verzeichnet.



Zuflüsse aus den Nebenflüssen der Oder während des Hochwassers im September 1831

[Graphik: IMGW-PIB]



Zuflüsse aus den Nebenflüssen der Oder während des Hochwassers im August 1854

[Graphik: IMGW-PIB]

Juni 1902

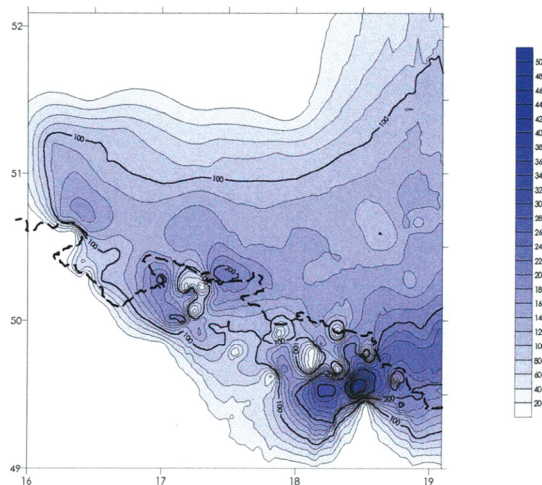
Verursacht wurde das Hochwasser von intensiven Regenfällen in den Zeiträumen vom 14.-18.06., am 19./20.06 sowie vom 24.-26.06. Die heftigsten Niederschläge gingen bei Ratibor und auf tschechischer Seite, nordwestlich des Blessenbergs, im Glatzer Kessel sowie in der Umgebung von Landeck in Schlesien nieder. Vom 14. bis 18. Juni verzeichnete man Niederschlagsmengen von 112 mm an den Wetterstationen in Hohenwiese (Wojków/Kowary) und Hochwald (Hukvaldy in Mähren) bis zu 154 mm an der Wetterstation Schmiedeberger Kamm, Herberge.

Eine zweite Welle von Niederschlägen ging vom Morgen des 19. Juni bis zum Morgen des 20. Juni nieder. Die höchsten, Werte von 150 mm überschreitende Höhen wurden im Einzugsgebiet der Ostrawitza nahe des Blessenbergs sowie in den Beskiden gemessen. Im übrigen Einzugsgebiet der Oder bewegten sich die Niederschlagsmengen zwischen 50 und 100 mm.

Weitere intensive Regenfälle folgten vom 24. bis zum 26. Juni. Auf dem Blessenberg wurden 123 mm gemessen, in den Ortschaften Krásná und Nižní Mohelnice 127 mm, Morávka-Slavič 110,5 mm, in Gablonz (Jablonec) 63,5 mm, in Teschen 52,5 mm und in Ullersdorf 80,0 mm.

Die stärksten Regenfälle am Oberlauf der Oder wurden vom 14. bis 26. Juni verzeichnet und betragen zwischen 110 bis zu 290 mm; auf dem Blessenberg gingen bis zu 515,0 mm nieder. Diese extremen Niederschläge führten zu rasch ansteigenden Pegelständen in den Flüssen; am Oberlauf der Oder wurden sie bereits in den Abendstunden des 15. Juni beobachtet. Erheblich höhere Pegel wurden ab dem 18. Juni verzeichnet, die wiederum auf die intensiven Regenfälle vom 18. bis 20. Juni zurückgingen.

Die Scheitelwelle ließ den Wasserstand am Pegel Annaberg auf 450 cm, in Ratibor auf 610 cm ansteigen. Im Laufe der Niederschläge wurden drei deutlich abzeichnende Höhepunkte des Hoch-



VERTEILUNG DER NIEDERSCHLAGSMENGEN IM ZEITRAUM 14./15. BIS 26./27.06.1902

[Bearbeitung: IMGW-PIB]

HYDROLOGISCHE PARAMETER DER HOCHWASSERWELLE VON JUNI 1902 ENTLANG DER ODER AN AUSGEWÄHLTEN PEGELN

[Zusammenstellung der Tabelle: IMGW-PIB]

Pegel	Stand zu Beginn H_p (cm)	Stand nach HW H_k (cm)	Höchststand H_{max} (cm)	Datum des Höchststands H_{max}	Uhrzeit des Höchststands H_{max}	Dauer steigender Pegel (Anlauf) T_{iv} (h)	Dauer sinkender Pegel (Abfluss) T_o (h)	Laufzeit T (h)	Ablaufzeit Schwellenwelle T (h)	Verhältnis von Anlauf- zu Ablaufzeit $\alpha_s = T_o/T_{iv}$	Formbeiwert $f = 2/1 + \alpha_s$
Annaberg (Chátupki)	178	206	648	20.06	15 ⁰⁰	162	448	610	17	2,76	0,53
Ratibor (Racibórz)	310	350	928	21.06	8 ⁰⁰	169	407	576	17	2,41	0,59
Cosel (Koźle)	286	296	782	22.06	7-13 ⁰⁰	168	384	552	23	2,28	0,61
Oppeln (Opole)	192	206	564	23.06	7-12 ⁰⁰	192	312	504	24	1,62	0,76
Nießmündung	227	257	623	23.06	17-23 ⁰⁰	202	624	586	10	3,09	0,49
Brieg, Brücke (Brieg Most)	159	212	570	24.06	2-4 ⁰⁰	211	600	576	9	2,83	0,52
Ohlau (Olawa)	178	218	688	24.06	5-6 ⁰⁰	214	576	790	3	2,69	0,54
Treschen (Trestno)	274	319	557	24.06	7-14 ⁰⁰	192	624	816	2	3,25	0,47
Dyhernfürth (Brzeg Dolny)	361	420	771	25.06	13-18 ⁰⁰	246	576	822	30	2,34	0,60
Malisch a.d. Oder (Maleczyce)	274	320	633	25.06	20-24 ⁰⁰	205	576	781	7	2,81	0,52
Steinau a.d. Oder (Ścinawa)	191	232	556	26.06	14-24 ⁰⁰	223	600	823	18	2,69	0,54
Glogau (Głogów)	187	238	540	28.06	1-3 ⁰⁰	259	576	835	35	2,22	0,62
Neusalz (Nowa Sól)	164	220	538	28.06	18-24 ⁰⁰	299	600	899	17	2,01	0,66
Odersee (Cigacice)	156	210	490	29.06	20-24 ⁰⁰	277	552	829	26	1,99	0,67
Nettkow (Nietków)	196	240	510	30.06	6-12 ⁰⁰	267	528	795	10	1,98	0,67
Polenzig (Połeczko)	184	220	447	30.06	20-24 ⁰⁰	325	552	877	14	1,70	0,74
Dammvorstadt (Ślubice)	196	239	468	1.07	20 ⁰⁰	349	564	913	24	1,62	0,76

wassers beobachtet, die bis nach Ohlau reichten. Die Hochwasserwelle entlang der Oder wurde von Zuflüssen der Glatzer Neiße unterhalb der Neiße mündung verstärkt. In Schurgast entlang der Glatzer Neiße erreichte die Scheitelwelle mit 120 cm oberhalb der Alarmstufe anderthalb Tage vor der Scheitelwelle entlang der Oder ihren absoluten Höhepunkt. Daraufhin flachte sie wieder ab. An allen Pegeln entlang des Flusses wurden die jeweiligen Alarmstufen von 90 bis 328 cm überschritten. Etwas geringere Überschreitungen der Alarmstufen (um 90 bis 156 cm) wurden auf dem Abschnitt zwischen Maltzsch an der Oder und Dammvorstadt verzeichnet.

Juli 1903

Ursache des Hochwassers waren intensive, vom 7. bis zum 12. Juli anhaltende Regenfälle. Die stärksten Niederschläge gingen im Süden des Glatzer Kessels, im Altvatergebirge, im Odertal südlich von Brieg in nordöstliche Richtung hin zur Warthe, im südöstlichen Teil des Oberlaufs der Oder sowie in den Beskiden nieder. Die höchsten täglichen Niederschlagsmengen wurden in den Nächten vom 9. auf den 10. sowie vom 10. auf den 11. Juli in den Einzugsgebieten von Weidenauer Wasser, Ziegenhalser Biele, Landecker Biele (Landeck in Schlesien/Lądek Zdrój), Glatzer Neiße (Mittelwalde/Międzylesie) sowie Hotzenplotz, Oppa und Ostrawitza verzeichnet. Im Zeitraum vom 7. bis 12. Juli gingen in den Einzugsgebieten von Oppa und Ziegenhalser Biele, Weidenauer Wasser und im östlichen Gebiet des Oberlaufs der Oder örtlich mehr als 300 mm Niederschlag nieder. An der Wetterstation in Bielendorf (Bielice) im Einzugsgebiet der Landecker Biele wurden 294,4 mm gemessen.

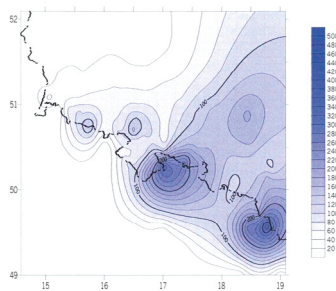
Die vom 7. bis 12. Juli auftretenden Niederschläge führten zu den höchsten Pegelständen der linken Zuflüsse wie die Glatzer Neiße sowie im Einzugsgebiet des Oberlaufs der Oder. Am Oberlauf der Oder begannen die Wasserstände bereits in den Abendstunden des 7. Juli anzusteigen. Die höchsten Durchflussmengen entlang der Oppa wurden am 11. Juli verzeichnet und betragen am Pegel in Troppau (Opava) 360 m³/s und am Pegel in Děhylov (Dzingelau) 600 m³/s. In den Beskiden gingen ca. 100 mm geringere Niederschlagsmengen nieder, die höchsten Durchflussmengen entlang der Ostrawitza wurden mit 750 m³/s am Pegel in Ostrau gemessen.

Die Scheitelwelle entlang der Glatzer Neiße überlagerte sich mit der Hochwasserwelle entlang der Oder. Den höchsten Stand verzeichnete die Hochwasserwelle entlang der Glatzer Neiße am 12. Juli von 10:00-18:00 Uhr. In Schurgast überschritt der Pegel die Alarmstufe um 236 cm. Unterhalb der Mündung der Glatzer Neiße ließen Zuflüsse aus den Nebenflüssen am Mittellauf der Oder die Hochwasserwelle entlang der Oder weiter ansteigen. Die Scheitelwelle passierte vom 7. bis 19. Juli den Abschnitt von Annaberg bis Oppeln. Unterhalb der Mündung der Glatzer Neiße wurden die Pegelstände zwischen dem 8. Juli und dem 5. August bis zur Dammvorstadt um 179 bis zu 416 cm überschritten. Die Scheitellaufzeit betrug zwischen einer bis zu vierzehn Stunden. Alarmstufen entlang der Oder von Annaberg bis zur Neiße mündung hielten von 7 bis 9 Tagen an, auf dem Abschnitt von Brieg, Brücke bis nach Dammvorstadt von 16 Tagen bis zu über einem Monat. Am Pegel Annaberg wurden 461 cm gemessen, in Ratibor 557 cm.

NIEDERSCHLAGSMENGEN (TÄGLICH UND 48 STUNDEN) WÄHREND DES JULI-HOCHWASSERS 1903

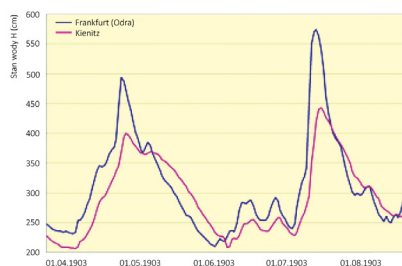
[Zusammenstellung der Tabelle: IMGW-PIB]

Ort	Höhe (m über NN)	Niederschlags-mengen am 9./10. Juli (mm)	Niederschlags-mengen am 10./11. Juli (mm)	ΣP für 48 Stunden vom 9.-11. Juli (mm)
Bielendorf	690	178,5	65,0	243,5
Landeck in Schlesien	450	135,0	45,0	180,0
Neu Rothwasser	310	240,2	77,8	318,0
Ruszewo	559	217,7	85,1	302,8
Ramsan	740	124,6	95,4	220,0
Gräfenberg	625	200,0	89,2	289,2
Polnisch-Wette	268	128,3	52,0	180,3
Sosnowica	416	151,0	76,0	227,0
Nové Město	265	89,9	62,3	152,2
Reihwiesen (Rejvíz)	747	221,0	91,7	312,7
Hermannstadt (Heřmanovice)	600	184,7	94,2	278,9
Labau (Huti)	534	24,7	147,2	152,2
Kahlberg	1325	71,5	192,0	263,5
Ostrau (Ostrava)	429	33,6	154,6	188,2
Podolanký	686	41,5	175,7	217,2
Morávka (Slavič)	620	50,0	156,0	206,0
Obidová	780	21,5	123,5	145,0
Krásná (Nižní Mohelnice)	429	47,5	122,0	169,5
Tyra	470	38,1	126,2	164,3



VERTEILUNG DER NIEDERSCHLAGSMENGEN IM ZEITRAUM 7./8. bis zum 12./13.07.1903

[Graphik: IMGW-PIB]



WASSERSTANDSGANGLINIE AN DEN PEGELN FRANKFURT (ODER) UND KIENITZ FÜR DEN ZEITRAUM VON APRIL BIS AUGUST 1903 [Bearbeitung: W. Fröhlich]

Hydrologische Parameter der Hochwasserwelle von JULI 1903 entlang der Oder an ausgewählten Pegeln [Zusammenstellung der Tabelle: IMGW-PIB]

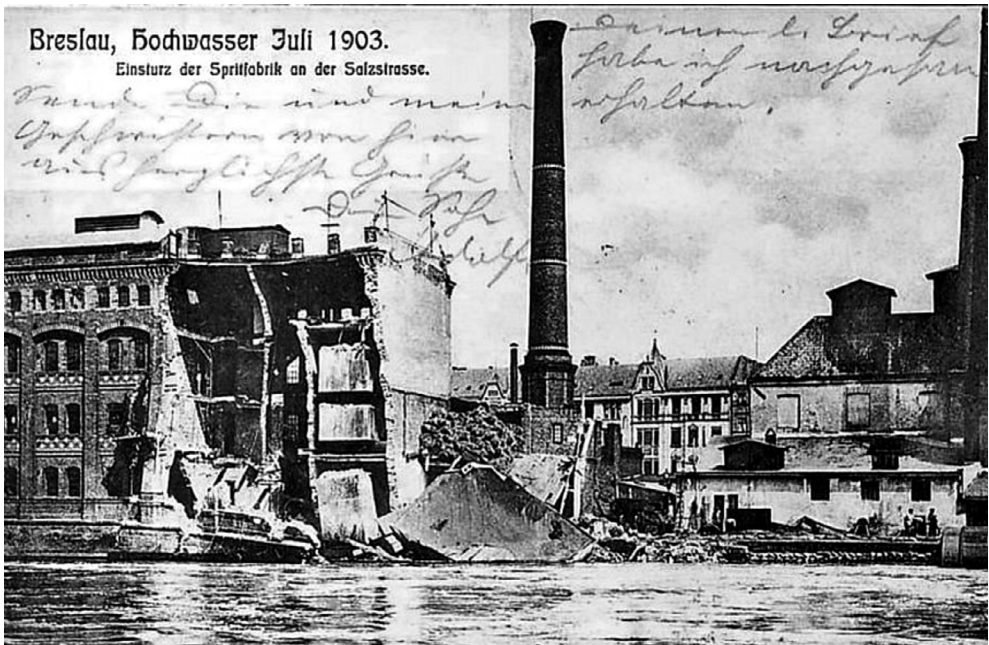
Pegel	Stand zu Beginn H_p (cm)	Stand nach HW H_k (cm)	Höchststand H_{max} (cm)	Datum des Höchststands H_{max}	Uhrzeit des Höchststands H_{max}	Dauer steigender Pegel (Anlauf) T_{iv} (h)	Dauer sinkender Pegel (Ab- lauf) T_o (h)	Laufzeit T (h)	Ablaufzeit Scheitelwelle T (h)	Verhältnis von Anlauf- zu Ablaufzeit $\alpha_s = T_o/T_{iv}$	Formbeiwert $f = 2/1 + \alpha_s$
Annaberg (Chatapki)	214	260	675	11.07.	18 ⁰⁰	130	444	574		3,41	0,45
Ratibor (Racibórz)	380	380	937	12.07.	12 ⁰⁰	120	432	552	13	3,60	0,55
Cosel (Kozle)	313	324	818	13.07.	8 ⁰⁰	145	432	577	25	2,98	0,50
Oppeln (Opole)	208	210	590	13.07.	17 ⁰⁰	132	432	564	9	3,27	0,47
Neißemündung (Glatzer Neiße)	264	322	709	12.07.	17 ⁰⁰	178	456	634	-24	2,56	0,56
Brieg, Brücke (Brzeg Most)	240	286	658	12.07.	8 ⁰⁰	168	456	624	-9	2,71	0,54
Ohlau (Olawa)	260	320	694	12/13.07. 13.07.	20-2 ⁰⁰ 7-14 ⁰⁰	168	432	600	12	2,57	0,56
Treschen (Trestno)	336	408	616	15.07.	13-18 ⁰⁰	216	408	624	65	1,89	0,69
Dyhemfurth (Brzeg Dolny)	444	513	946	16.07.	20-24 ⁰⁰	228	372	600	31	1,63	0,76
Maltsch a.d. Oder (Malezyce)	336	417	715	17.07.	6 ⁰⁰	240	384	624	10	1,60	0,77
Steinau a.d. Oder (Scinawa)	255	332	657	17.07.	16-22 ⁰⁰	228	384	612	10	1,68	0,75
Glogau (Głogów)	260	320	657	18.07.	8-21 ⁰⁰	228	384	612	16	1,68	0,75
Neusalz (Nowa Sól)	248	314	659	19.07.	2-3 ⁰⁰	232	372	604	18	1,60	0,77
Odersee (Cigacice)	238	317	614	20.07.	8-10 ⁰⁰	205	408	613	30	1,99	0,67
Nettkow (Nietków)	265	331	632	20.07.	14-16 ⁰⁰	240	396	636	6	1,65	0,75
Polenzig (Połeczek)	235	296	554	21.07.	4-10 ⁰⁰	240	372	612	14	1,55	0,78
Dammvorstadt (Shubice)	240	296	575	21/22.07.	20-6 ⁰⁰	218	408	626	3	1,87	0,70
Fürstenberg			421*	21.07.	10-20 ⁰⁰						
Frankfurt			475**	23.07.							
Küstrin			372***	24.07.							
Kienitz			443****	24.07.							
Zellin			503	24.07.							
Güstebiese			552	24.07.	8-14 ⁰⁰						
Fasaniec			558	24.07.	9-18 ⁰⁰						
Neugietzen			558	24.07.	14 ⁰⁰						
Hohensaaten			621	24.07.	17 ³⁰						
Peetzig (Piasek)			481	24.07.	20 ⁰⁰						
Schweidt			373*****	25.07./26.07.	18 ⁰⁰ -6 ⁰⁰						

* HHW 455 cm vom 30.08.1854; ** HHW 534 cm vom 01.09.1854; *** HHW 441 cm vom 20.03.1888; **** HHW 509 cm vom 03.04.1888; ***** HHW 477 cm vom 04.04.1855



HOCHWASSER IN GLAUGAU (GŁOGÓW) 1903

[Pałka 2013, <http://eglogow.eu/serwistur/portal?id=252906>]



HOCHWASSER, JULI 1903; BRESLAU (WROCLAW), ALTE BRAUEREI AN DER HEUTIGEN UL./STR.

CYBULSKIEGO [<https://wroclaw.naszemiasto.pl/bez-strachu-przed-woda-powodz-we-wroclawiu-w-1903-roku/ga/c4-1064041/zd/1452067>]



JULI-HOCHWASSER 1903; BRESLAU (WROCLAW), MÜHLGASSE (HEUTE UL. STAROMŁYŃSKA)

[<http://www.garneki.pl/wrobres/2384491/wroclaw-ul-staromlynska-powodz>]

Juli/August 1977

Ursache des Hochwassers waren am Nachmittag sowie in den Abendstunden des 31. Juli einsetzende heftige Regenfälle, die den Ober- und Mittellauf der Oder umfassten und ununterbrochen bis zum 2. August anhielten. Die höchsten Niederschlagsmengen wurden in den Tagen vom 31.07. bis 02.08. an den folgenden Wetterstationen gemessen:

Schneekoppe 345,6 mm	Jakuszyce (Jakobsthal) 321,3 mm	Świerzawa (Schönau an der Katzbach) 263,3 mm
Karpacz (Krummhübel) 257,4 mm	Kahlberg (256,2 mm)	Städtisch Hermsdorf (252,1 mm)
Kaczorów (Ketschdorf) 244,2 mm	Kowary (Schmiedeberg) 238,4 mm	Szklarska Poręba (Schreiberhau) 235,8 mm
Wałbrzych (Waldenburg/Schlesien) 233,7 mm	Świeradów (Bad Flinsberg) 227,5 mm	Bolków (Bolkenhain) 217,4 mm
Pobiedzna (Wigandsthal) 212,5 mm	Walim (Wüste Waltersdorf) 211,8 mm	

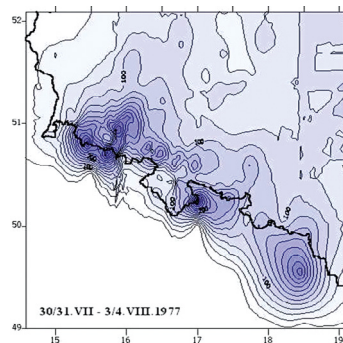
Eine zweite Welle von Niederschlägen ging vom 18.-23. August nieder und umfasste erneut den Ober- und Mittellauf der Oder. Die Niederschlagsmengen in den jeweiligen Einzugsgebieten betragen:

84,3-161,3 mm (Oberlauf der Oder)	64,8-111,0 mm (Glatzer Neiße)	71,8-94,0 mm (Ohle)
82,3-96,7 mm (Lohe)	88,3-124,3 mm (Habelschwerdter Weistritz)	59,7-131,8 mm (Katzbach)
42,5-76,2 mm (Bartsch)	63,2-126,0 mm (Bober)	8,4-91,6 mm (Lausitzer Neiße)

Vom 18. bis 23. August wurden folgende höchste Niederschlagsmengen gemessen:

161,3 mm (Kahlberg)	143,8 mm (Altvater)	131,8 mm (Kaczorów/ Ketschdorf)
126,0 mm (Schneekoppe)	124,3 mm (Walbrzych/ Waldenburg)	122,8 mm (Szklarska Poręba/ Schreiberhau)
115,2 mm (Walim/Wüste Waltersdorf)	111,0 mm (Złoty Stok/ Reichenstein)	

Die Niederschlagsmengen für den Monat August 1977 betragen zwischen 116,2 mm in Zielona Góra (Grünberg) bis zu 425,8 mm auf der Schneekoppe und überschritten die entsprechenden Norm- bzw. Durchschnittswerte um 158 % bis zu 395 %.



VERTEILUNG DER NIEDERSCHLAGSMENGEN IM ZEITRAUM 30./31.07 bis zum 03./04.08.1977

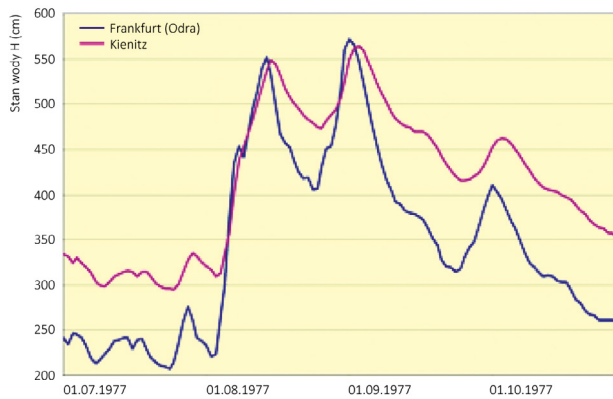
[Graphik: IMGW-PIB]

Die intensiven Regenfälle führten zu heftigen Anstiegen der Wasserstände entlang des Oberlaufs der Oder sowie von allen Nebenflüssen am Ober- und Mittellauf des Flusses (vom 31. Juli auf den 1. August). Die Scheitelwelle passierte die meisten Gebirgsflüsse am 1. und 2. August, am 3./4. August dann den Oberlauf der Oder sowie alle anderen Nebenflüsse. Vom 3. bis 5. August stiegen die Wasserstände am Oberlauf der Oder am Pegel Chałupki sowie den Nebenflüssen Katzbach (Kaczawa), Bober (Bóbr), Queis (Kwisa) und Lausitzer Neiße erneut an und erreichten vergleichbare Höchststände. Nur am Katzbach wurden an den Pegeln in Dunino (Dohnau) und Pałnów (Panten) Überschreitungen der bisherigen absoluten Höchststände um 16 cm bzw. 7 cm verzeichnet.

Am 19. August stiegen infolge weiterer anhaltender Regenfälle die Wasserstände am Oberlauf der Oder und ihren Nebenflüssen abermals an. Die Mehrheit der Zuflüsse verzeichnete ihre Scheitelwellen am 23. August, wobei die Höchststände ähnliche Werte wie beim vorangegangenen Hochwasser erreichten. Diese zweite Hochwasserwelle fiel an den Pegeln auf dem Abschnitt zwischen Chałupki und Opole um 15-46 cm geringer aus, auf dem Abschnitt von der Neiße mündung bis Oława um 2-8 cm. Auf dem Abschnitt von Trestno bis Słubice wurde der bisherige Höchststand hingegen um 8-26 cm überschritten. Die größere Ausbreitung der zweiten Hochwasserwelle im Mittellauf der Oder war darauf zurückzuführen, dass das Rückhaltevermögen der Flusssauen bereits vollständig ausgeschöpft war.

Die Ablaufzeit der Scheitelwelle betrug zwischen einer bis zu acht Stunden entlang des Abschnitts von Chalupki bis Oława sowie zwischen einer bis zu zwanzig Stunden auf dem Abschnitt Trestno-Słubice. Entlang des Abschnitts von Ścinawa bis Słubice wurden Überschreitungen der entsprechenden Alarmstufen über einen Monat lang vermerkt.

Die Besonderheiten des August-Hochwassers 1977 lagen darin begründet, dass die Wasserstände am Oberlauf der Oder erheblich angestiegen waren und diese hohen Wasserstände im Mittellauf des Flusses über einen langen Zeitraum hinweg anhielten. Das Hochwasser verursachte in Legnica, Nowa Sól und Głogów erhebliche Schäden. Es kam zu zahlreichen Dammbrüchen; Straßen und Brücken wurden zerstört. Auch die Landwirtschaft verzeichnete enorme Schäden.



WASSERSTANDSGANGLINIE AN DEN PEGELN FRANKFURT (ODER) UND KIENITZ FÜR DEN ZEITRAUM VON JULI BIS OKTOBER 1977 [Bearbeitung: W. Fröhlich]

HYDROLOGISCHE PARAMETER DER ERSTEN HOCHWASSERWELLE VON AUGUST 1977 ENTLANG DER ODER AN AUSGEWÄHLTEN PEGELN

[Zusammenstellung der Tabelle: IMGW-PIB]

Pegel	Stand zu Beginn H_p (cm)	Stand nach HW H_k (cm)	Höchststand H_{max} (cm)	Datum des Höchststands H_{max}	Uhrzeit des Höchststands H_{max}	Dauer steigender Pegel (Anlauf) T_w (h)	Dauer sinkender Pegel (Ablauf) T_b (h)	Laufzeit T (h)	Ablaufzeit Scheitel-welle T (h)	Verhältnis von Anlauf- zu Ablaufzeit $\alpha_s = T_b/T_w$	Formbeiwert $f = 2/1 + \alpha_s$
Chatupki	170	228	597	04.08.	2-4 ⁰⁰	114	366	480		3,21	0,48
Miedonia	168	250	781	04.08.	12-16 ⁰⁰	112	356	468	10	3,18	0,48
Kozle	289	292	690	06.08.	0-200	148	320	468	36	2,16	0,63
Opole	202	220	556	06.08.	18-20 ⁰⁰	142	302	444	18	2,13	0,94
Neikemündung	274	306	652	06.08.	4-6 ⁰⁰	140	322	462	-14	2,30	0,61
Brzeg, Brücke	216	296	629	06.08.	12 ⁰⁰	142	314	456	8	2,21	0,62
Oława	290	368	712	06/07.08.	10-6 ⁰⁰	144	310	454	-2	2,15	0,63
Trestno	308	306	594	08.08.	8-13 ⁰⁰	168	260	428	46	1,55	0,78
Brzeg Dolny	214	338	756	08./09.08.	12-4 ⁰⁰	192	266	458	4	1,38	0,84
Małczyce	120	248	552	09.08.	2-8 ⁰⁰	198	268	466	14	1,35	0,85
Ścinawa	252	367	588	09.08.	18-20 ⁰⁰	214	254	468	16	1,19	0,91
Głogów	287	409	591	10.08.	24 ⁰⁰	220	246	466	30	1,12	0,94
Nowa Sól	240	380	586	11.08.	8-20 ⁰⁰	216	246	462	8	1,14	0,93
Cigacice	240	390	562	12.08.	6 ⁰⁰	228	275	503	22	1,21	0,90
Niektów	258	396	564	12.08.	4-6 ⁰⁰	212	256	468	-2	1,21	0,90
Połęcko	197	356	496	13.08.	10 ⁰⁰	264	262	526	30	0,99	1,00
Ślubice	207	389	531	14.08.	4-12 ⁰⁰	260	268	528	18	1,03	0,98

HYDROLOGISCHE PARAMETER DER ZWEITEN HOCHWASSERWELLE VON AUGUST 1977 ENTLANG DER ODER AN AUSGEWÄHLTEN PEGELN

[Zusammenstellung der Tabelle: IMGW-PIB]

Pegel	Stand zu Beginn H_p (cm)	Stand nach HW H_k (cm)	Höchststand H_{max} (cm)	Datum des Höchststands H_{max}	Uhrzeit des Höchststands H_{max}	Dauer steigen-der Pegel (Anlauf) T_w (h)	Dauer sinken-der Pegel (Ab- lauf) T_o (h)	Laufzeit T (h)	Ablaufzeit Scheitel- welle T (h)	Verhältnis von Anlauf- zu Ablaufzeit $\alpha_s = T_o/T_w$	Formbeiwert $f = T/T + \alpha_s$
Miedonia	250	250	758	25.08.	0-6 ⁰⁰	130	250	380	18	1,92	0,68
Kozle	292	302	644	26.08.	2-4 ⁰⁰	168	178	346	26	1,06	0,97
Brzeg Dolny	348	340	780	27/28.08.	18-6 ⁰⁰	168	312	480	20	1,86	0,70
Malczyce	248	244	560	27/28.08.	18-8 ⁰⁰	192	274	466	0	1,43	0,82
Ścinawa	367	366	606	28.08.	12-24 ⁰⁰	202	266	468	18	1,32	0,86
Głogów	409	410	612	29.08.	6-24 ⁰⁰	200	308	508	18	1,54	0,79
Nowa Sól	380	380	607	29.08. 30.08.	22-24 ⁰⁰ 6-10 ⁰⁰	204	276	480	16	1,35	0,85
Cigacice	390	370	588	30.08.	10-12 ⁰⁰	168	312	480	12	1,86	0,70
Nieklów	396	390	590	30/31.08.	20-8 ⁰⁰	180	312	492	10	1,73	0,73
Polecko	356	285	513	31.08.	18 ⁰⁰	178	480	658	22	2,70	0,54
Ślubice	389	303	553	01.09.	12-14 ⁰⁰	176	480	656	18	2,72	0,54
Eisenhüttenstadt			618	31.08./01.09.							
Frankfurt (Oder)			572	01.09.							
Kietz			582	01.09.							
Kienitz			565	02.09.							
Groß Neudorf			522	03.09.							
Neugietzen			604	03.09.							
Hohensaaten-Fi- now			642	03.09.							
Stützkow			946								
Schwedt, Schlei- se AP			765	04.09.							
Schwedt, Oder- brücke			827	04.09.							

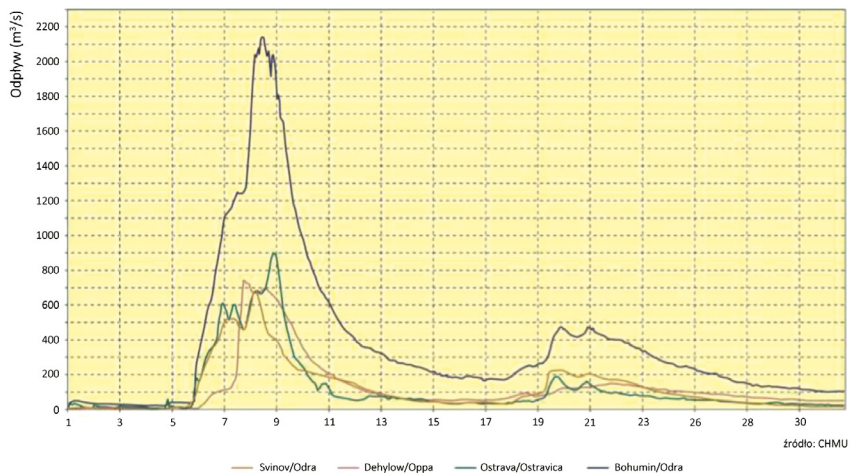


HOCHWASSER 1977; LEGNICA, UL./STR. KOLEJOWA/ECKE UL./STR. KARTUSKA
[<https://polska-org.pl/849523,foto.html>]

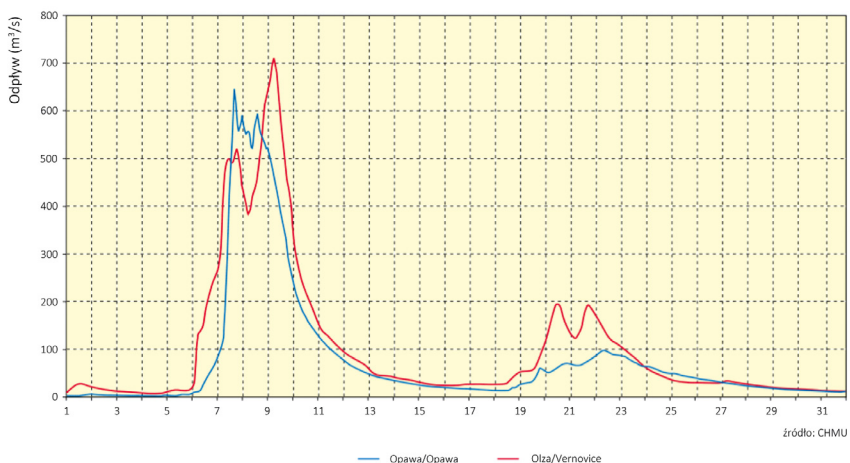
Juli 1997

Unmittelbarer Auslöser des Hochwassers waren heftige Regenfälle, die vor allem vom 03.-10.07., vom 15.-23.07. sowie vom 24.-28.07. niedergingen [Szajda 2006]. Als besonders folgenreich erwiesen sich dabei die starken Niederschläge, die vom 5. bis 7. Juli anhielten. In Tschechien wurden an den Wetterstationen Lysá hora/Kahlberg (234 mm), Sanka (230 mm), Rejvíz (214 mm), Frenštát (206 mm) und Heřmanovice (197 mm) außergewöhnlich hohe Niederschlagsmengen gemessen. Sie führten zu einem fast gleichzeitigen Abfluss der Niederschläge und einem plötzlichen starken Anstieg des Wasserstands in den Flüssen. Straßen, Kanäle, Wege und bislang trockene Bereiche der erodierten Sohlen wurden zu reißenden Bächen und Flüssen. In Tschechien erreichten die Opava (Oppa) und ihre Nebenflüsse sowie die Bělá bereits am 7. Juli von 6:00-24:00 Uhr ihre Höchststände. Die über die Ufer tretenden Flüsse und Bäche überschwemmten mehrere Ortschaften. Besonders gefährlich stiegen die Pegel im Oberlauf der Oder, Ostrawitzka und Olsa. Im Mündungsgebiet der Olsa wurde die Markierung des Hochwassers von 1880, das in Tschechien bisher als das stärkste Hochwasser in der Geschichte galt, um 0,7 m überschritten [Povodí Odry 1997]. Viele Städte standen unter Wasser, u.a. Ostrava und Bohumín. Die am 8. und 9. Juli verzeichneten Höchststände¹⁰ überschritten nochmals die bisherigen Höchstwerte. Die höchste Scheitelwelle der

¹⁰ Am 8. Juli wurden die Höchststände in den Nachmittagsstunden verzeichnet, am 9. Juli in den Morgenstunden.



ABFLUSSGANGLINIE IM TSCHECHISCHEN TEIL DES EINZUGSGEBIETS DER ODER; JULI-HOCHWASSER 1997
[IKSO 1999]



ABFLUSSGANGLINIE AN DEN PEGELN OPAVA AN DER OPAWA SOWIE VERNOVICE AN DER OLSA; JULI-HOCHWASSER 1997 [IKSO 1999]

Olsa floss in die Oder etwa 20 Stunden, nachdem der Höchststand am Pegel in Chalupki verzeichnet worden war, ab. Die enormen Abflüsse, die die Hochwasserwelle entlang der Oder bereits auf Höhe der Olsa-Mündung ansteigen ließen, führten zu einem weiteren Anwachsen der Hochwasserwelle entlang der Oder, deren Durchflüsse auf $2.700 \text{ m}^3/\text{s}$ anstieg. Unmittelbare Folge waren steigende Wasserstände der kleineren rechten und linken Nebenflüsse der Oder, so dass die Pegel entlang der Oder weiterhin anstiegen; am Pegel Miedonia wurde vermutlich ein Wert von 1.045 cm erreicht. Dieser Pegelstand wurde auf der Grundlage eines nach dem Abfluss des Hochwassers vorgenommenen Nivellements ermittelt. Die Hochwasserwelle entlang der Oder ließen ebenso Zuflüsse aus

Hotzenplotz und Malapane sowie deren Nebenflüsse weiterhin ansteigen. Die Scheitelwelle ließ auch diese Flüsse über die Ufer treten, womit fast alle Ortschaften und größeren Städte im Odertal überschwemmt wurden. Besonders betroffen waren Racibórz (Ratibor), Koźle (Cosel) und Opole (Oppeln). Auf Höhe der Mündung der Glatzer Neiße stieg das Volumen der entlang des Flussbetts ziehenden Hochwasserwelle aufgrund der hiesigen Zuflüsse nochmals deutlich an.

Die in Polen 60 bis 70 Stunden lang ununterbrochen anhaltenden starken Regenfälle gingen am Ober- und Mittellauf der Oder sowie am Oberlauf der Warthe nieder. Die höchsten Niederschlagsmengen traten am Oberlauf der Oder sowie im östlichen Teil des Einzugsgebiets der Glatzer Neiße auf und umfassten weite Teile der Inselbeskiden, der Odergebirges, des Niederen Gesenkes und Altvatergebirges sowie das Massiv des Glatzer Schneebergs auf Seiten der Glatzer Neiße, des Eulengebirges sowie des Oberlaufs der Habelschwerdter Weistritz einschl. ihrer Nebenflüsse. Die intensivsten Niederschläge gingen linksseitig der Oder in den Mährisch-Schlesischen Beskiden und den Schlesischen Beskiden im Einzugsgebiet von Ostrawitza und Olsa nieder. Die Höhe der Niederschlagsmengen betrug hier zwischen 415,3 und 616,9 mm.

Die höchsten Niederschlagsmengen wurden an den Wetterstationen Kamienica (456 mm) und Międzygórze (431,2 mm) gemessen, Summen oberhalb von 300 mm wurden in Stronie Śląskie (350,5 mm), Bielice (346,2 mm) und Łądek Zdrój (319,3 mm) verzeichnet. In den Mittelsudeten (Jarkowice), im Zuckmanteler Bergland (Głucholazy) und dem Sudetenvorland (Kamieniec Ząbkowicki) wurden vom 5. bis 7. Juli wiederum einen Wert von 200 mm überschreitende Niederschlagsmengen vermerkt.

Im Einzugsgebiet der Habelschwerdter Weistritz bewegten sich die Niederschlagsmengen an 5 Tagen zwischen 100,4 und 221,0 mm (Walim Dolny), im Einzugsgebiet der Katzbach von 74,7 mm bis zu 202,2 mm; im Einzugsgebiet des Bober überschritten sie lokal eine Marke von 200,0 mm (Jarkowice 229,1 mm; Paczyń 201,8 mm; Karpacz 207,8 mm). In den tiefer gelegenen Bergregionen gingen Niederschlagsmengen von 108,4 bis zu 187,5 mm nieder. Westlich und nördlich des Einzugsgebiets der Oder nahmen die Regenfälle ab; hier wurden innerhalb von 5 Tagen Niederschlagsmengen zwischen 40 mm und 90 mm gemessen. Höhere Niederschläge verzeichnete man lediglich im Einzugsgebiet der Wittig in der Tschechischen Republik (Weißbach/Bílý potok: 147,0 mm) sowie in Pobiedna und Lubomierz im Einzugsgebiet der Queis. Im Odertal entlang des Abschnitts von Opole nach Zielona Góra sowie den anliegenden Flusstälern überschritten die Werte nur lokal begrenzt die Marke von 100,0 mm; mehrheitlich betrug sie zwischen 50 mm und 75 mm.

Am 17. Juli setzte eine zweite Welle von Niederschlägen ein, die 5 Tage lang andauerte. Die Niederschlagsmengen im Einzugsgebiet des Oberlaufs der Oder überschritten im Zeitraum vom 18. bis zum 22. Juli lokal begrenzt 100 mm. Höhere Niederschläge gingen in den Einzugsgebieten von Habelschwerdter Weistritz und Katzbach sowie von Bober und Queis nieder und betrug zwischen 120 mm bis 300 mm bzw. 150 mm bis 220 mm. Im betreffenden Zeitraum wurden im Einzugsgebiet des Oberlaufs der Oder sowie der Glatzer Neiße um ca. 40 % geringere Niederschlagsmengen im Vergleich zum vorangegangenen Zeitraum gemessen; in 5 Tagen fielen dort zwischen 100 mm und 200 mm. Im Einzugsgebiet der Warthe wurde nur lokal die Marke von 100 mm überschritten. In den

Auen am Mittellauf der Oder fielen ca. 120 mm Niederschläge. An einigen Wetterstationen wurden binnen nur einer Stunde Niederschlagsmengen von 9,1 bis zu 15,0 mm gemessen.

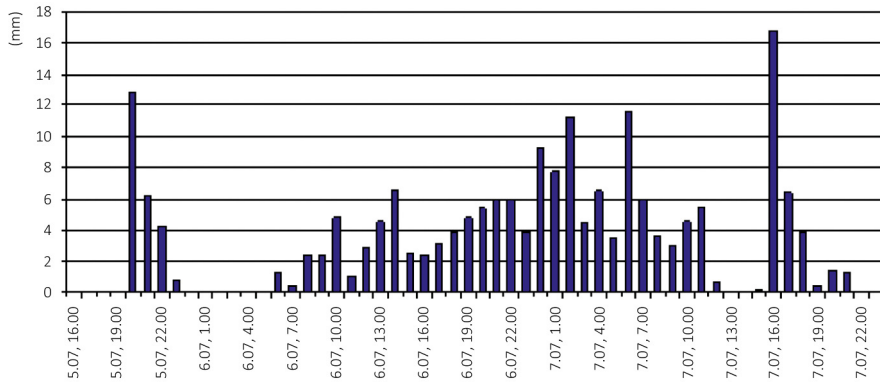
Bezogen auf die täglichen Niederschlagsmengen wurden die höchsten Werte im Sudetenvorland verzeichnet. Am 18./19. Juli wurden in Kamieniec Ząbkowicki jeweils 133,5 mm sowie 121,0 mm gemessen, in Wałbrzych 100,6 mm bzw. 98,6 mm. Am 18. Juli verzeichnete man ebenso in Jagniątków (89,3 mm) beträchtliche Regenmengen, am 19. Juli wiederum am Glatzer Schneeberg (90,8 mm in Nowy Gierałtów; 89,1 mm in Bielice sowie 86,5 mm in Łądek Zdrój). An der Wetterstation in Kamieniec Ząbkowicki betrug die Summe der Niederschläge vom 15.-22. Juli 314,5 mm, in Wałbrzych, Bielice, Jagniątków, Paczyń und Łądek Zdrój über 200 mm.

Diese heftigen Regenfälle sowohl in den ersten Julitagen, wie auch in der zweiten Julihälfte führten dazu, dass im Süden Polens sowie im Osten Tschechiens die mittleren Niederschlagsmengen für diesen Monat um das Vier- bis Fünffache überschritten wurden [Zaleski 2011].

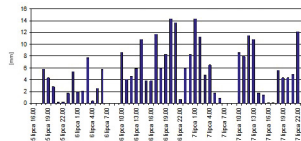
Tägliche Niederschlagsmengen an ausgewählten Wetterstationen vom 05. bis 07.07.1997

[Zusammenstellung der Tabelle: IMGW-PIB]

Wetterstation	Niederschlagsmengen (mm)			Summe (mm)
	05.07.	06.07.	7.07.	05.07.
Kamienica	122,5	179,5	154,0	456,0
Międzygórze	66,6	200,1	164,5	431,2
Stronie Śl.	51,5	159,7	139,3	350,5
Bielice	108,0	103,5	134,7	346,2
Łądek-Zdrój	65,1	94,8	159,4	319,3
Bolesławów	42,1	140,0	117,0	299,1
Nowy Gierałtów	71,6	110,6	96,8	279,0
Glucholazy	38,2	149,8	84,2	272,2
Jarkowice	32,5	121,2	68,8	222,5
Kamieniec Ząbkowicki	24,0	74,0	107,0	205,0
Paczyn	25,2	116,4	53,3	194,9
Wałbrzych	33,5	71,0	69,0	173,5
Bystrzyca Kłodzka	30,2	47,7	95,1	173,0
Międzylesie	45,7	38,6	78,6	162,9
Długopole-Zdrój	18,1	44,4	97,3	159,8
Złoty Stok	34,6	37,5	77,4	149,5
Dzierżoniów	30,0	40,0	75,0	145,0
Tarnów Śl.	37,3	50,1	56,4	143,8
Jagniątków	90,2	30,1	22,7	143,0
Niemojów	20,3	41,7	79,0	141,0
Dziewiętlice	17,7	56,2	63,7	137,6
Dziewiętlice	17,7	56,2	63,7	137,6
Nysa	15,3	53,0	48,0	116,3
Bardo Śląskie	33,3	31,7	51,0	116,0
Srebrna Góra	19,0	37,0	60,0	116,0
Otmuchów	8,9	50,5	54,4	113,8
Zieloniec	13,4	28,1	71,4	112,9



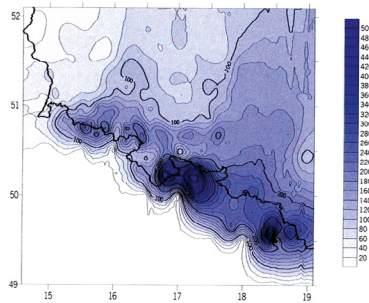
STÜNDLICHE NIEDERSCHLAGSMENGEN VOM 05. BIS 07.07.1997 AN DER WETTERSTATION PACZYŃ
[Diagramm: IMGW-PIB]



STÜNDLICHE NIEDERSCHLAGSMENGEN VOM 05. BIS 07.07.1997
AN DER WETTERSTATION GŁUCHOŁAZY [Diagramm: IMGW-PIB]

TÄGLICHE NIEDERSCHLAGSMENGEN AN AUSGEWÄHLTEN WETTERSTATIONEN VOM 15. BIS 22.07.1997
[Zusammenstellung der Tabelle: IMGW-PIB]

Wetterstation	Niederschlagsmengen (mm)								Summe (mm)
	15.07	16.07	17.07	18.07	19.07	20.07	21.07	22.07	
Kamieniec Ząbkowicki	0,0	17,1	7,4	133,5	121,0	11,5	24,0	0,0	314,5
Wałbrzych	0,0	4,0	0,0	100,6	98,6	14,1	12,0	0,0	229,3
Bielice	13,8	0,5	0,0	66,5	89,1	16,4	31,1	0,1	217,5
Jagniątków	11,9	9,5	28,2	89,3	40,5	11,9	15,1	2,5	208,9
Paczyń	11,0	6,2	13,6	44,9	84,8	14,4	30,2	1,2	206,3
Lądek-Zdrój	29,6	0,7	1,2	36,0	86,5	22,0	23,1	1,5	200,6
Nowy Gieraltów	13,2	0,1	2,3	45,0	90,8	15,6	29,2	0,1	196,3
Dzierżoniów	6,5	8,9	5,2	50,0	61,1	40,0	14,0	0,0	185,7
Jarkowice	8,0	6,7	14,8	52,8	68,3	11,5	15,7	0,7	178,5
Międzygórze	6,2	1,9	5,2	21,0	79,9	18,4	28,0	2,6	163,2
Kamienica	23,0	2,7	2,7	25,6	67,2	9,3	28,0	1,6	160,1
Srebrna Góra	2,2	11,0	6,3	66,3	50,5	16,6	6,3	0,0	159,2
Tarnów Śląski	5,9	2,6	0,0	66,5	41,8	21,4	16,0	0,0	154,2
Lubomierz	14,4	15,3	1,8	49,8	49,9	11,8	8,7	1,0	152,7
Złoty Stok	7,5	0,6	4,8	47,4	54,2	16,3	20,0	0,0	150,8

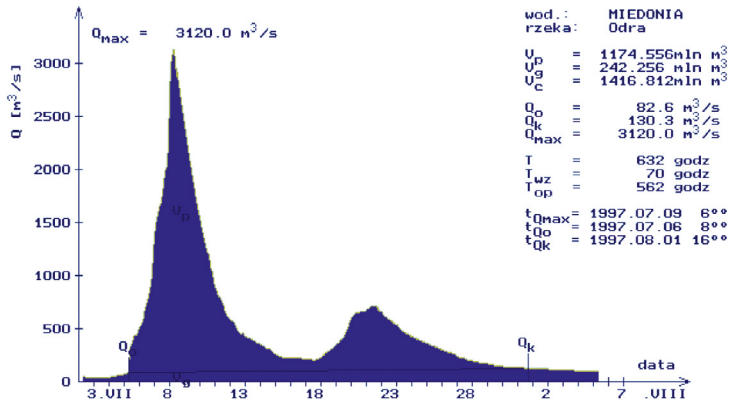


VERTEILUNG DER NIEDERSCHLAGSMENGEN IM ZEITRAUM 4./5. BIS 8./9.07.1997

[Graphik: IMGW-PIB]

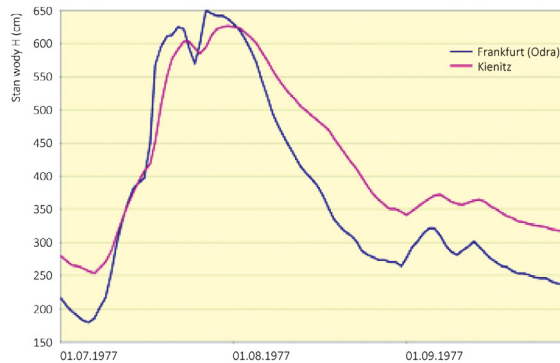
Im Einzugsgebiet der Glatzer Neiße stieg der Wasserstand im Fluss aufgrund des sehr hohen Gefälles sowie der enormen Intensität der Niederschläge (von 10 bis 27 mm je Stunde) parallel zu den Regenfällen. Diese zunehmende Intensität führte dazu, dass die entlang der Glatzer Neiße und ihren Nebenflüssen ständig anwachsenden Hochwasserstände eine eigene Scheitelwelle herausbildeten. Am Oberlauf der Glatzer Neiße und ihren rechten Nebenflüssen (Wölfelsbach und Landecker Biele) kam es am Morgen des 6. Juli zu einer ersten Scheitelwelle, die nächste folgte in den frühen Morgenstunden des nächsten Tags. Mit voller Wucht überfluteten die Wassermengen Kłodzko, in dem Gebäude örtlich bis zum zweiten Obergeschoss unter Wasser standen. Etwa 13 Stunden, nachdem die Niederschläge ihr Maximum erreicht hatten, wurden am Pegel Bardo Śląskie erste Höchststände verzeichnet. Der über die Ufer tretende Fluss überflutete Bardo und Kamieniec Żąbkowicki sowie viele kleinere umliegende Ortschaften; Gebäude, wasserbauliche Anlagen und wassertechnische Bauwerke sowie Uferbereiche wurden zerstört. Die Stauseen Otmuchów (Ottmachau) und Nysa (Neiße) nahmen vom 6. bis 12. Juli ein Wasservolumen von 449,527 Mio. m³ auf. Bei diesen erheblichen Zuflüssen vermochte die geringe Hochwasserreserve nicht, eine effektive Bewirtschaftung der Wassermengen zu gewährleisten. Der Neißer Stausee befand sich am Rande seiner Kapazität und drohte über die Steinmauer zu treten, so dass der auf 1.500 m³/s erhöhte Abfluss aus dem Staubecken die Hochwasserwelle entlang der Oder weiterhin ansteigen ließ. Infolge der Überlagerung der Durchflüsse entlang von Glatzer Neiße und Oder passierte die Hochwasserwelle die Pegel Brzeg, Brücke, Oława und Wrocław bereits 15 Stunden früher. Auch entlang der Zuflüsse am Breslauer Gewässerknoten (Ohle, Lohe, Habelschwerdter Weistritz und Weide), wie ebenso der Mündungsabschnitte von Katzbach, Bartsch, Bober und Lausitzer Neiße bildeten sich entsprechende Hochwasserwellen bereits einige Tage bevor sich die Welle entlang der Oder überhaupt formieren konnte aus. Für den Ablauf des Oder-Hochwassers war dies jedoch von wesentlicher Bedeutung, war das Retentionsvermögen in den Oderaueen doch bereits weitestgehend erschöpft.

Eine zweite Welle von Niederschlägen, die vom 17./18.-21./22. Juli niedergingen, ließen die Wasserstände am Oberlauf der Oder und ihren Nebenflüssen erneut ansteigen. Die Niederschläge in den Mittel- und Westsudeten, vor allem im Eulengebirge, im Bober-Katz-



ABFLUSSGANGLINIE DER ERSTEN HOCHWASSERWELLE IM JULI 1997 AM PEGEL MIEDONIA

[Graphik: IMGW-PIB]



WASSERSTÄNDE OBER- UND UNTERHALB DER WARTHEMÜNDUNG VON JULI BIS SEPTEMBER 1997

[Bearbeitung: W. Fröhlich]

bach-Gebirge, im Riesengebirge sowie im Isergebirge, führten zu erneuten Hochwassern. Unterhalb der Nebenflüsse Habelschwerdter Weistritz, Katzbach, Bartsch und Lausitzer Neiße sowie Bober kam es zu einer Überlagerung mit der ersten Hochwasserwelle, die sich nun zu einer einzigen, 150 km bis 200 km langen Welle herausbildete. Diese Hochwasserwelle entlang der Oder nahm enorme Ausmaße an – sowohl hinsichtlich ihrer Höhe, als auch ihres Volumens – und ergoss sich nun, nochmals verstärkt von der Hochwasserwelle entlang der Lausitzer Neiße, mit voller Wucht in die Grenzoder. Zunächst wurde der Hochwasserschutzdamm bei Świecko auf polnischer Seite beschädigt (21./22.07), daraufhin auch die Dämme ober- und unterhalb von Eisenhüttenstadt. Es kam zu meterlangen Dammbrüchen, u.a. bei Brieskow-Finkenheerd (23.07.) und Aurith (24.07.). Aufgrund der Dammbrüche auf deutscher Seite fiel der Wasserstand am Pegel Frankfurt-Slubice kurzfristig um ca. 75 cm. Nach der Überflutung der gesamten Ziltendorfer Niederung kam es zu drei weiteren Brüchen am Rückdeich, so dass es zu Rückflüssen in die Oder kam, ver-

bunden mit erneut steigenden Pegelständen in Frankfurt (Oder) und Ślubice, bis auch ihre bisherigen historischen Höchststände überschritten wurden. Unterhalb von Ślubice ergoss sich ein Teil der Wassermengen (ca. 250 Mio. m³) in das Tal bei Słońsk im Mündungsabschnitt der Warthe und anschließend in die nicht eingedeichten Flächen in der Gemeinde Boleszkowice sowie die an den Fluss anliegenden Gebiete einschl. des Zwischenstromlands zwischen West- und Ostoder [Kreft 1997].

Da ein Hochwasser entlang des Unterlaufs der Warthe ausblieb, erhebliche Wassermengen vom Stausee Jeziorsko aufgenommen wurden, auch kein Rückstau seitens der Ostsee verursacht wurde sowie weite Flächen entlang der Oder und ihrer Polder auf deutscher Seite überschwemmt worden waren, verflachte sich die Hochwasserwelle bei Szczecin zunehmend und erreichte dort nicht einmal die Alarmstufe. Verhältnismäßig geringe Überschreitungen der Alarmstufen verzeichneten nur die Pegel Gozdowice (um 249 cm), Bielinek (um 252 cm) und Widuchowa (um 139 cm).

Das Ausmaß des Juli-Hochwassers 1997 überschritt alle bisherigen Erfahrungen bei weitem. Seine Folgen, d.h. immense Schäden der Infrastruktur sowie in Industrie und Landwirtschaft, waren noch lange Jahre nach dem Hochwasserereignis allseits spürbar. Ebenso ging es mit weitreichenden sozialen Folgen einher; zahlreiche Ortschaften standen unter Wasser und viele Menschen waren ihres Wohn- und Lebensorts beraubt.

HYDROLOGISCHE PARAMETER DER HOCHWASSERWELLE IM ZEITRAUM VOM 08.-11.07.1997 AN AUSGEWÄHLTEN PEGELN

[Zusammenstellung der Tabelle: IMGW-PIB]

Pegel	Stand zu Beginn H_p (cm)	Stand nach HW H_k (cm)	Höchst-stand H_{max} (cm)	Datum des Höchst-stands H_{max}	Uhrzeit des Höchst-stands H_{max}	Dauer steigender Pegel (Anlauf) T_w (h)	Dauer sinkender Pegel (Ablauf) T_o (h)	Laufzeit T (h)	Ablaufzeit Scheitelwelle T (h)	Verhältnis von Anlauf- zu Ablaufzeit $\alpha_s = T_o/T_w$	Formbeiwert $f = 2/1 + \alpha_s$
Chabupki	160	338	705	8.07.	15-17 ⁰⁰	92	197	289		2,14	0,64
Miedonia	168	400	1045	9.07.	06-08 ⁰⁰	108	221	329	15	2,05	0,65
Koźle	280	380	947	10.07.	02-04 ⁰⁰	108	204	312	20	1,89	0,69
Opole	200	330	777	11.07.	04-06 ⁰⁰	132	192	324	26	1,45	0,82

HYDROLOGISCHE PARAMETER DER HOCHWASSERWELLE IM ZEITRAUM VOM 21.-24.07.1997 AN AUSGEWÄHLTEN PEGELN

[Zusammenstellung der Tabelle: IMGW-PIB]

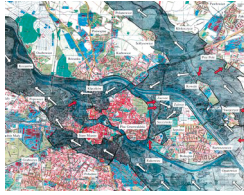
Pegel	Stand zu Beginn H_p (cm)	Stand nach HW H_k (cm)	Höchst-stand H_{max} (cm)	Datum des Höchst-stands H_{max}	Uhrzeit des Höchst-stands H_{max}	Dauer steigender Pegel (Anlauf) T_w (h)	Dauer sinkender Pegel (Ablauf) T_o (h)	Laufzeit T (h)	Ablaufzeit Scheitelwelle T (h)	Verhältnis von Anlauf- zu Ablaufzeit $\alpha_s = T_o/T_w$	Formbeiwert $f = 2/1 + \alpha_s$
Chabupki	345	260	510	21.07.	20 ⁰⁰	82	360	442		4,39	0,37
Miedonia	400	279	730	22.07.	08-14 ⁰⁰	94	336	430	12	3,57	0,44
Koźle	400	300	676	23.07.	08 ⁰⁰	106	360	466	24	3,39	0,45
Opole	330	219	510	24.07.	02-10 ⁰⁰	128	336	464	18	2,62	0,55

HYDROLOGISCHE PARAMETER DER HOCHWASSERWELLE IM ZEITRAUM VOM 11.07.-02.08.1997 AN AUSGEWÄHLTEN PEGELN

[Zusammenstellung der Tabelle: IMGW-PIB]

Pegel	Stand zu Beginn H_p (cm)	Stand nach HW H_k (cm)	Höchst-stand H_{max} (cm)	Datum des Höchst-stands H_{max}	Uhrzeit des Höchst-stands H_{max}	Dauer steigender Pegel (Anlauf) T_w (h)	Dauer sinkender Pegel (Ab-lauf) T_b (h)	Laufzeit T (h)	Ablaufzeit Scheitelwelle T (h)	Verhältnis von Anlauf- zu Ablaufzeit $\alpha_s = T_b/T_w$	Formbeiwert $f = 2/1 + \alpha_s$
Neißemündung	270	292	768	10.07	20 ⁰⁰	120	744	864		6,20	0,28
Brzeg, Brücke	170	178	730	10.07	23 ⁰⁰	120	740	860	3	6,17	0,28
Olawa	241	290	766	11/12.07	23-4 ⁰⁰	159	798	957	24	5,02	0,33
Trestno	285	290	724	12/13.07	15-2 ⁰⁰	144	677	821	16,5	4,70	0,35
Brzeg Dolny	150	198	970	13/14.07	21-1 ⁰⁰	174	740	914	29,5	4,25	0,38
Małczyce	70	190	792	14/15.07	22-2 ⁰⁰	282	736	1018	25	2,61	0,55
Ścinawa	160	226	732	15.07	13-14 ⁰⁰	288	1050	1338	15	3,65	0,43
Głogów	170	249	712	16.07	1-5 ⁰⁰	284	1060	1344	12	3,73	0,42
Nowa Sól	180	253	681	16.07	21 ⁰⁰	288	1056	1344	20	3,67	0,43
Cigalice	185	258	682	19.07	1-2 ⁰⁰	332	1015	1347	52	3,06	0,49
Niełków	218	290	667	19.07	1 ⁰⁰	288	1039	1327	0	3,61	0,43
Polecko	130	220	595	24.07	9-19 ⁰⁰	408	915	1323	128	2,24	0,62
Stubice	174	258	637	27.07	16-17 ⁰⁰	504	792	1296	79	1,57	0,77
Ratzdorf			691	24.07	N/A*	N/A*	N/A*	N/A*	N/A*	N/A*	N/A*
Eisenhüttenstadt			717	24.07	N/A*	N/A*	N/A*	N/A*	N/A*	N/A*	N/A*
Frankfurt (Oder)			656	27.07	N/A*	N/A*	N/A*	N/A*	N/A*	N/A*	N/A*
Kietz			653	27.07./28.07	N/A*	N/A*	N/A*	N/A*	N/A*	N/A*	N/A*
Kienitz			628	31.07	N/A*	N/A*	N/A*	N/A*	N/A*	N/A*	N/A*
Groß Neundorf			596	31.07	N/A*	N/A*	N/A*	N/A*	N/A*	N/A*	N/A*
Neuglietzen			706	01.08	N/A*	N/A*	N/A*	N/A*	N/A*	N/A*	N/A*
Hohensaaten-Finow			729	31.07	N/A*	N/A*	N/A*	N/A*	N/A*	N/A*	N/A*
Hohensaaten, Ostschleuse			805	31.07	N/A*	N/A*	N/A*	N/A*	N/A*	N/A*	N/A*
Stützkow			1009	29.07	N/A*	N/A*	N/A*	N/A*	N/A*	N/A*	N/A*
Schwedt, Oderbrücke			886	02.08	N/A*	N/A*	N/A*	N/A*	N/A*	N/A*	N/A*
Schwedt, Schleuse AP			840	01.08/02.08	N/A*	N/A*	N/A*	N/A*	N/A*	N/A*	N/A*

* keine Daten



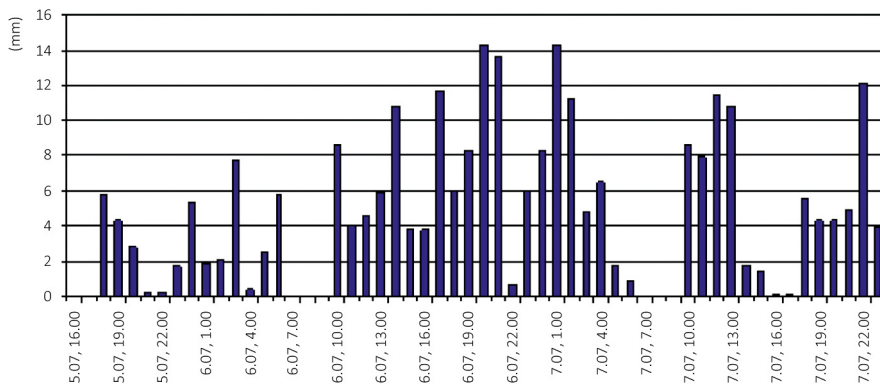
HOCHWASSER 1997; WROCLAW, ÜBERSCHWEMMTES STADTGEBIET

[Quelle: IMGW-PIB]

Mai 2010

Auslöser des Hochwassers waren intensive Regenfälle im Einzugsgebiet der Oder. Die Niederschläge hielten im Großteil des betroffenen Gebiets zwischen 20 bis zu 31 Tagen lang ununterbrochen an. Am längsten hielten sie im südwestlichen Teil der Einzugsgebiete am Ober- und Mittellauf der Oder an, d.h. an Malapane, Stober, Klodnitz, Hotzenplotz, Olsa, Oppa, Ostrawitza, Glatzer Neiße, Netze, Küddow, Widawka und Warthe von der Prosna bis zur Welna [Maciejewski et al. 2010].

Die im Mai und Juni 2010 niedergegangenen Regenfälle waren nicht nur sehr heftig, sondern hielten ebenso über einen langen Zeitraum an und beobachteten darüber hinaus ein großes Gebiet. Unmittelbare Ursache der ersten Scheitelwelle entlang der Oder waren Regenfälle, die in der zweiten Mai-Dekade niedergegangen waren. Eine zweite Hochwasserwelle folgte aufgrund intensiver Niederschläge Ende Mai/Anfang Juni. Die Summe der Niederschlagsmengen im Mai 2010 betrug zwischen 70 mm im westlichen Teil des Einzugsgebiets der Oder bis über 400 mm im Einzugsgebiet der Olsa. Die höchsten Werte wurden an den Wetterstationen in Cieszyn (410,4 mm), Istebna Młoda Góra (407,2 mm) und Istebna Stecówka (386,1 mm) gemessen. Im Falle der Wetterstation Istebna Stecówka war dies die höchste seit 1951 verzeichnete Niederschlagsmenge (über 120 mm höher im Vergleich zum bisherigen Höchstwert von 1966).



MONATLICHE NIEDERSCHLAGSMENGEN AN DER WETTERSTATION ISTEbNA STECÓwKA FÜR DEN ZEITRAUM 1951-2010 [Maciejewski et al. 2010]

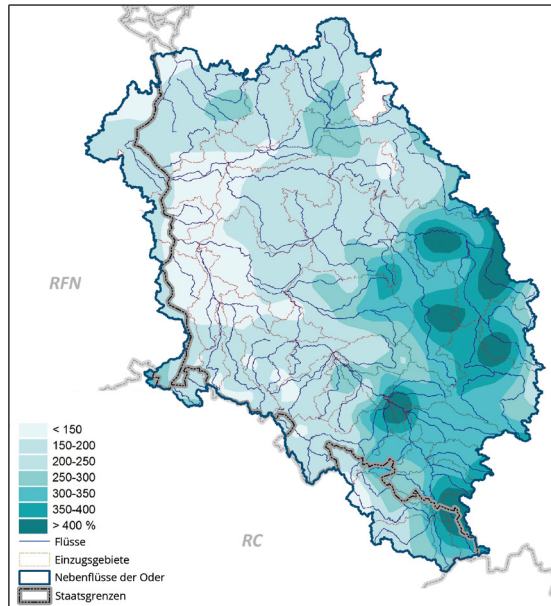
Im Einzugsgebiet der Oder überschritten die Niederschlagsmengen den bisherigen Durchschnitt erheblich (Mittelwerte für die Zeitreihe 1971-2000). Besonders hohe, 300 % der Mittelwerte überschreitende Regenmengen traten in den Einzugsgebieten der rechten Nebenflüsse am Oberlauf der Oder auf, d.h. von Olsa, Klodnitz, Malapane und Ostrawitzka, wie ebenso am Oberlauf von Warthe und Prosna und der Widawka. Überschreitungen von mehr als 400 % der im Einzugsgebiet der Oder verzeichneten Mittelwerte wurden an den Wetterstationen in Żory (421 %) und Cieszyn (432%) gemessen, im Einzugsgebiet des Oberlaufs der Warthe in Puczniew (454 %), Szczerców (429 %) und Kraszewice (417 %). Entsprechend der Klassifikation nach Kaczorowska war der Mai 2010 im überwiegenden Teil des Einzugsgebiets der Oder ein extrem nasser Monat (>175 % des Mittelwerts) [Maciejewski et al. 2010].

Die Höchstwerte der täglichen Niederschlagsmengen waren lokal sehr unterschiedlich ausgeprägt und betragen zwischen ca. 10 mm bis zu über 100 mm. Der höchste Tageswert (129,5 mm) wurde am 16. Mai an der Wetterstation in Cieszyn verzeichnet und betrug damit 136% der Monatsmittels. Im Einzugsgebiet von Ober- und Mittellauf der Oder überschritten die höchsten täglichen Niederschlagsmengen einen Wert von 70 mm und wurden an den Wetterstationen in Istebna Młoda Góra (79,5 mm), Istebna-Stecówka (73,7 mm) und Kaczyce (76,7 mm) gemessen. Geringfügig niedrigere Werte wurden im Einzugsgebiet des Oberlaufs der Warthe verzeichnet; sie betragen an den Wetterstationen Szczerców 55,7 mm, in Działoszyn 55,3 mm sowie in Częstochowa 54,1 mm [Maciejewski et al. 2010].

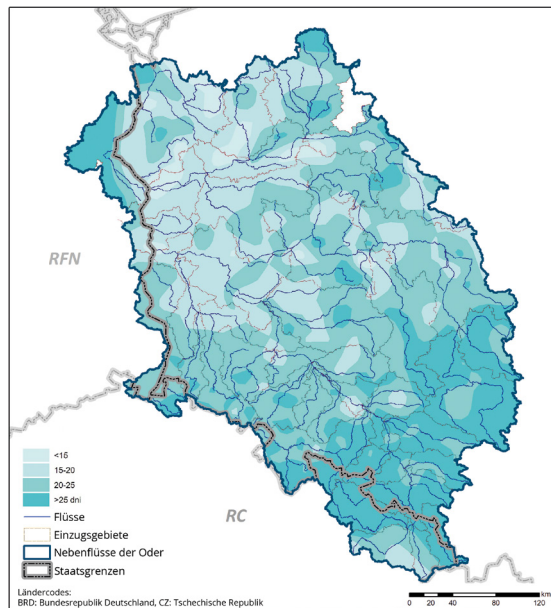
Hinsichtlich des Hochwasserrisikos sind Niederschlagsmengen von 30 mm und mehr von wesentlicher Bedeutung; diese werden als besonders stark eingestuft, da sie zu lokalen Hochwassern oder Überschwemmungen führen können. An den Oberläufen von Oder und Warthe traten sie an 10 % der Niederschlagstage vor allem in der zweiten Mai-Dekade auf. Eine weitere Stufe, die als gefährlich bezeichnet wird, bilden Niederschläge, deren tägliche Werte 50 mm überschreiten. Am häufigsten wurden Tageswerte von ≥ 30 mm sowie ≥ 50 mm in den Einzugsgebieten von Olsa, Oppa, Klodnitz, Stober und Widawka sowie von Queis, Bober und Habelschwerdter Weistritz verzeichnet.

Im Mai und Juni 2010 führten im Einzugsgebiet der Oder vor allem die rechten Nebenflüsse Hochwasser, insbesondere Olsa, Ostrawitzka, Summin, Raude, Birawka, Klodnitz, Malapane, Weide und Wartha sowie der linke Nebenfluss Hotzenplotz. Da sich die Hochwasserwellen entlang des Oberlaufs der Oder und der Ostrawitzka überlagerten, wurde am 17. Mai am Pegel in Chałupki ein Wasserstand von 650 cm bei einem Durchfluss von $1.040 \text{ m}^3/\text{s}$ verzeichnet.

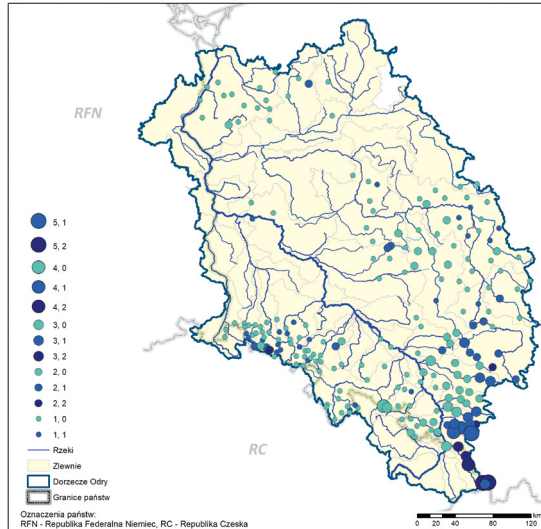
Das Hochwasser am Oberlauf der Oder vor dem Flutpolder Buków entstand im Ergebnis einer Überlagerung der Durchflüsse von Oder und Olsa. Am Einlass des Flutpolders betrug der Durchfluss $2.070 \text{ m}^3/\text{s}$, was die hydrometrischen Messungen am Pegel Olza vom 18. Mai bestätigen (bei einem Wasserstand von 912 cm sowie einem Durchfluss Q von $1.924 \text{ m}^3/\text{s}$). Der Flutpolder Buków konnte das Volumen der Welle um $230 \text{ m}^3/\text{s}$ senken. Am Pegel Racibórz-Miedonia wurde der maximale Durchfluss ($2.060 \text{ m}^3/\text{s}$) am 19. Mai um 3.10 Uhr bei einem Wasserstand von 903 cm verzeichnet. Eine an diesem Tag am Pegel Racibórz-Miedonia vorgenommene Messung (bei einem Wasserstand von 881 cm und einem Durchfluss von $1.927 \text{ m}^3/\text{s}$) bestätigt diese Schätzung.



RÄUMLICHE STRUKTUR DER NIEDERSCHLAGSVERTEILUNG NACH DEN NIEDERSCHLAGSTAGEN
IM MAI 2010 IM EINZUGSGEBIET DER ODER [Maciejewski et al. 2010]



RÄUMLICHE STRUKTUR DER NIEDERSCHLAGSVERTEILUNG NACH DER MONATLICHEN
NIEDERSCHLAGSMENGE IM MAI 2010 IN % DER VIELJÄHRIGEN MITTELWERTE (1971-2000)
IM EINZUGSGEBIET DER ODER [Maciejewski et al. 2010]



TÄGLICHE NIEDERSCHLAGSSUMMEN VON ÜBER 30 MM SOWIE ÜBER 50 MM
IM ZEITRAUM MAI/JUNI 2010 IM EINZUGSGEBIET DER ODER [Maciejewski et al. 2010]

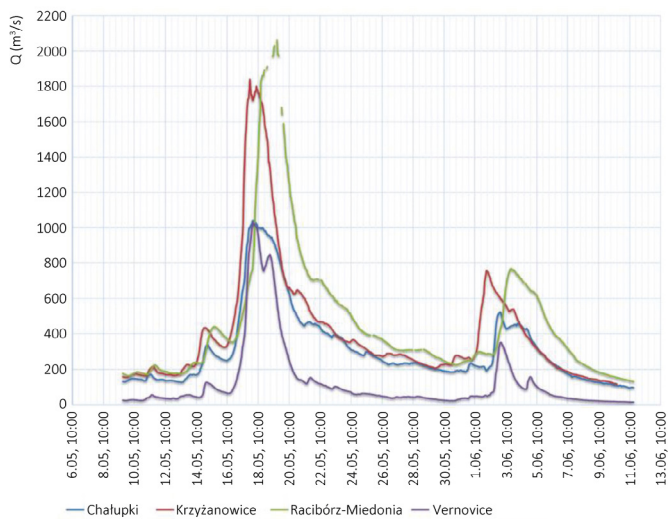
Auf dem Flussabschnitt von Racibórz-Miedonia bis Koźle nahmen die rechten Nebenflüsse der Oder (Summin, Birawka, Raude und Klodnitz) bereits keinen wesentlichen Einfluss auf die Hochwasserwelle entlang der Oder mehr. Auf dem Abschnitt von Koźle bis Krapkowice nahm die Durchflussmenge aufgrund der Flutung des Polder Obrowiec (mit einem Rückhalteraum von 3,65 Mio. m_3) ab. In Krapkowice wurde am 20. Mai ein Wasserstand H von 826 cm gemessen, was einem Durchfluss Q von $1.800 \text{ m}^3/\text{s}$ entsprach. Entlang des Abschnitts von Opole bis Brzeg wurden während des Hochwassers vier Polder geflutet: Żelazna (Rückhalteraum: 3,3 Mio. m_3), Czarnowąsy (3,65 Mio. m_3), Rybna (12,0 Mio. m_3) und Zwanowice (2,0 Mio. m_3).

Unterhalb des Pegels Brzeg folgt der Breslauer Gewässerknoten, der den Oderabschnitt bis Brzeg Dolny umfasst. In diesem Abschnitt befinden sich vier Flutpolder: der Polder Brzezina mit einem Rückhalteraum von 3,5 Mio. m_3 , der Polder Oława-Lipki mit 30,0 Mio. m_3 ; der Polder Oławka mit 12,0 Mio. m_3 sowie der Polder Bliżanowice-Trestno mit einem Rückhalteraum von 3,8 Mio. m_3 ; auch sie wurden geflutet. Der in Czernica gemessene Durchfluss betrug $1.768 \text{ m}^3/\text{s}$, was einem Durchfluss am Pegel Oława von $1.770 \text{ m}^3/\text{s}$ bei einem Wasserstand von 765 cm entspricht. Aufgrund des am Pegel in Trestno gemessenen hohen Wasserstands ($H = 658 \text{ cm}$) wurden Wassermengen aus der Oder zur Entlastung über den Oder-Weide-Kanal in die Weide abgeleitet, was zu einem Anstieg des Wasserstands im Mündungsgebiet der Weide führte.

Kennzeichnend für den Verlauf des Hochwassers am Mittellauf der Oder unterhalb des Pegels Brzeg Dolny war eine Abflachung der Hochwasserwelle entlang der Oder sowie der Retentionsflächen, da die Flussauen genügend Raum für die Aufnahme des Hochwassers zur Verfügung stellten. In Malczyce wurde ein Wasserstand von 805 cm und ein Durchfluss von $1.920 \text{ m}^3/\text{s}$ gemessen, was durch hydrometrische Messungen bei einem Wasserstand von 798 cm und einem Durchfluss von $1.959 \text{ m}^3/\text{s}$ bestätigt werden konnte.

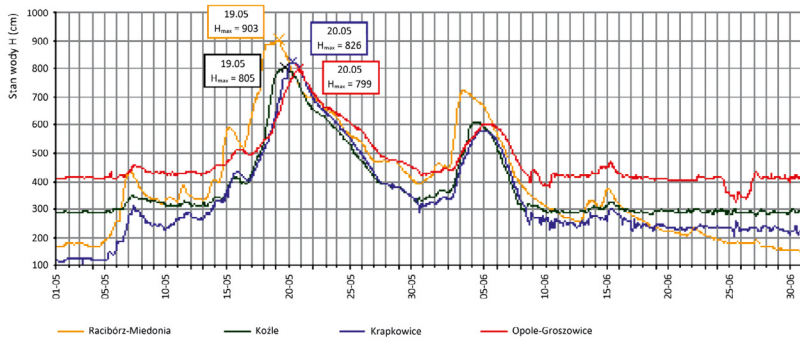
Zuflüsse seitens des rechten Nebenflusses Bartsch führten zu einer Erhöhung des Durchflusses am Pegel Głogów bis auf 2.090 m³/s bei einem Wasserstand von 686 cm. Dies wurde von entsprechenden Messungen am 25. Mai bestätigt (bei $H = 686$ cm und $Q = 1.870$ m³/s). Entlang dieses Abschnitts befinden sich die beiden Durchfluspolder Kielcz-Tarnów Bycki (Rückhaltevermögen: 15,0 Mio. m³) und Połupin (70,0 Mio. m³), die den Durchfluss bei Nowa Sól auf 1.710 m³/s, in Cigacic und Nietków auf 1.750 m³/s sinken ließen. Einfluss auf erneut steigende Durchflüsse in Połęcko (auf 1.830 m³/s) hatten Zuflüsse aus dem Bober genommen, sowie auf dem Abschnitt Słubice ($Q = 1.857$ m³/s) bis Gozdowic ($Q = 2206$ m³/s) Zuflüsse aus dem rechten Nebenfluss Warthe.

Am unteren Mittellauf der Oder von der Lausitzer Neiße- bis zur Warthemündung verlief das Hochwasser weitaus weniger stark ausgeprägt. Die Pegelstände und Durchflüsse von mehr als 1.700 m³/s verursachten keine größeren Schäden. Der Durchfluss entlang der Oder unterhalb der Warthemündung betrug mehr als 2.200 m³/s und ließ den Fluss bei Bielinek, Widuchowa und Gryfino über die Ufer treten. Einzelne landwirtschaftliche Betriebe wurden überflutet, auch Grasland und Brachflächen im Zwischenstromland wurden überschwemmt.

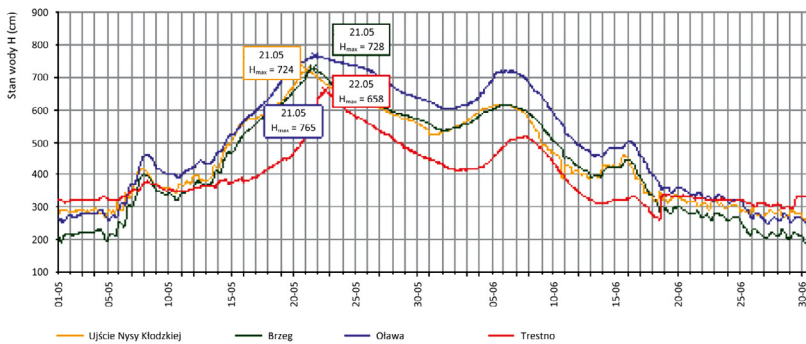


ABFLUSSGANGLINIEN AUF DEM ABSCHNITT RACIBÓRZ-MIEDONIA - OPOLE-GROSZOWICE

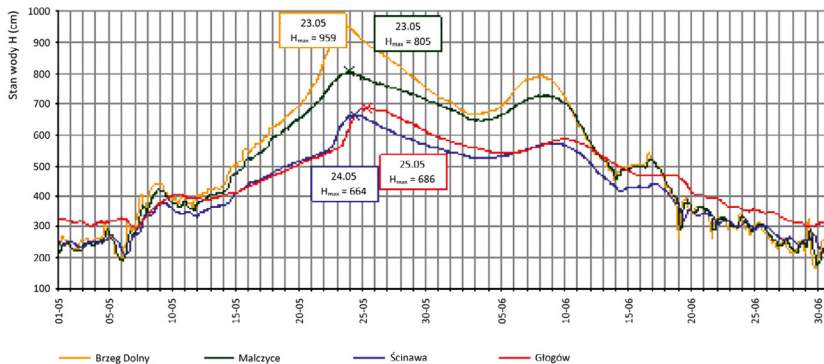
[Bearbeitung: IMGW-PIB]



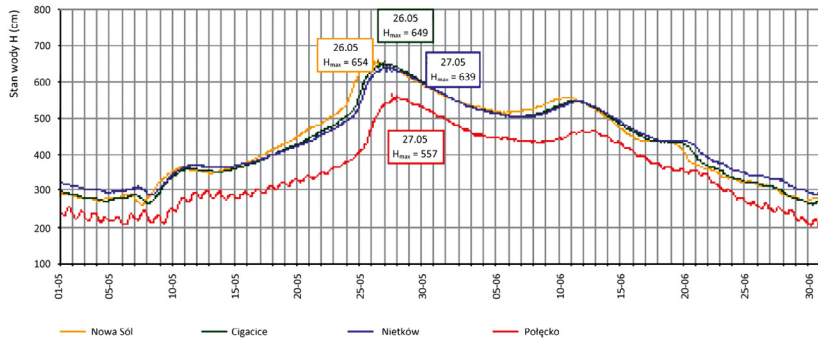
WASSERSTANDSGANGLINIEN AN AUSGEWÄHLTEN PEGELN IM EINZUGSGEBIET AM OBERLAUF DER ODER
[Bearbeitung: IMGW-PIB]



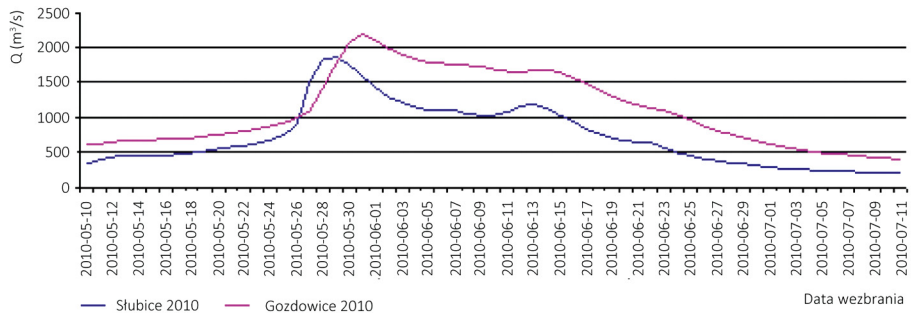
WASSERSTANDSGANGLINIEN IM ABSCHNITT MÜNDUNG DER GLATZER
NEIßE - TRESTNO FÜR DEN ZEITRAUM MAI/JUNI 2010 [Bearbeitung: IMGW-PIB]



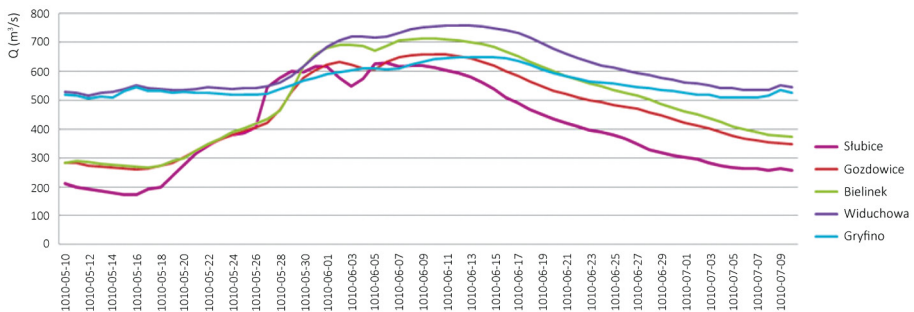
WASSERSTANDSGANGLINIEN IM ABSCHNITT BRZEG DOLNY - GŁOGÓW FÜR
DEN ZEITRAUM MAI/JUNI 2010 [Bearbeitung: IMGW-PIB]



WASSERSTANDSGANGLINIEN IM ABSCHNITT NOWA SÓL – POŁĘCKO FÜR DEN ZEITRAUM MAI/JUNI 2010 [Bearbeitung: IMGW-PIB]



VERLAUF DER ABFLÜSSE DER HOCHWASSERWELLE ENTLANG DER UNTEREN ODER IM MAI UND JUNI 2010 [Bearbeitung: IMGW-PIB]



WASSERSTANDSGANGLINIEN AN DEN PEGELN UNTERHALB VON SŁUBICE IM ZEITRAUM MAI/JUNI 2010 [Bearbeitung: IMGW-PIB]

HÖCHSTE WASSERSTÄNDE UND DURCHFÜSSE, DIE EINEN EINFLUSS AUF ENTSTEHUNG UND VERLAUF DES ODER-HOCHWASSERS 2010 GENOMMEN HATTEN
[Ostojski et al. 2011]

Oder		Nebenflüsse		Stromki- lo-meter (km)	Fläche des Einzugsge- biets (km ²)	Pegelhüll- punkt (müNN)	Absoluter Höchststand		2010					
Fluss	Pegel	Fluss	Pegel				(cm)	Datum	H _{max} (cm)	Q _{max} (m ³ s ⁻¹)	Datum/Uhr- zeit	H _{max,geom} (cm)	Q _{max,geom} (m ³ s ⁻¹)	Mes- sungs- datum
		Oppa	Branice	56,8	603	286,99	464	1997.07.07	295	69,3	18.05 9:40	229	33,6	21.05
		Ostrawitza			281				578	780	17.05 10:00	-	-	-
Oder	Chalupki			20,7	4666,2	192,60	705	1997.07.08	650	1040	17.05 16:00	644	1014	17.05
Oder	Olza			28,5	5846,5	186,00	918	2010.05.17	918	1950	17.05.20-20- 18.05 0:10	912	1924	18.05
		Olsa	Vernowice		1071,2				715	1030	17.05 15:50			
		Protówka	Zebrzydowice	15,3	115	224,81	420	2005.08.24	410	73,2	17.05 18:00	385	66,2	17.05
		Szotkówka	Golkowice	3,4	101	207,32	400	1997.07.08	391	37,1	17.05 18:30	356	21,4	17.05
Oder	Krzyżanowice			33,6	5874,8	184,66	912	1997.07.08	894	1840	17.05 19:10	880	1692	18.05
		Zinna	Bojanów	9	520	195,66	330	1997.07.08	256	33,2	03.06 4:10, 4:50, 5:10	160	14,2	20.05
Oder	RacibórzMiedonia			55,5	6744	176,28	1045	1997.07.09	903	2060	19.05 3:10	881	1927	19.05
		Summin	Nędza	5,7	94,4	186,21	389	1997.07.08	256	16,1	18.05 6:00	213	15,4	2.06
		Raude	Ruda Koziełska	12,7	382	192,51	392	2010.05.18	392	82,6	18.05 15:00	392	73,3	18.05
		Bitawka	Grabówka	5,33	364	176,56	389	1997.07.09	352	68,5	19.05 6:00	324	54	19.05
		Kłodnitz	Lenartowice	7,4	1055	172,43	395 386	1903.07.12 1941.07.16	375	57,2	20.05 3:30- 3:40, 4:00	311	49,1	20.05
Oder	Koźle			97,2	9173,6	162,50	947	1997.07. 9-10	805	1870	19.05	658	958	18.05
		Straduma	Kamionka	7,9	267	168,34	304	1997.07.09	264	15,0	19.06	168	3,16	16.05
		Hotzenplotz	Raclawice	27,4	491	195,22	438	1997.07.07	392	61,4	17.05 12:00, 03.06 03:00, 06:00	387	56,3	18.05
Oder	Krapkowice			124,7	10720,50	155,51	1032	1997.07.10	826	1800	20.05 8:00	755	1536	19.05
Oder	Opole-Groszowice			147,4	10938,50	147,12	-	-	799	1850	20.05 20:00	713	1477	19.05
		Malapanie	Turawa	17,1	1424,00	160,33	410	1936.11.01	372	111	23.05 00:20	350	112	20.05
Oder	Ujście Nysy Kłodzkiej			180,6	13454,90	135,54	768	1997.07.10	724	-	21.05 02:00	698	1510	20.05
		Glatzer Neiffe	Skorogoszcz	7,5	4 514,50		562	1997.07.10-11	408	275	4.06	407	217	4.06

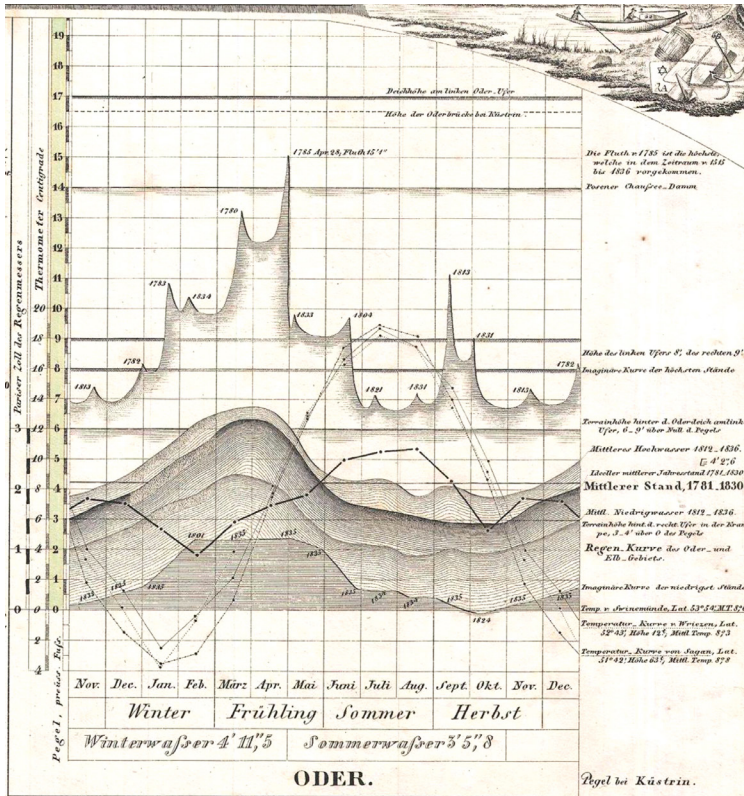
Oder		Nebenflüsse		Stromkilometer (km)	Fläche des Einzugsgebietes (km ²)	Pegelnulppunkt (müNN)	Absoluter Höchststand		2010							
							(cm)	Datum	H _{max} (cm)	Q _{max} (m ³ /s)	Datum/Uhrzeit	H _{max,pon} (cm)	Q _{max,pon} (m ³ /s)	Messungsdatum		
Fluss	Pegel	Fluss	Pegel													
Oder	Brzeg (Brücke)			199,1	19719,00	129,20	730	1997.07.10	728	2040	21.05 12:00, 13:00, 14:00	680	1476	20.05		
Oder	Olawa			216,5	19816,40	121,98	766	1997.07.11-12	765	1770	21.05	746	1022	20.05		
Oder	Czernica												1768	21.05		
Oder	Trestno			242,1	20396,00	114,52	724	1997.07.12-13	658	-	22.05 14:20	651	2038	22.05		
		Ohle	Olawa	28,7	957,00	124,83	415	1940.03.03	284	24,8	19.05 22:20	233	14,5	17.05		
		Lohé	Ślęza	16,3	869,20	120,46	432	1997.07.23	297	17,3	20.05 12:00	271	11,9	18.05		
		Weistritz	Jamoltów	12,8	1709,70	116,25	486	1997.07.21	269	44,6	04.06 18:00					
		Weide	Krzyżanowice	11,2	1643,60	111,69	407	1997.07.14	348	44	23.05	347	53,3	23.05		
Oder	Brzeg Dolny			284,7	26428,00	97,73	1070	1997.07.13-4	959	2070	23.05 08:30	957	1970	23.05		
Oder	Malczyce			304,8	26812,00	93,03	892	1997.07.14-15	805	1920	23.05 15:40, 21:30	798	1959	23.05		
		Karzbach	Piątnica	20,6	1807,00	110,02	650	1997.07.20	361	80,4	03.06 20:20	664	1987	24.05		
Oder	Ścinawa			331,9	29584,00	86,73	732	1997.07.15	664	2070	24.05					
		Bartsch	Osetno	17,5	4579,00	77,51	477	1940.03.20	395	115	28.05 - 31.05					
Oder	Głogów			392,9	36394,00	68,57	712	1997.07.16	686	2090	25.05 06:00-12:00	686	1871	25.05		
Oder	Nowa Sól			429,8	36780,00	58,82	681	1997.07.16	654	1710	26.05 07:00	645	1683	25.05		
Oder	Cigacice			471,3	39888,00	47,40	682	1997.07.19	649	1750	26.05 17:00 - 27.05 00:00, 27.05 00:00-02:00	642	1670	26.05		
Oder	Nietków			491,5	40397,00	42,11	667	1997.07.19	639	1750	27.05	638	1786	27.05		
		Bober	Nowogród Bobrzański	48,6	5582,10	72,42	-	-	249	-	05.06 16:30	231	112	7.06		
Oder	Polecko			530,3	47152,00	32,62	595	1997.07.24	557	1830	27.05	550	1771	27.05		
		Lausitzer Neiße	Gubin	13,2	3974,00	37,61	620	1958.07.08	268	68,0	10.07					
Oder	Ślubice			584,1	53382,00	17,45	638	1997.07.27	576	1857	28.05	574	1834	29.05		
		Warthe	Gorzów Wielkopolski	57,2	52404,00	15,51	576	1979.03.21	522	662	6.06	520	652	7.06		
Oder	Gozdowice			645,3	109729,00	3,02	659	1997.07.31-08.01	617	2206	31.05	610	2049	30.05		

Winterhochwasser

Im Einzugsgebiet der Oder treten ebenso Winterhochwasser auf, die sowohl von auf die Schneeschmelze zurückgehende erhebliche Abflussmengen wie auch von Eisstau verursacht werden. Von der Schneeschmelze verursachte Hochwasser treten fast jedes Frühjahr auf, wenn die Schneedecke abtaut; auch im Winter selbst einsetzendes Tauwetter führt zu diesen Schmelzhochwassern. Teils nehmen sie einen dramatischen Verlauf, d.h. insbesondere dann, wenn die Tauperiode plötzlich, verbunden mit deutlichen Temperatursprüngen und Niederschlägen einsetzt und die Schneedecke sehr hoch ist. Winterhochwasser entstehen aufgrund des geringeren Retentionsvermögens des gefrorenen Erdbodens wie ebenso aufgrund von Regenfällen, die den Abtauprozess der Schneedecke forcieren. Die Hochwasserwellen sind relativ niedrig aber sehr langgezogen. Frühjahrshochwasser treten sowohl in Gebirgen, wie auch in den Flusstälern auf. Im Einzugsgebiet der Oder treten 27 % aller Hochwasserereignisse im März auf [Bajkiewicz-Grabowska 2005].

Ursache von Eishochwassern ist wiederum eine Aufstauung von Eismassen, wenn also Eisschollen nicht mehr abfließen können und sich an Hindernissen stauen. Das nachfließende Wasser beginnt am Eisstau zu steigen, woraufhin der Fluss über die Ufer tritt. Zu Eishochwassern kommt es am häufigsten am Mittel- und Unterlauf der Oder, vereinzelt wurden sie ebenso am Oberlauf beobachtet. Besonders häufig traten sie von Beginn des 19. Jahrhunderts bis zur Mitte des 20. Jahrhunderts auf [Chmal, Kasprzak 2008].

Bis zum 19. Jahrhundert wurden in den Quellen drei extreme Winterhochwasser beschrieben: Ende März/Anfang April 1698, im März 1709 sowie erneut Ende März/Anfang April des Jahres 1785; alle drei Hochwasserereignisse hatten tragische Folgen. Bekmann [1751] gibt an, dass das Hochwasser Breslau am 27. März 1698 erreicht hatte und die Festungsanlagen beschädigte. Nahe der St.-Michaelis-Kirche (heute ul./Str. Bolesława Prusa) riss das Wasser ein 35 Meter großes Loch in den Damm. Unterhalb von Breslau brachen gleich mehrere Dämme, was erhebliche Schäden verursachte. Auch die Warthe trat über die Ufer: in Posen konnte man zum Beispiel mit dem Boot um das Rathaus herumfahren. In der Mark Brandenburg galt das Winterhochwasser als verheerender als das Hochwasser von 1694 und wurde mit dem Extremhochwasser von 1565 verglichen. Einen ähnlichen Verlauf nahm das Hochwasser von 1709, als nach einem langen Winter plötzlich starkes Tauwetter einsetzte, das zu erheblichen Abflussmengen führte, wobei die mächtige, teils mehrere Schichten umfassende Eisdecke auf dem Fluss abschmolz und große Schäden verursachte. Unter anderem brachen alle Dämme von Entenfang bis hoch nach Krohnmühle bei Küstrin [Bekmann 1751]. Das in der Monographie *Wahre Nachricht von den Überschwemmungen der Oder bei Frankfurt...* [1785] beschriebene Hochwasser von 1785 hatte ähnlich verheerende Folgen. Die Eisdecke auf der Oder war stark ausgebildet, am 15. April begann das Eis zu brechen und staute sich auf, was wiederum steigende Wasserstände nach sich zog. Am 24. April brach der Damm bei Frankfurt (Oder). Die Scheitelwelle passierte den Pegel Küstrin am 28. April; der dort gemessene Pegelstand betrug 474 cm und war nochmals höher als der bisherige, 1515 verzeichnete historische Höchststand. Bezogen auf den heutigen Pegelnullpunkt von Küstrin entspricht dieser Wasserstand heute einem Pegel von 660 cm.



WASSERSTANDSGANGLINIE AM PEGEL KÜSTRIN IM ABFLUSSJAHR 1785

[Gotha 1838 (Ausschnitt), Zeichnung: Gerghaus, Gravur: Perthes]

Bei den späteren verheerenden Winterhochwassern handelte es sich oft um Eishochwasser. Ihr Verlauf wurde von [Herrmann 1930; Militzer et al. 1999] beschrieben und vermessen. In vorliegender Monographie werden sechs ausgewählte Hochwasserereignisse beschrieben: dies sind die Winterhochwasser von 1830, 1888, 1992, 1940, 1947 sowie 1981/1982.

Hochwasser 1838

Der Winter 1837/38 setzte sehr früh ein und war anfangs von starken Frösten gekennzeichnet. Bei normalen Durchflussverhältnissen frore die Oder schnell bis zu einer beträchtlichen Tiefe zu. Im Frühjahr 1838 setzte die Tauperiode am Oberlauf der Oder früher als am Unterlauf ein. Am Oberlauf kam es zu einem raschen Eisabgang, der in Schlesien zu Dammbürchen, gefolgt von Überschwemmungen der anliegenden Flächen, führte. Am 13. März begann sich die aufgebrochene Eisdecke von Frankfurt (Oder) aus flussabwärts zu bewegen, woraufhin es am 14. März zu einem ersten Eisstau unterhalb von Lebus kam. Am 16. März waren die aufgestauten Eisschollen bei Zäckericker Zollbrücke bereits wieder ganz gefroren. Das nachströmende Wasser schob die Eisblöcke auf den Damm und ließ ihn an drei

Stellen brechen. In Alt-Mädewitz erreichte das Hochwasser am Abend des 17. März einen solchen Stand, dass „[...] das Vieh in den Ställen schon im Wasser stand; (...) das Wasser in der Kirche stand auf Höhe der Bänke“. Um den Wasserstand abzusenken, wurde der rechte Damm der Alten Oder oberhalb von Neutomow aufgebrochen. Nachdem auch der linkseitige Damm bei Altranft brach, wurde das gesamte Gebiet von Niederfinow bis oberhalb von Wriezen überschwemmt. Die materiellen Schäden schätzte man auf 99.550 Taler [Büreau des Wasserausschusses 1896].

AUFSTELLUNG DER HÖCHSTSTÄNDE WÄHREND DES HOCHWASSERS 1838
AN AUSGEWÄHLTEN PEGELN ENTLANG DER ODER [Büreau des Wasserausschusses 1896]

Pegel	Beobachteter Höchststand <i>W_{max}</i> (cm)	Datum <i>W_{max}</i>
Ratibor	549	04.03.
Oppeln	439/515	05.03./07.03.
Brieg	557/542	06.03./08.03.
Ohlau	557	08.03.
Glogau	497	12.03.
Neusalz	518	12.03.
Krossen	528	14.03.
Frankfurt (Oder)	510	15.03.
Küstrin	385	16.03.
Schwedt	413	21.03.

März/April 1888

Das Frühjahrshochwasser verursachte Schäden in Höhe von 300.000 Mark, vor allem am Unterlauf der Oder. Seine Folgen waren derart verheerend, dass der Reichstag am 13. Mai ein Gesetz verabschiedete, mit der der Ausnahmezustand ausgerufen wurde. Der historische Höchststand, der am Pegel Neuglietzen 688 cm betrug, wurde erst im Rahmen des Hochwassers am 21. März 1940 erneut überschritten, als 712 cm verzeichnet wurden.

AUFSTELLUNG DER HÖCHSTSTÄNDE WÄHREND DES HOCHWASSERS 1888
AN AUSGEWÄHLTEN PEGELN ENTLANG DER ODER [Deutsch, Poertge 2002]

Pegel	beobachteter Höchststand <i>W_{max}</i> (cm)	Datum <i>W_{max}</i>
Odereck	397	
Krossen	412	
Fürstenberg	363	
Frankfurt	419/520*	20.03.
Küstrin	395	
Kietz	639*	20.03.
Kienitz	509/609*	03.04.
Neuglietzen	688	03.04.
Hohensaaten-Finow	709*	03.04.
Piasek	507*	
Schwedt	416	

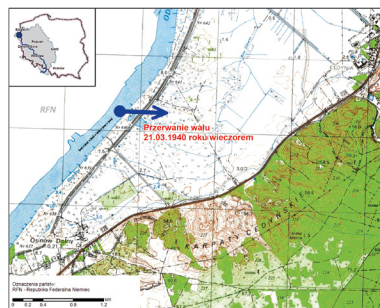
* der Wert wird bezugnehmend auf den aktuellen Pegelnullpunkt angegeben

März/April 1892

Im Februar 1892 führte ein gewaltiger Eisstau an der Oderbrücke in Schwedt zu einer fast vollständigen Überflutung von Peetzig (Piasek). An das Hochwasser erinnert eine an der örtlichen Kirche angebrachte Markierung [Mengel 1934]. Am Pegel Stützkow wurde ein Wasserstand von 1.085 cm verzeichnet, der bis heute zugleich den absoluten Höchststand bildet.

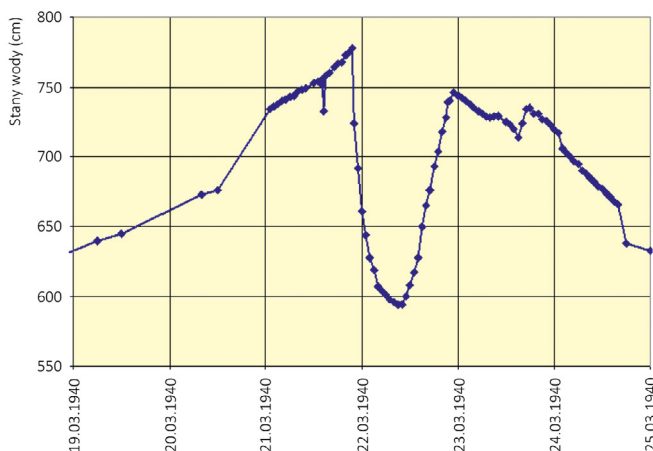
Hochwasser 1940

Der Eisabgang am Oberlauf der Oder setzte Mitte März 1940 ein, nachdem es mehrere warme Tage gegeben hatte. Entlang der Oder floss eine sehr feste und dicke, teilweise aufgebrochene Eisschicht in Form mächtiger Schollen und Eisblöcke ab. Bereits am 17. März hatte sich bei Züllichau (Sulechów) ein riesiger Eisstau herausgebildet, infolge dessen der Damm überspült und ca. 6.000 ha der anliegenden Flächen überschwemmt wurden. Um das Hindernis zu beseitigen, setzte



DAMMBRUCH BEI NIEDERWUTZEN AM ABEND DES 21. MÄRZ 1940

[Materialien: W. Fröhlich, Bearbeitung: IMGW-PIB, topographische Vorlage: <http://www.geoportal.gov.pl>]



WASSERSTANDSGANGLINIE AM PEGEL HOHENSAATEN-FINOW WÄHREND DES HOCHWASSERS VON 1940

[Bearbeitung: W. Fröhlich]

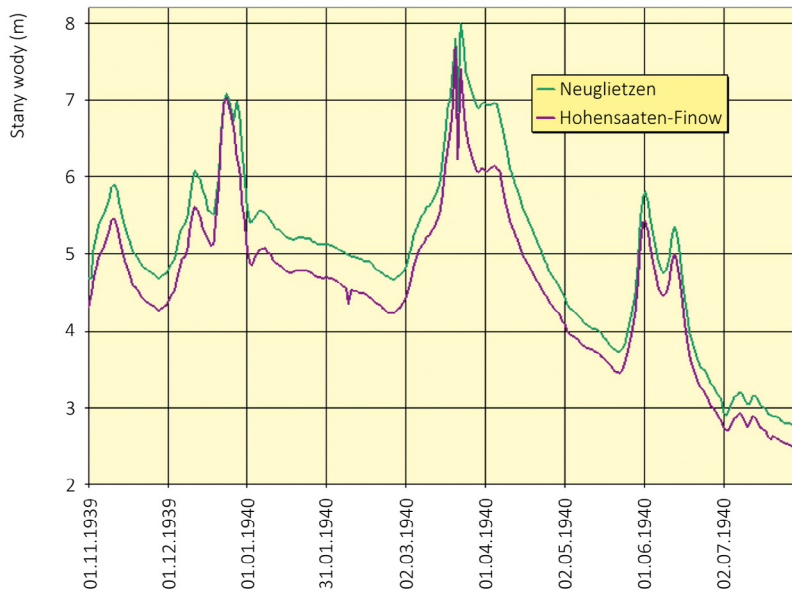
man anfangs Sprengstoff ein. Am 20. März setzte sich die Eisdecke am Oderbruch bei Neuglietzen schrittweise flussabwärts in Bewegung und traf wiederum zwischen Hohensaaten und Bellinchen (Bielinek) auf einen Eisstau, der sich dort bereits herausgebildet hatte. Trotz eines kontinuierlichen Einsatzes der Eisbrecherflotte aus Stettin gelang es nicht, die Polder bei Zehden (Cedynia) zu entlasten. Am 21. März war der Wasserstand der Oder gegen Mittag bis auf Höhe der Dammkrone angestiegen. Auch eine Sprengung der Eismassen führte zu keiner Verbesserung der Lage, woraufhin der Fluss bei Bellinchen über den Zehdener Damm trat und die anliegenden Flächen überschwemmte. Gegen 16 Uhr wurde der Damm unweit der Fähre in Hohensaaten auf einer Breite von 800 m bis 1.000 m überflutet. Bevor man gegen 18 Uhr die Maßnahmen zur Rettung des Damms unterbrach, betrug die Breite bereits 2,5 km, wobei die Wassermassen die Dammkrone um einen halben Meter überflutet hatten. Nach knapp drei Stunden kam es zu ersten Rissen im Damm, am 22. März brach er gegen 2 Uhr auf einer Breite von 200 m. Gegen 21:30 Uhr betrug der Wasserstand an der Chaussee bei Niederlubbichow (Lubiechów Dolny) bereits 460 cm. Schätzungen zufolge ergossen sich mindestens 70 Mio. m³ Wasser in die Polder. Am 23. März erreichte die Flut gegen 13 Uhr den unteren Bereich des Zehdener Polders nahe der Pumpstation in Bellinchen. Um Mitternacht brach der Damm, und die Wassermassen bahnten sich ihren Weg gen Stromoder. Trotz alledem stieg der Wasserstand in den entlang des Polders gelegenen Ortschaften noch bis in die Nachmittagsstunden weiterhin an [Trömel 2008].

Die Bruchstelle, die am Hochwasserdamm am 21. März bei Niederwutzen entstanden war, wurde letztendlich am 20. Mai wieder geschlossen. Die im Laufe des Hochwassers von 1940 an den Pegeln in Kienitz, Groß Neuendorf, Neuglietzen und Hohensaaten-Finow gemessenen Höchstwerte wurden bis heute nicht überschritten und bilden daher historische Höchststände.

AUFSTELLUNG DER HÖCHSTWASSERSTÄNDE WÄHREND DES HOCHWASSERS
1940 AN DEN ODER-PEGELN [Bearbeitung: IMGW-PIB]

Pegel	Beobachteter Höchststand <i>W_{max}</i> (cm)	Datum <i>W_{max}</i>
Eisenhüttenstadt	611	22.03.
Frankfurt (Oder)	585	22.03.
Kietz	599/653*	23.03.
Kienitz	630/628*	22.03.
Groß Neuendorf	636/596*	22.03.
Neuglietzen	712/707*	21.03., 21:00 Uhr
Hohensaaten-Finow	778/729*	21.03., 21:30 Uhr
Stützkow	1026/1009*	23.03.
Schwedt, Oderbrücke	883/886*	24.03.
Gartz	739	25.03.

* Wasserstand während des Hochwassers 1997



WASSERSTANDSGANGLINIEN AN DEN PEGELN NEUGLIETZEN UND HOHENSAATEN-FINOW
IM ZEITRAUM VOM 1. NOVEMBER 1939 BIS 31. JULI 1940 [Bearbeitung: W. Fröhlich]

Hochwasser 1947

Der Winter 1946/47 war sehr lang und außergewöhnlich streng. Die stärksten Fröste wurden am 6. Januar 1947 gemessen und betragen $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Seit dem 17. Dezember 1946 führte die Oder Treibeis. Am Unterlauf des Flusses bei Hohensaaten bildete sich ein Eisstau heraus (18.12), der bis zum 21. Dezember die gesamte Grenzoder bis nach Ratzdorf erfasst hatte. Die Eisdecke war durchschnittlich einen halben Meter dick. Bis Ende Februar 1947 war die Oder zugefroren. Anfang März setzte am Oberlauf der Oder Tauwetter ein, gefolgt von einer Hochwasserwelle, die Mitte März die Grenzoder erreichte. Ihren Höchststand erreichte sie am 23. März in Eisenhüttenstadt bei einem Durchfluss von $2.040\text{ m}^3/\text{s}$. Der hohe Zufluss nachströmenden Wassers brach die Eisdecke auf, am 19. März erreichten die Eisschollen den Pegel in Ratzdorf. Riesige Schollen wurden bei Eisenhüttenstadt an die Uferbereiche geschoben. Ein weiterer Eisstau entstand an der provisorischen Oderbrücke in Frankfurt (Oder). Der am Pegel oberhalb der Brücke beobachtete Wasserstand betrug 610 cm. Am Nachmittag und am Abend des 21. März stiegen die Pegel bei Reitwein und Neu Manschnow nochmals enorm an, woraufhin das Wasser über den Damm trat, der wiederum am 23. März beiderseitig brach. Im Oderbruch wurden fast 60.000 ha Acker- und Grasland sowie 5.000 landwirtschaftliche Betriebe überschwemmt; 17.000 Menschen wurden evakuiert. Auch Todesopfer wurden verzeichnet [Trömel 2008].

Winter 1981/1982

In der zweiten Dezember-Dekade 1981 bildete sich infolge starker Fröste mit Temperaturen von $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ und darunter bei hohen Durchflüssen eine Eisschicht auf dem Fluss aus. Ein erster Eisabgang wurde am 15. Dezember beobachtet, fünf Tage später erreichte der Eisstau die Ortslage Schwedt. In den folgenden sechs Tagen froh die Oder auf einer Länge von ca. 100 km zu. Die Dicke der Eisdecke betrug zwischen 30 cm und 40 cm. Bis zu 2 m mächtige Aufstauungen der Eismassen bildeten sich an den folgenden Flusskilometern heraus: km 680, km 700, km 704-705 und km 713. Infolge dieser Eisstaus war der Abfluss derart erschwert, dass der Wasserstand auf dem Abschnitt Hohensaaten-Schwedt um 1,2 m bis 1,3 m über den bisherigen Mittelwerten anstieg. Am 29. Dezember begann man damit, am Unterlauf der Oder Eisbrecher einzusetzen. Bis zum 5. Januar brach die deutsch-polnische Eisbrecherflotte das Eis auf der Oder auf einer Länge von 80 km auf. Leider setzten zwei Tage später erneut starke Fröste ein, die zu einer Herausbildung eines Eisstaus bis auf Höhe der Ortslage Eisenhüttenstadt führten. Dies ließ die Wasserstände nochmals höher als im Dezember des vorangegangenen Jahres ansteigen [Bericht der Wasserstraßenverwaltung 1982]. Aufgrund zahlreicher Eisstaus mit einer Dicke von einem bis zu zwei Metern, vor allem an km 633, km 647, km 655, km 669 und km 672-677, wurden an vielen Pegeln Höchststände verzeichnet. Der am Pegel Kietz 1982 beobachtete Höchststand wurde erst während des Sommerhochwassers 1997 wieder erreicht.

AUFSTELLUNG DER HÖCHSTWASSERSTÄNDE WÄHREND DES HOCHWASSERS 1982 UND DER VERGLEICH MIT DEN BISHERIGEN HÖCHSTWERTEN [Bearbeitung: W. Fröhlich]

Pegel	Flusskilometer	Datum <i>W_{max}</i>	Wasserstand <i>W_{max}</i> (cm)	Höchststand <i>W_{max}</i> (cm)	Datum <i>W_{max}</i>
Kietz	614,9	15.01.82	651	639	20.03.1888
Kienitz	632,8	13.01.82	620	630	22.03.1940
Neuglietzen	661,6	18.01.82	673	712	21.03.1940
Hohensaaten-Finow	664,9	18.01.82	746	778	21.03.1940
Stützkow	680,5	11.01.82	1018	1085	20.02.1892
Schwedt, Oderbrücke	690,6	11.01.82	883	883	24.03.1940



WASSERSTANDSGANGLINIE AM PEGEL KIETZ (ODER)

[Bearbeitung: W. Fröhlich]

Trotz des unverändert anhaltenden Frostwetters wurden ab dem 14. Januar 1982 erneut Eisbrecher auf der Oder eingesetzt. Oberhalb der Warthemündung wies die Eisdecke eine Dicke von 30-40 cm auf, unterhalb der Warthemündung von 40 cm bis zu 60 cm. Am linken Ufer wurden zeitweise bis zu elf Eisbrecher, am rechten bis zu drei eingesetzt. Aufgrund der Witterungsbedingungen mussten die Arbeiten oftmals unterbrochen werden. Noch immer floss das Eis nicht in den Dammschen See ab. Um das Auftauen der Eisschicht zu beschleunigen, wurde Kühlwasser aus dem Kraftwerk Gryfino in den Fluss eingeleitet. Erst am 12. Februar war die Grenzoder eisfrei; einen Tag später auch die Westoder.

AUSWERTUNG AUSGEWÄHLTER SOMMERHOCHWASSER

Leszek Jelonek, Wiwiana Szalińska, Tamara Tokarczyk, Robert Banasiak

Oder-Hochwasser treten vor allem im Sommer auf. Etwa 75 % aller Hochwasserereignisse folgen auf langanhaltende intensive Niederschläge im Zeitraum zwischen Juni und August [Radczuk, Jakubowski 2005]. Oft kommt es zu einer mehrfachen, d.h. zwei- oder dreifachen Herausbildung von Hochwasserwellen. Dies resultiert aus der jeweiligen Ausprägung der Niederschlagsmengen und ihrer örtlichen Verteilung vor dem Hochwasser, wie ebenso aus den jeweiligen Abflussverhältnissen, die von den Besonderheiten des Einzugsgebiets einschl. der Nebenflüsse bedingt sind.

Im Einzugsgebiet der Oder werden auch Extremhochwasser beobachtet, die von Starkniederschlägen, häufig örtlich nieder gehende Wolkenbrüche und heftige Niederschläge durch Gewitter, verursacht werden. Gehen binnen dreier Tage Niederschlagsmengen von 160-320 mm nieder, kann es unabhängig von den jeweiligen hydrologischen Bedingungen nach einem solchen Starkregen zu katastrophalen Hochwassern kommen [Dubicki 1972].

Im Ergebnis einer Untersuchung der von als kritisch zu bewertenden Niederschlagsmengen im Einzugsgebiet der Oder sowie der hiervon ausgelösten Hochwasserereignissen besonders betroffenen Gebiete konnten die folgenden Szenarien von Oder-Hochwassern unterschieden werden:

1. Kritische Niederschlagsmengen am von Mittelgebirgen geprägten Oberlauf der Oder: Schlesische Beskiden, Odergebirge, Gesenke, Reichensteiner Gebirge, Habelschwerdter Gebirge und Riesengebirge, die zu stark ansteigenden Pegeln am Oberlauf der Oder wie ebenso an allen rechten Nebenflüssen am Ober- und Mittellauf des Flusses führen. Ein Beispiel hierfür ist das Hochwasser von 1997 [Dubicki et al. 1999].
2. Kritische Niederschlagsmengen im von den Mittelgebirgen Odergebirge, Gesenke und Schlesische Beskiden geprägten Quellgebiet des Flusses. Die konzentrische Anordnung von Oder, Olsa und Oppa sowie ihre vergleichbare Länge führen dazu, dass sich Hochwasserwellen auf einem kurzen Abschnitt der Oder von der Oppa-Mündung bis zur Mündung der Ostrawitza überlagern. Die Oppa trägt am häufigsten zum Aufbau des abfallenden Teils der Welle bei, die Olsa wiederum zu länger anhaltenden hohen Wasserständen am Scheitelpunkt der Hochwasserwelle bzw. der Herausbildung einer gesonderten Scheitelwelle. Ein Beispiel hierfür ist das Hochwasser von 1985.
3. Kritische Niederschlagsmengen im Einzugsgebiet der linken Nebenflüsse am Mittellauf der Oder, d.h. Katzbach, Bober und Lausitzer Neiße. Ein Beispiel hierfür ist das Hochwasser von 1965 [Maciejewski et al. 2011].
4. Kritische Niederschlagsmengen im Quellgebiet der Oder, den Einzugsgebieten von Ostrawitza, Olsa und Oppa sowie den rechten Nebenflüssen am Ober- und Mittellauf der Oder. Ein Beispiel hierfür ist das Hochwasser von 2010 [Maciejewski et al. 2011].

Eine Analyse der an den Pegeln entlang der Oder während der Hochwasser von 1813, 1831 und 1854 verzeichneten Wasserstände verweist darauf, dass die Höchststände auf dem Abschnitt Ratibor-Oppeln während des Hochwassers von 1813 auftraten, an den Pegeln Brieg, Ohlau und Breslau im Jahre 1831, sowie vom Pegel Breslau bis zum Pegel Schwedt im Jahre 1854.

Während des Hochwassers von 1854 wurden in Schlesien 1.600 km² Felder, Wiesen, Dörfer, Klein- und größere Städte überschwemmt. Oberhalb des Pegels Breslau wurde ein maximaler Durchfluss von 2.450 m³/s ermittelt, unterhalb von Pegel Glogau betrug er 2.313 m³/s. Unter Wasser standen alle Stadtteile südwestlich des Stadtgrabens in Breslau, vom Bahnhof und einem Teil der Neustadt (Grundwald- bis hin zum Dominikanerplatz), dem Hundsfeld (Psie Pole), Groß Karlowitz (Karlöwice) bis nach Oswitz (Osobowice). In ähnlichem Maße wurde das Stadtgebiet während des Hochwassers von 1997 überschwemmt.

Die Sommerhochwasser von 1902, 1903, 1977 und 1997 waren von hohen Wasserständen und sehr weiten Gebieten der von Überschwemmungen betroffenen Flächen gekennzeichnet. Auslöser waren intensive Regenfälle, die im Allgemeinen im gesamten Gebiet des Ober- und Mittellaufs der Oder niedergingen. Die höchsten Niederschlagsmengen gingen hierbei am Oberlauf der Oder sowie im Einzugsgebiet der Glatzer Neiße nieder, im Jahre 1977 ebenso in einem Streifen vom Riesengebirge bis zum Leobschützer Lößhügelland.

HÖCHSTWASSERSTÄNDE AN DEN PEGELN ENTLANG DER ODER WÄHREND
DER HOCHWASSEREREIGNISSE IM ZEITRAUM 1813-1854 [Bearbeitung: IMGW-PIB]

Pegel	Wasserstand (cm)		
	1854	1854	1854
Ratibor (Racibórz)	-	722	717
Cosel (Koźle), unterer Pegel	715	672	657
Krapnitz (Krapkowice)	811	-	777
Oppeln (Opole), unterer Pegel	604	583	578
Brieg (Brzeg), unterer Pegel	554	591	570
Ohlau (Olawa), unterer Pegel	-	557	544
Breslau (Wrocław), oberer Pegel	727	766	764
Breslau (Wrocław), unterer Pegel	549	534	557
Glogau (Głogów)	502	539	573
Neusalz (Nowa Sól)	-	489	555
Crossen (Krosno Odrz.)	446	475	555
Frankfurt (Oder)	430	447	534
Schwedt	318	354	468

NIEDERSCHLAGSMENGEN AUSGEWÄHLTER SOMMERHOCHWASSER IM 19. JAHRHUNDERT

[Bearbeitung: IMGW-PIB]

Hochwasser- dauer	Einzugsgebiet bis zur Wetter- station	mittlere Nieder- schlags- mengen während des Hoch- wassers (mm)	Maximale Nieder- schlagsmengen		Mittlere maximale tägliche Nieder- schlags- menge (mm)	Niederschlags- index*
			(mm)	Wetterstation		
1902 14-26.06.	Niedane (Miedonia)	234,7	515,0	Kahlberg (Łysa Hora)	53,3	0,23
	Steinau (Ścinawa)	160,8	220,0	Bielendorf (Bielice)	-	-
	Dammvorstadt (Stubice)	-	-	-	-	-
1903 7-12.07.	Miedonia	187,3	395,8	Reihwiesen (Rejviz)	90,1	0,48
	Ścinawa	122,3	294,4	Bielice	62,3	0,51
	Stubice	96,7	122,6	Schneekoppe (Śniezka)	49,4	0,51
1977 30/31.07 – 3/4.08	Miedonia	139,4	256,2	Łysa Hora	52,6	0,38
	Ścinawa	132,3	263,3	Schönau an der Katzbach (Świerzawa)	48,6	0,37
	Stubice	139,2	345,6	Schneekoppe	58,2	0,42
1977 18/19 – 23/24.08	Miedonia	113,9	161,3	Kahlberg	34,2	0,30
	Ścinawa	93,7	131,8	Ketschdorf (Kaczorów)	42,8	0,46
	Stubice	86,8	126,0	Schneekoppe	42,1	0,48
1997 4/5 – 8/9.07	Miedonia	352,4	616,9	Sanče	131,6	0,37
	Ścinawa	146,5	513,0	Zuckmantel (Zlaté Hory)	97,5	0,66
	Stubice	137,3	229,1	Städtisch Hermsdorf (Jarkowice)	86,8	0,63
1997 17/18 – 21/22.07	Miedonia	77,8	96,9	Mszana	29,3	0,38
	Ścinawa	111,2	297,4	Wüstewalters- dorf (Walim)	45,6	0,41
	Stubice	118,0	268,8	Gottesberg (Boguszów)	49,5	0,42

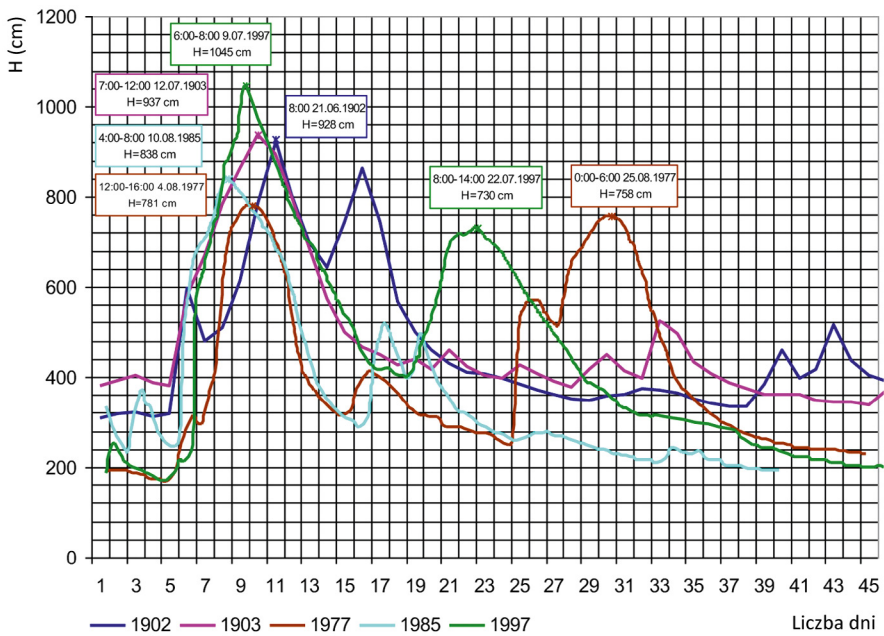
* der Index entspricht dem Produkt aus der mittleren maximalen täglichen Niederschlagsmenge und der durchschnittlichen, während der Hochwasserdauer insg. gemessenen Niederschlagsmenge

Kennzeichnend für das Juni-Hochwasser 1902 waren drei einzelne Scheitelwellen entlang des Abschnitts von Annaberg bis Ohlau. Die Höchststände dauerten zwischen einer bis zu elf Stunden an. Die Scheitelwelle der Glatzer Neiße überlagerte sich mit der Hochwasserwelle entlang der Oder, die daraufhin weiter anstieg. Die Hochwasserwelle entlang des Oderabschnitts von Annaberg bis Dammvorstadt erreichte Wasserstände zwischen 179 cm und 416 cm; die höchste Alarmstufe hielt 7 bis 9 Tage lang an. Auf dem Abschnitt zwischen den Pegeln Brieg Brücke und Dammvorstadt herrschte diese Stufe von 16 Tagen bis zu über einem Monat lang an.

Während des Hochwassers von 1977 überschritten alle der an den Nebenflüssen am Ober- und Mittellauf der Oder gemessenen Pegel die jeweilige Alarmstufe. An 23 Pegeln entlang der Nebenflüsse wurden die bisherigen historischen Höchstwerte überschritten, an 9 sogar zweifach. Die höchsten Alarmstufen im Einzugsgebiet in den Mittelgebirgen und dem Ge-

birgsvorland sowie am Oberlauf der Oder dauerten zwischen 4 bis zu 20 Tage lang an, in den Mündungsabschnitten der Flüsse von 22 bis zu 36 Tage, an der Oder von der Glatzer Neiße bis Malczyce (Malsch a.d. Oder) von 20 bis zu 33 Tage, und unterhalb von Ścinawa bis nach Słubice zwischen 34 und 50 Tage. Obwohl die verzeichneten Höchststände noch unter den während der Hochwasser von 1902 und 1903 beobachteten Pegeln lagen, so zählte das Sommerhochwasser 1977 aufgrund seiner Dauer, des Ausmaßes der Überflutung sowie seiner verheerenden Folgen zu den stärksten Hochwassern in Niederschlesien nach Ende des 2. Weltkrieges.

Bis 1997 galt das Juli-Hochwasser 1903 als das stärkste Oder-Hochwasser überhaupt. Die Wasserstände lagen nur geringfügig unterhalb der 1854 verzeichneten Pegel, während dessen sowohl Wasserstände, wie auch Durchflüsse einigen Quellen zufolge höher ausgefallen waren.



WASSERSTANDSGANGLINIEN DER HOCHWASSER VON 1902, 1903, 1977, 1985 UND 1997 AM PEGEL RACIBÓRZ-MIEDONIA

HYDROLOGISCHE PARAMETER DER HOCHWASSERWELLEN AUSGEWÄHLTER EXTREMHOCHWASSER

[Bearbeitung: IMGW-PIB]

Pegel	HW	Stand zu Beginn H_a (cm)	Stand nach WW H_s (cm)	Höchststand H_{max} (cm)	Datum des Höchststands H_{max}	Uhrzeit des Höchststands H_{max}	Dauer steigender Pegel (Anlauf) T_{iv} (h)	Dauer sinkender Pegel (Ab- lauf) T_o (h)	Laufzeit T (h)	Ablaufzeit Scheitelwelle T (h)	Verhältnis von Anlauf- zu Ablaufzeit $\alpha_s = T_o/T_{iv}$	Formelwert $f = 2/1 + \alpha_s$
Racibórz		310	350	928	21.06.	8 ⁰⁰	169	407	576	17	2,41	0,59
Ścinawa	1902	191	232	556	26.06.	14-24 ⁰⁰	223	600	823	18	2,69	0,54
Ślubice		196	239	468	01.07.	20 ⁰⁰	349	564	913	24	1,62	0,76
Racibórz		380	380	937	12.07.	12 ⁰⁰	120	432	552	13	3,60	0,55
Ścinawa	1903	255	332	657	17.07.	16-22 ⁰⁰	228	384	612	10	1,68	0,75
Ślubice		240	296	575	21/22.07.	20-6 ⁰⁰	218	408	626	3	1,87	0,70
Miedonia	1977 (1. Welle)	168	250	781	04.08.	12-16 ⁰⁰	112	356	468	10	3,18	0,48
Ścinawa		252	367	588	09.08.	18-20 ⁰⁰	214	254	468	16	1,19	0,91
Ślubice		207	389	531	14.08.	4-12 ⁰⁰	260	268	528	18	1,03	0,98
Miedonia	1977 (2. Welle)	168	250	781	04.08.	12-16 ⁰⁰	112	356	468	10	3,18	0,48
Ścinawa		252	367	588	09.08.	18-20 ⁰⁰	214	254	468	16	1,19	0,91
Ślubice		207	389	531	14.08.	4-12 ⁰⁰	260	268	528	18	1,03	0,98
Miedonia	1997 (1. Welle)	246	260	838	10.08.	04-08 ⁰⁰	68	390	458	18	5,73	0,30
Ścinawa		312	320	577	16.08.	08-20 ⁰⁰	216	476	692	2	2,20	0,62
Ślubice		182	240	496	20.08.	20 ⁰⁰	312	648	960	28	3,08	0,49
Miedonia	1997 (2. Welle)	250	250	758	25.08.	0-6 ⁰⁰	130	250	380	18	1,92	0,68
Ścinawa		367	366	606	28.08.	12-24 ⁰⁰	202	266	468	18	1,32	0,86
Ślubice		389	303	553	01.09.	12-14 ⁰⁰	176	480	656	18	2,72	0,54
Miedonia	1997 (insg.)	400	279	730	22.07.	08-14 ⁰⁰	94	336	430	12	3,57	0,44
Ścinawa		160	226	732	15.07.	13-14 ⁰⁰	288	1050	1.338	15	3,65	0,43
Ślubice		174	258	637	27.07.	16-17 ⁰⁰	504	792	1.296	79	1,57	0,77

Es gibt mehrere Faktoren, die bei einem Vergleich der Oder-Hochwasser in den letzten Jahrhunderten Schwierigkeiten bereiten; zum einen zählen hierzu Unsicherheiten hinsichtlich der dargestellten Messungen sowie der jeweils erfolgten Bewertungen des Durchflusses, zum anderen im Wandel begriffene Flächennutzungen einschl. der errichteten wasserbaulichen Anlagen und Bauwerke sowie der wirtschaftlichen Nutzung des Flusses und seiner Auen. Unabhängig hiervon wurden während des Juli-Hochwassers 1997 praktisch alle bisherigen absoluten Höchststände überschritten, vor allem am Ober- und Mittellauf der Oder. Dies bestätigen die an der Glatzer Neiße und ihren rechten Nebenflüssen erhobenen Messdaten, wie ebenso entlang des Oberlaufs der Ohle, der Katzbach sowie des Bober in Jelenia Góra (Hirschberg). Am Oberlauf der Warthe wurden die bisher verzeichneten Höchststände an den Pegeln Działoszyn und Burzenin überschritten, entlang der Widawka in Podgórze. Lediglich an der Grenzoder, vom Pegel Hohensaaten-Finow bis zum Pegel Gryfino waren die Wasserstände während des Hochwassers von 1997 etwas niedriger als beim Frühjahrshochwasser von 1940.

Ein wesentliches Merkmal von Extremhochwassern ist nicht nur ihr enormes Ausmaß, bestimmt von extremen Durchflussmengen und der Volumen einer oder mehrerer Hochwasserwellen, sondern gleichermaßen die erhebliche Dauer von Überschreitungen der Alarmstufen. Am Oberlauf der Oder, bis zur Mündung der Glatzer Neiße, wurden die jeweiligen Alarmstufen 1997 an 8 bis 10 Tagen während der ersten Welle sowie an 5 bis 8 Tagen während der zweiten Welle überschritten. Die Alarmstufen für den Abschnitt von der Neißemündung bis zur Mündung der Katzbach wurden an 22 bis zu 30 Tagen überschritten, unterhalb der Katzbach von 30 bis zu 37 Tagen. Entlang der Oder wurden sie um 285 cm in Chałupki sowie um 630 cm in Rędzin unterhalb von Wrocław überschritten. Am Mittel- und Unterlauf der Oder, wo sie deutliche Merkmale eines Tieflandflusses aufweist, wurden die Alarmstufen um 233-440 cm überschritten. Nur in Widuchowa und Gryfino fielen diese Überschreitungen geringer aus (79-140 cm). Sehr hohe Wasserstände wurden an den Nebenflüssen der Oder verzeichnet, insbesondere entlang der Glatzer Neiße, wo die Alarmstufen um 290-300 cm, lokal um bis zu 500 cm überschritten wurden; an den meisten Pegeln wurden Überschreitungen zwischen 321 cm und 467 cm verzeichnet. Hohe Überschreitungen der Alarmstufen wurden ebenso entlang des Bober (150-310 cm), der Katzbach (150-250 cm), der Oppa (180-298 cm) sowie den Nebenflüssen am Oberlauf der Oder verzeichnet.

Der maximale Durchfluss an den Pegeln Bohumín und Chałupki entlang der polnisch-tschechischen Grenze wurde auf 2.160 m³/s geschätzt, in Miedonia auf 3.102 m³/s, in Koźle, Krapkowice und Opole auf 3.060-3.170 m³/s sowie in Trestno auf 3.640 m³/s. Sehr hohe Durchflussmengen wurden ebenso an den tschechischen Nebenflüssen der Oder verzeichnet, die im Mündungsbereich der Ostrawitzka 898 m³/s und an der Olsa 673 m³/s betragen.

Extrem hohe Durchflüsse verzeichneten die Glatzer Neiße und ihre linken Nebenflüsse. Sie betragen von 741 m³/s in Bystrzyca Kłodzka über 1.340 m³/s in Kłodzko bis zu 1.790 m³/s in Bardo. Entlang der Landecker und Ziegenhalser Biele sowie der Steine betragen die Durchflüsse wiederum von 425 m³/s bis zu 700 m³/s.

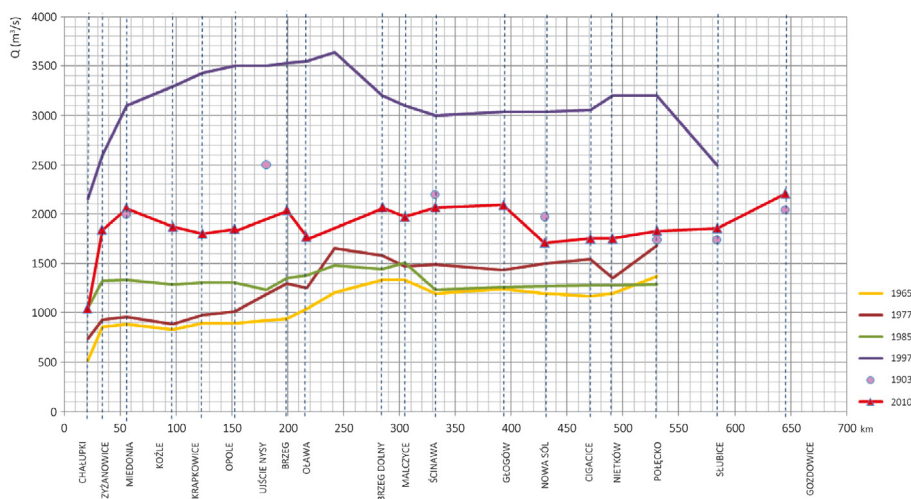
Unterhalb von Wrocław erfolgte aufgrund zahlreicher Überflutungen der hinter den Dämmen gelegenen Flächen eine allmähliche, jedoch systematische Abflachung der Hochwasserwelle. Der

höchste Durchfluss erreichte bei Cigacice einen Wert von 3.050 m³/s, der in Połęczko nur leicht nach Zuflüssen aus dem Bober anstieg.

Ein Vergleich der im Laufe der stärksten Hochwasser verzeichneten historischen Höchststände mit den absoluten Höchstständen des Hochwassers von 1997 gelangt zu dem Ergebnis, dass die niedrigste Hochwasserwelle auf dem Abschnitt vom Chałupki bis Koźle, in Brzeg Dolny und Malczyce, 1977 auftrat, sowie auf den Abschnitten von Opole bis Oława sowie von Ścinawa bis Ślubice im Jahre 1902. Bis 1997 traten die höchsten Wasserstände auf dem Abschnitt von Chałupki bis Brzeg (Brücke) während des Hochwassers von 1903 auf, auf dem Abschnitt von Oława bis Trestno und Ślubice im Jahre 1985. Während der Hochwasser von 1977 und 1997 kam es zu zwei Scheitelwellen, während des Hochwassers von 1902 hatten sich drei Scheitelwellen ausgebildet. Die Hochwasserwellen flachten entlang der Uferbereiche jeweils ab, die Ablaufzeit der Scheitelwelle verlängerte sich von einigen Stunden bis zu mehr als anderthalb Tage. Die höchsten Durchflüsse bei maximalen Wasserständen bewegten sich in folgenden Bereichen: 2.160-3.640 m³/s (1997), 2.000-2.500 m³/s (1903), 776-1.680 m³/s (1977) sowie 1.010 m³/s (1902).

MAßGEBLICHE WASSERSTÄNDE UND DIE ENTSPRECHENDEN HÖCHSTEN DURCHFLÜSSE AN PEGELN ENTLANG DER ORDER FÜR AUSGEWÄHLTE HOCHWASSER [Quelle: IMGW-PIB]

Oder bis zum Pegel	HHW (cm)	Q für HHW (m ³ /s)	NW (cm)	Q für NW (m ³ /s)	Durchflüsse Q (m ³ /s)						
					1902	1903	1977 Welle	1977 Welle	1997 Welle	1997 Welle	1902
Miedonia	630	451	217	61,7	-	-	975	843	3.120	715	-
Ścinawa	477	583	261	196,1	1.058	1.987	1.332	1.494	3.000	1.700	416,6
Nową Sól	459	637	247	195,1	1.010	2.435	1.256	1.498	3.040	1.930	366,7
Połęczko	392	795	211	255,4	1.009	2.280	1.480	1.682	3.200	3.040	181,9
Ślubice	424	900	232	288,8	1.120	1.910	1.609	1.820	2.570	3.000	176,3



MAXIMALE DURCHFLÜSSE DER STÄRKSTEN ODER-HOCHWASSER IM 20. UND 21. JAHRHUNDERT

[Maciejewski et al. 2010]

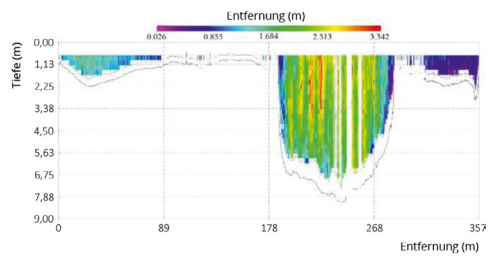
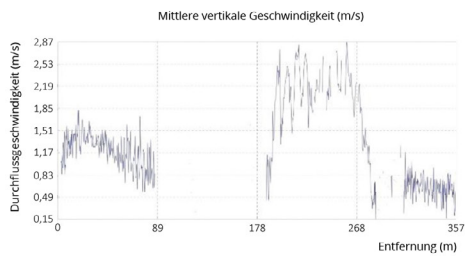
Ein Vergleich der Volumen der Hochwasserwellen war lediglich für die Pegel Nowa Sól und Połëcko möglich, da Angaben für die Jahre 1902 und 1903 hierzu nicht vorliegen. Das größte Gesamtvolumen wies die Hochwasserwelle von Juli 1997 auf: es betrug entsprechend $4.569.828 \text{ m}^3$ (Nowa Sól) und $6.226.278 \text{ m}^3$ (Połëcko), im August 1977 wurden Volumen von $3.077.337$ sowie $3.667.997 \text{ m}_3$, im Juli 1903 von $1.962.990$ und $2.271.618 \text{ m}_3$ sowie im Juni 1902 von $1.214.546$ und $1.386.893 \text{ m}_3$ verzeichnet. Maßgeblichen Einfluss auf Form und Verlauf der Hochwasserwellen hatten wassertechnische Bauwerke, die im letzten Jahrhundert errichtet und den Gegebenheiten stetig angepasst wurden, vor allem Staubecken wie ebenso die angelegten Polder.

Überprüfung der Durchflüsse während der Hochwasser von Juli 1997 und Mai 2010

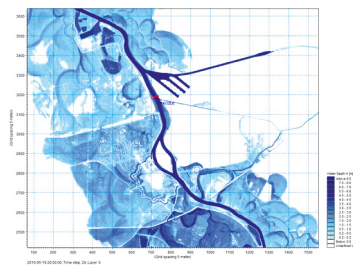
Extremhochwasser bilden stets einen Ausgangspunkt für *a posteriori* durchgeführte Analysen. Vor allem die technischen Weiterentwicklungen der in der Hydrologie und Hydraulik eingesetzten Geräte und Anlagen lassen die Forscher in gewissen zeitlichen Abständen bereits erfasste und beschriebene Probleme erneut untersuchen. Einen Impuls hierzu setzen oft extreme Naturereignisse, wie z. B. das Mai-Hochwasser 2010. Es wurde ausführlich dokumentiert und lieferte viele wertvolle hydrologische und hydraulische Daten. Einen zusätzlichen Anreiz für eine erneute Analyse bildete das 2012 im Rahmen des Projekts „Informationssystem zum Schutz des Landes vor außerordentlichen Gefährdungen (ISOK)“ erstellte numerische Geländemodell des Flusstals in hoher Auflösung. Anhand von Geodaten und GIS-Methoden konnten ein- und zweidimensionale hydrodynamisch-numerische Modelle (d.h. 1D und 2D) des gesamten Odertals erstellt werden. Mit diesen Modellen ist es nunmehr möglich, Durchflüsse zu simulieren, die Verhältnisse zwischen Wasserstand und Durchflussmenge an den Pegeln und auf den Abschnitten zwischen ihnen wie ebenso die Ausbreitung von Hochwassern im Flusstal zu bestimmen.

Hochwasser 2010

Die Überprüfung der Durchflüsse beruhte auf einer Untersuchung der maximalen Durchflussmengen und hydrometrischen Daten, die mithilfe eines ADC gemessen bzw. erhoben wurden, wie auch einer entsprechenden Simulation unter Einsatz hydrodynamisch-numerischer sowie georäumlicher Modelle [Banasiak, Krzyżanowski 2015]. Untersucht wurden hierbei vor allem die Durchflussmengen an den Pegeln in Koźle, Krapkowice, Brzeg, Oława und Nowa Sól. Die jeweils maximalen Durchflüsse wurden auf der Grundlage einer Bewertung des Verhältnisses zwischen Wasserstand und Durchflussmenge an den o.g. Pegeln auf der Grundlage der Pegelschlüsselkurven überprüft. Wesentliche Änderungen wurden an den Pegeln Kędzierzyn-Koźle, Opole, Krapkowice, Brzeg und Nowa Sól ausgewiesen. Die höchsten Durchflüsse bei Oder-Hochwassern bewegten sich auf dem Abschnitt Olsa-



DATEN DER DURCHFLUSSMESSUNG VOM 19.05.2010 AM PEGEL OPOLE GROSZOWICE;
 DATEN FÜR DIE LINKE ÜBERFLUTUNGSTERRASSE SOWIE EINEN TEIL DES GEWÄSSERBETTS
 LIEGEN NICHT VOR (MESSUNG Q004) [Bearbeitung: IMGW-PIB]



2D-SIMULATON DER SCHEITELWELLE DES HOCHWASSERS VON 2010 AM PEGEL KĘDZIERZYN-KOŹLE:
 HYDROMETRISCHE MESSUNG (ADCP) 200 M UNTERHALB DES ROT GEKENNZEICHNETEN PEGELS
 [Bearbeitung: IMGW-PIB]

Mündung bis Głogów im Bereich zwischen $2.000 \text{ m}^3/\text{s}$ bis zu $2.200 \text{ m}^3/\text{s}$ mit örtlich geringen und höheren Werten, in Abhängigkeit von den Zuflüssen aus den Nebenflüssen der Oder sowie der jeweiligen Retention in den Flussauen.

MAXIMALE DURCHFLÜSSE WÄHREND DES MAI-HOCHWASSERS 2010 [Bearbeitung: IMGW-PIB]

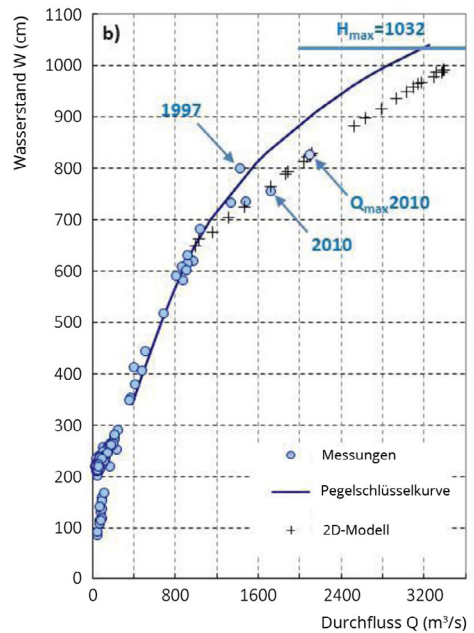
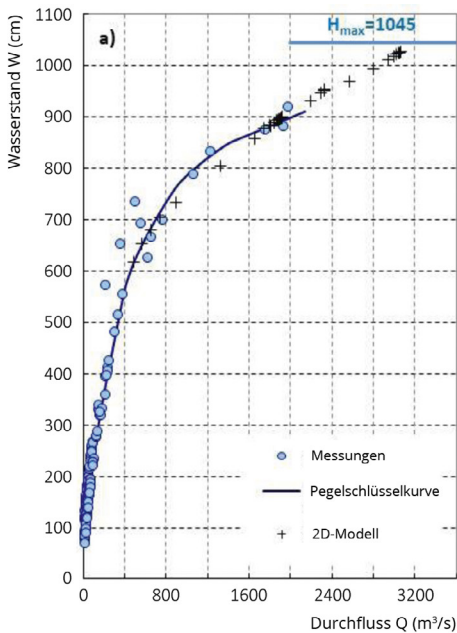
Pegel (Oder)	Flusskilo- meter	Hochwasser 2010					
		Messung des Durchflusses			maximaler Durchfluss		
		[MACIEJEWSKI ET AL. [2010]]		Überprüfung nach R. Banasiak [BANASIAK 2019]	[MACIEJEWSKI ET AL. [2010]]		Überprüfung nach R. Banasiak [BANASIAK 2019]
		<i>H</i> (cm)	<i>Q</i> Messung (IMGW 2011) (m ³ /s)	<i>Q</i> verifiziert (m ³ /s)	<i>H</i> max (cm)	<i>Q</i> max (IMGW 2011) (m ³ /s)	<i>Q</i> max,ver. (m ³ /s)
Chałupki	20.7	644	1.014	1.014	650	1.040	1.040
Krzyżanowice	33.6	880	1.692	1.692	894	1.840	1.840
Miedonia	55.5	881	1.927	1.927	903	2.060	2.060
Koźle	97.2	658	958	1.023	805	1.870	2.100
Krapkowice	123.7	755	15.361	1.723	826	1.800	2.080
Opole	152.2	713	1477	1.520	799	1.850	2.100
Ujście Nysy	180.5	698	15.102	1.869	724	-	2.250
Brzeg Most	199.1	680	1.476	1.530	728	2.040	2.240
Oława Most	216.5	746	1.022	1.080	765	1.780	2.220
Trestno	242.1	650	20.383	2.174	658	-	2.200
Brzeg Dolny	284.7	957	1.970	1.960	959	2.070	N/A
Malczyce	304.8	796	1.959	2.025	805	1.970	N/A
Ścinawa	331.9	664	1.987	2.006	664	2.070	N/A
Głogów	392.9	682	1.871	1.865	686	2.090	N/A
Nowa Sól	429.8	646	16.834	1.615	654	1.710	1.990
Cigacice	470.7	645	1.670	1.771	649	1.760	N/A
Nietków	490.5	638	1.786	1.785	639	1.750	N/A
Połęczko	530.3	549	1.771	1.788	557	1.830	N/A
Ślubice	584.1	574	1.834	N/A	576	1.857	N/A

1) Durchflüsse oberhalb der Straßenböschung auf der rechten Überflutungsterrasse wurden nicht erfasst; 2) Messung 4 km oberhalb der Mündung der Glatzer Neiße; 3) Messung am Pegel Czernica (Eisenbahnbrücke) (km 242,1); 4) Durchflüsse durch den Durchbruch am oberhalb gelegenen Straßendamm blieben unberücksichtigt

Hochwasser 1997

Die maximalen Durchflüsse während des Juli-Hochwassers 1997 direkt zu bestimmen war zum damaligen Zeitpunkt außerordentlich schwierig. Die Wasserstände überschritten die bislang beobachteten Pegelhöchststände bei weitem. Die Oder war über die Vorlandflächen getreten, zahlreiche Dämme brachen, wobei der Durchfluss auf den weiten Auenflächen erfolgte. Ein direktes Ablesen des Wasserstands war während des Abflusses der Scheitelwelle an einigen der Pegel nicht möglich. Ein noch schwierigeres Unterfangen war die Vornahme von Durchflussmessungen. Trotz dieser Schwierigkeiten wurden Beobachtungen durchgeführt. Eine Bestimmung der Durchflussmengen erfolgte hingegen oft anhand von Schätzungen und Extrapolationen, womit unsichere Ergebnisse erzielt wurden, insbesondere mit Blick auf Werte, die die bisherigen Messergebnisse überschritten.

Ausgangspunkt für eine Überprüfung der für das Hochwasser von 1997 zur Verfügung stehenden Daten war eine ausführliche Analyse der Durchflüsse am Breslauer Gewässerknoten während des Mai-Hochwassers 2010 [Banasiak 2017]. Hierzu wurde 2D-Simulationen



VERHÄLTNISS ZWISCHEN WASSERSTAND UND DURCHFLUSS: ERGEBNISSE HYDROMETRISCHER MESSUNGEN, PEGELSCHLÜSSELKURVE SOWIE ZWEIDIMENSIONALES HYDRODYNAMISCH-NUMERISCHES SIMULATIONSMODELL FÜR DIE PEGEL RACIBÓRZ-MIEDONIA UND KRAPKOWICE [Bearbeitung: IMGW-PIB]

für den Gewässerknoten erstellt, sowohl zum Stand vor der Instandsetzung, wie auch nach der Fertigstellung der wasserbaulichen Anlagen und Bauwerke. Auf der Grundlage dieser Modelle wurde festgestellt, dass die maximalen Durchflüsse während des Hochwassers von 1997 für den Pegel Trestno erneut verifiziert werden müssen. Zu ähnlichen Ergebnissen kam man für die Flussabschnitte ober- und unterhalb von Wrocław.

Die Überprüfung der maximalen Durchflüsse für den Abschnitt von der polnisch-tschechischen Grenze bis zum Gewässerknoten erfolgte für die Pegel Racibórz und Krapkowice. Auf Grund der vorliegenden Messungen war es möglich, relativ genaue Verhältnisse von Wasserstand und Durchflüssen zu ermitteln, da sich die Überflutungsfläche während des Hochwassers von 1997 bei Racibórz auf den rechtsufrigen Damm beschränkte, der weder beschädigt noch überschwemmt wurde; der Pegel Krapkowice befindet sich wiederum an einem Flussabschnitt mit natürlichen Auenflächen, die sich in einem verengten Flusstal erstrecken [Banasiak 2019]. Für die Pegel Chałupki, Krzyżanowice, Koźle, Opole, Neiße-mündung, Brzeg, Oława und Trestno war die Bestimmung dieses Verhältnisses hingegen aufgrund ihrer Lage sowie einem Durchfluss bei gebrochenen Deichen in weiten Flussauen erschwert.

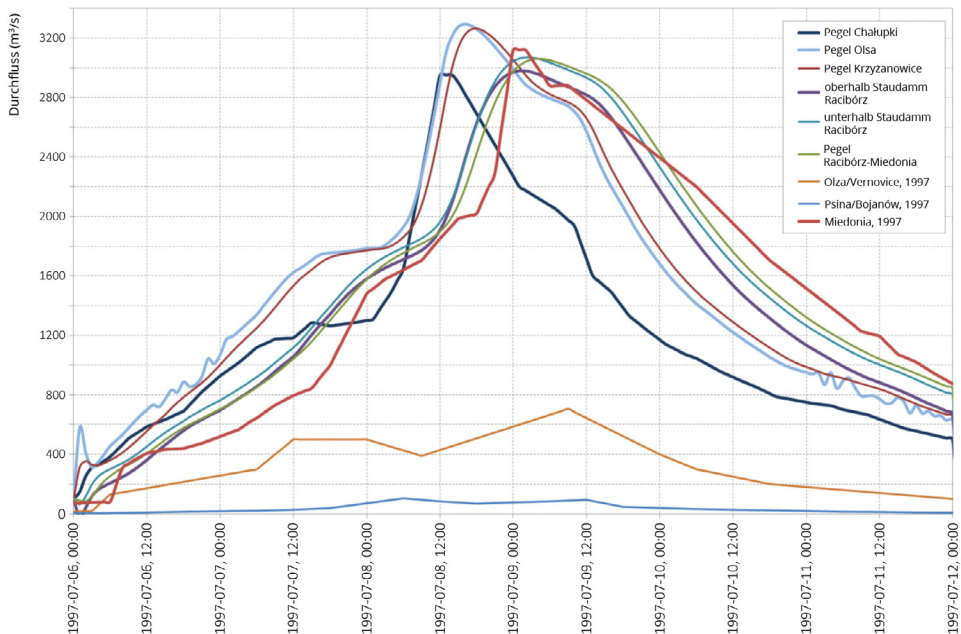
Eine Extrapolation der Pegelschlüsselkurve unter Bezugnahme auf den höchsten Wasserstand W_{max} von 1.045 cm erzielt einen sehr hohen maximalen Durchfluss von mehr als 3.600 m³/s. Das

auf der Grundlage numerischer Berechnungen bestimmte Verhältnis von Wasserstand und Durchfluss verweist auf einen Durchfluss von ca. $3.200 \text{ m}^3/\text{s}$. Die für 1997 für den Pegel Krapkowice zur Verfügung stehenden Messergebnisse weichen erheblich vom Haupttrend ab. Die Messwerte hatten wahrscheinlich den gesamten Durchfluss an diesem Pegel nicht erfasst, was auch während des Hochwassers von 2010 bestätigt wurde (so fehlt eine Messung eines Teils des Durchflusses oberhalb der Straßenböschung auf der rechten Überflutungsterrasse). Die während des Hochwassers von 2010 überprüften Durchflüsse, d.h. anhand von Messungen sowie Bestimmungen der maximalen Durchflüsse an diesem Pegel sowie den Pegeln Opole und Koźle, bestätigen die Schlüsselkurve für Krapkowice entsprechend den 2D-Modellierungen. Das am oberen Bereich der Schlüsselkurve am Pegel Krapkowice annähernd geradlinig verlaufende Verhältnis von Wasserstand und Durchfluss lässt sich auf das hier verengte Flusstal sowie die durch das Tal 1.500 m unterhalb des Pegel verlaufende Böschung wie ebenso die Eisenbahnbrücke zurückführen. Darüber hinaus folgt oberhalb des Pegels die Mündung der Hotzenplotz, die auf diesem Abschnitt einschließlich ihrer Nebenflüsse maßgeblich zum Aufbau der Hochwasserwelle entlang der Oder beigetragen hatte [Strońska, Dubicki 2001]. Daher müssen im Rahmen einer Bewertung der maximalen Durchflüsse stets eine Reihe von Faktoren gleichzeitig berücksichtigt werden. Für den Pegel Krapkowice wurde dieser maximale Durchfluss auf $3.500 \text{ m}^3/\text{s}$ geschätzt, was den Anstieg der Durchflüsse zwischen Racibórz und Krapkowice erklärt.

Für die Hotzenplotz wurden maximale Durchflüsse von $141 \text{ m}^3/\text{s}$ am Pegel Raclawice Śląskie (km 29,85) angegeben. Eine vorläufige Bewertung der Schlüsselkurve für diesen Pegel sowie des Durchflusses im Flusstal (das hier fast ein Kilometer breit und 1-1,5 m tief ist) gelangt jedoch zum dem Rückschluss, dass ein solcher Durchfluss stark unterbewertet ist. So führte die Prudnik (Braune), ein Nebenfluss der Hotzenplotz oberhalb von Raclawice Śląskie fast $200 \text{ m}^3/\text{s}$ Wasser (dieser Wert wurde am Pegel in Prudnik geschätzt). Für das Einzugsgebiet der Hotzenplotz müssen daher gesonderte Untersuchungen durchgeführt werden.

Eine Überprüfung des maximalen Durchflusses am Pegel Chałupki erfolgte im Rahmen einer hydrologischen und hydraulischen Analyse für den Stausee Racibórz [IMGW-PIB 2019]. Zielsetzung der Simulation war es, eine Abflussganglinie für den Pegel Racibórz-Miedonia zu erstellen; die Grundlage hierfür bildete eine rekonstruierte Hochwasserwelle am Pegel Chałupki bei gegebenen Ganglinien von Olsa und Zinna. Im Ergebnis der Simulation wurde der maximale Durchfluss am Pegel Chałupki mit ca. $2.950 \text{ m}^3/\text{s}$ angegeben, was den bislang angegebenen Wert von $2.160 \text{ m}^3/\text{s}$ erheblich überschreitet.

Ein weiterer, direkten Überprüfungen unterzogener Oder-Abschnitt war der Breslauer Gewässerknoten einschließlich des Pegels Trestno, an dem während des Hochwasser sowohl ein Team des IMGW, wie auch Mitarbeiter des Instituts für Umwelttechnik der Naturwissenschaftlichen Universität Wrocław hydrometrische Messungen vorgenommen hatten [Czaban et al. 1998a]. Im Rahmen der Bestimmung der maximalen Durchflüsse am Gewässerknoten wurden ein 2D-Simulationsmodell eingesetzt [Banasiak 2017, 2019]. Die Ergebnisse der Untersuchung führten zu dem Rückschluss, dass der maximale Durchfluss am Gewässerknoten am 12./13. Juli 1997 ca. $3.900 \text{ m}^3/\text{s}$ betragen hat.



SIMULATION DER HOCHWASSERWELLE VON JULI 1997 FÜR DEN ABSCHNITT CHALUPKI – RACIBÓRZ
[Bearbeitung: IMGW-PIB]

MAXIMALE DURCHFLÜSSE WÄHREND DES JULI-HOCHWASSERS 1997 AM BRESLAUER GEWÄSSERKNOTEN
[Bearbeitung: IMGW-PIB]

Pegel	maximaler Durchfluss (m ³ /s)		
	Czaban et al. [1998a]	Radczuk et al. [1999]	verifizierte Werte
Fußgängerbrücke beim Zoo	2.270 (2.240)	2.084	2.270
Friedensbrücke	1.350 (1.430)	1.226	1.300
Tiergartenbrücke	920 (1.010)	858	970
Nakonzbrücke	1.450 (1.360)	1.409	1.360
Oder-Weide.Kanal	185 (270)	160	220-330
insg.	3.950 (4.070)	3.640*	3.850-3.960

* eindimensionales Simulationsmodell der Verteilung am Breslauer Gewässerknoten für einen gegebenen Durchfluss Q von 3.640 m³/s

Die maximalen Durchflüsse an den Pegeln oberhalb von Wrocław wurden wiederum auf der Grundlage von Simulationen sowie zur Verfügung stehender hydrologischer Daten der Zuflüsse vor allem aus der Glatzer Neiße und des Einflusses der Retention in den Flussauen bestimmt. Die Ergebnisse weisen auf einen maximalen Durchfluss am Gewässerknoten von fast 4.000 m³/s hin. Die Annahme, dass die Durchflüsse unterhalb des Gewässerknotens höhere Werte aufwiesen, ist begründet, da hier zuvor das weite Odertal überflutet wurde [Dubicki 2012]. Am Pegel Neiße mündung (Glatzer Neiße) wird von maximalen Durchflüssen von 4.300 m³/s ausgegangen, überlagerten sich hier doch die Hochwasserwellen entlang von Oder und Glatzer Neiße [Dubicki et al. 1999]. Die Glatzer Neiße hatte die Scheitelwelle dabei nur kurz vor der Hochwasserwelle entlang der Oder passiert; ihr maximaler Durchfluss

wurde auf $1.200 \text{ m}^3/\text{s}$ geschätzt, bei einem maximalen Abfluss aus dem Neißer Stausee von $1.500 \text{ m}^3/\text{s}$ [IKSO 1999; Kosierb 2017]. Unterhalb des Pegels Brzeg floss das Hochwasser nicht nur am Pegel selbst, sondern aufgrund von Damnbrüchen ebenso im Tal von Oder und Stober, anschließend der Smortave, ab. Die Mehrheit der Wassermassen umströmte hierbei die Pegelmessstelle in Oława entlang des Polders Linden-Ohlau (durch das Stadtgebiet von Oława mochten maximal $1.200\text{-}1.250 \text{ m}^3/\text{s}$ abgeflossen sein). Daraufhin brachen wiederum Dämme bei Siechnice (Tschechnitz), was schließlich zu einer Überschwemmung von Wrocław aus südöstlicher Richtung führte.

Eine weitere Untersuchung wurde für den Flussabschnitt unterhalb von Wrocław durchgeführt. Auf Höhe des Pegels Brzeg Dolny (Dyhernfurth) stieg die Hochwasserwelle bis auf Höhe des Vorlands an, der maximale Durchfluss betrug hier $3.200 \text{ m}^3/\text{s}$. Zu Damnbrüchen kam es unterhalb dieses Pegels. Im Rahmen eines 2D-Simulationsmodells konnte der Einfluss der Schäden an diesen Dämmen auf den Wasserstand am Pegel – d.h. ihr Absinken – bestätigt werden, womit belegt werden kann, dass der maximale Durchfluss ca. $3.500 \text{ m}^3/\text{s}$ betrug [Banasiak 2019].

Flussabwärts erfolgte aufgrund der Retention in den Flussauen eine erhebliche Reduktion des maximalen Durchflusses. Am Pegel Głogów floss die Hochwasserwelle innerhalb der Dämme (bis auf Höhe des Vorlands) ab, wobei der Durchfluss ca. $2.300 \text{ m}^3/\text{s}$ betragen hatte; dies ist wesentlich weniger als der zuvor angegebene Wert von $3.040 \text{ m}^3/\text{s}$. Diese erhebliche Reduktion im Vergleich zum Pegel Ścinawa resultiert aller Wahrscheinlichkeit nach aus Damnbrüchen und den daraufhin folgenden Überschwemmungen der Oderaue auf dem Abschnitt bis zur Mündung der Bartsch.

Ein etwas geringerer Durchfluss von ca. $2.200 \text{ m}^3/\text{s}$ wurde für den Pegel Nowa Sól festgestellt. Kennzeichnend für den Flussabschnitt, an dem sich diese Pegelmessstelle befindet, ist seine komplexe Topographie; auch der Abfluss von Hochwassern erfolgt unter sehr spezifischen Bedingungen. Am rechten Ufer oberhalb des Pegels fließt ein Teil oberhalb des Straßendamms ab, im Anschluss hieran, unterhalb des Pegels, direkt in das hiesige Odertal. So war es sowohl während des Hochwassers von 1997, wie auch während des Hochwassers von 2010, als der Straßendamm während der Messungen auf Höhe der Straßenbrücke in Nowa Sól brach. Der Durchfluss an dieser Stelle blieb bei den Messungen unberücksichtigt.

Für die Pegel unterhalb von Nowa Sól wecken die an der Schlüsselkurve abgelesenen Durchflussmengen keine Zweifel mehr, wobei bei der Ermittlung der maximalen Durchflüsse in Cigacice und Nietków Durchflüsse berücksichtigt werden müssen, die im Rahmen von Überschreitungen der Dammkronen erfolgen. Ihr Anteil am Gesamtdurchfluss ist jedoch unwesentlich. Am Pegel Połocko beträgt der Gesamtdurchfluss ca. $2.250 \text{ m}^3/\text{s}$ einschließlich der Zuflüsse aus dem Bober. Der Höchststand an diesem Pegel wurde am 24. Juli 1997 verzeichnet. Durchflussmessungen, die bei Eisenhüttenstadt von den deutschen Behörden an der Grenzoder vom 22.-26 Juli vorgenommen wurden, gelangten zu Ergebnissen von $1.823\text{-}2.193 \text{ m}^3/\text{s}$, was den am 27. Juli in Słubice gemessenen maximalen Durchfluss von $2.525 \text{ m}^3/\text{s}$ bestätigt, der bereits Zuflüsse aus der Lausitzer Neiße (km 542,4) berücksichtigt.

MAXIMALE DURCHFLÜSSE WÄHREND DES JULI-HOCHWASSERS 1997 [Bearbeitung: IMGW-PIB]

Pegel	Flusskilometer	Maximaler Durchfluss (m ³ /s)		
		Radczyk et al. [1998]	Dubicki et al. [1999]	verifizierte Werte
Chałupki	20,7	2.160	2.160	2.950
Krzyżanowice	33,6	2.600	2.880	3.100
Miedonia	55,5	3.100	3.120	3.120
Koźle	97,2	3.290	3.060	3.200
Krapkowice	123,7	3.430	3.170	3.500
Opole	152,2	3.500	3.100	3.400
Neißemündung	180,5	3.500	-	4.300
Brzeg	199,1	3.530	3.530	4.200
Oława	216,5	3.550	3.550	4.100
Trestno	242,1	3.640	3.640	3.900
Brzeg Dolny	284,7	3.200	3.200	3.500
Malczyce	304,8	3.100	3.100	3.300
Ścinawa	331,9	3.000	3.000	3.000
Głogów	392,9	3.040	3.040	2.300
Nowa Sól	429,8	3.040	3.040	2.200
Cigacice	470,7	3.050	3.050	2.150
Nietków	490,5	3.200	3.200	2.100
Połęcko	530,3	3.200	3.200	2.250
Ślubice	584,1	2.500	2.500	N/A

REDUZIERUNG VON HOCHWASSERRISIKEN: IST-ZUSTAND UND AUSBLICK

Tamara Tokarczyk, Andrzej Tiukało

Die Erhöhung der Sicherheit der Bürger:innen sowie vor allem eine Verringerung bzw. Vermeidung hochwasserbedingter nachteiliger Folgen auf einzelne Schutzgüter bilden die wichtigsten Anliegen und Aufgaben der für einzelne Flussgebietseinheiten vorgelegten Hochwasserrisikomanagementplänen. Die Verpflichtung zur Aufstellung dieser Pläne ergibt sich aus der Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates über die Bewertung und das Management von Hochwasserrisiken (HWRM-RL), kurz als EU-Hochwasserrichtlinie bezeichnet. Die Umsetzung dieser Richtlinie in nationales Recht erfolgte in Polen im Rahmen der Gesetzgebung zum Wasserrecht.

Übergeordnetes Ziel ist ein den jeweiligen Festlegungen entsprechendes Management der Risiken, die von Hochwassern für die menschliche Gesundheit, die Umwelt, das Kulturerbe sowie wirtschaftliche Tätigkeiten und erhebliche Sachwerte ausgehen. Die Aufstellung der Risikomanagementpläne hierzu erfolgt in drei Abschnitten: erstens einer vorläufigen Bewertung des Hochwasserrisikos, zweitens die Erstellung von Hochwassergefahrenkarten und Hochwasserrisikokarten, sowie drittens eine Beschreibung der Ziele des Hochwasserrisikomanagementplans.

In den Hochwasserrisikomanagementplänen werden Ziele des Risikomanagements sowie auf ihre Umsetzung abzielende Maßnahmen festgelegt, um nachteilige Folgen eines Hochwassers für die jeweiligen Schutzgüter zu verringern bzw. zu vermeiden. Dies betrifft sowohl Maßnahmen des technischen Hochwasserschutzes, wie auch insbesondere nicht-bauliche Maßnahmen der Hochwasservorsorge. Hochwasserrisikomanagementpläne bilden ihrerseits die Grundlage für planerische Abläufe, um die von den beteiligten Stellen ergriffenen Maßnahmen einzubinden sowie je nach ihrem Zuständigkeitsbereich (d.h. Wasserwirtschaft, Raumordnung und Regionalplanung, Krisenmanagement, Kulturerbe, Naturschutz, etc.) aufeinander abzustimmen. Die wichtigsten Aufgaben und Anliegen des Hochwasserrisikomanagements sind:

- Vermeidung neuer Hochwasserrisiken,
- Reduktion bestehender Hochwasserrisiken,
- Verbesserung der Hochwasservorsorge und des Risikomanagements.

Bezogen auf internationale Flussgebietseinheiten ist eine Zusammenarbeit zwischen den einzelnen Staaten, in denen diese Einzugsgebiete gelegen sind, im Rahmen des Hochwasserrisikomanagements erforderlich. Die Hochwasserrichtlinie ist von einem interdisziplinären Zugang geprägt und erfordert eine zwischenstaatliche Koordinierung von Maßnahmen für Flussgebietseinheiten, die sich über das jeweilige Hoheitsgebiet eines Mitgliedstaats erstrecken. Es gilt der Grundsatz der Solidarität. Für die Oder als internationale Flussgebietseinheit (IFGE Oder) wurde von der IKSO ein gemeinsamer Hochwasserrisikomanagementplan vorgelegt. Hierzu heißt es in der Hochwasserrichtlinie: „Im Interesse der Solidarität dürfen Hochwasserrisikomanagementpläne, die in einem Mitgliedstaat erstellt werden, keine Maßnahmen enthalten, die aufgrund ihres Umfangs und ihrer Wirkung das Hochwasserrisiko anderer Länder flussaufwärts oder flussabwärts im selben Einzugs-

gebiet oder Teileinzugsgebiet erheblich erhöhen, es sei denn, diese Maßnahmen wurden koordiniert und es wurde im Rahmen des Artikels 8 zwischen den betroffenen Mitgliedstaaten eine gemeinsame Lösung gefunden.“ Dieser Grundsatz und seine Umsetzung durch die am Ober- und Unterlauf der Oder gelegenen Mitgliedstaaten nimmt im Plan für die IFGE Oder eine große Rolle ein.

Im internationalen Hochwasserrisikomanagementplan (IntHWRP) für die IFGE Oder werden zusammenfassend von der Republik Polen, der Tschechischen Republik sowie der Bundesrepublik Deutschland ergriffene Maßnahmen dargelegt, die jeweils mit grenzüberschreitenden Auswirkungen einhergehen; ebenso wird auf eine erforderliche Koordinierung der Maßnahmen verwiesen. Der Plan wurde in sechs Bearbeitungsgebiete unterteilt: Ober-, Mittel- und Unterlauf der Oder, Lausitzer Neiße, Warthe und Stettiner Haff.

Im Einzugsgebiet der Oder wurden als vorrangige Schutzgüter ausgewiesen: menschliche Gesundheit, Umwelt, Kulturerbe sowie wirtschaftliche Tätigkeit und erhebliche Sachwerte. Als Ziel für das Schutzgut „menschliche Gesundheit“ wird die Vermeidung oder Verringerung nachteiliger hochwasserbedingter Folgen für den Menschen selbst wie auch für Gebäude angegeben, in denen sich Personen mit eingeschränkter Entscheidungsfähigkeit, Wahrnehmung oder Mobilitätseinschränkungen aufhalten können. Als Ziel für das Schutzgut „Umwelt“ wird die Vermeidung oder Verringerung der nachteiligen hochwasserbedingten Folgen insbesondere auf Schutzgebiete (z. B. FFH- und Trinkwasserschutzgebiete) sowie ferner auf potenzielle Verschmutzungsquellen, wie z. B. Kläranlagen, verstanden. Als Ziel für das Schutzgut „wirtschaftliche Tätigkeit“ wird die Vermeidung oder Verringerung hochwasserbedingter nachteiliger Folgen für die Industrieproduktion, die Landwirtschaft sowie den Handel einschließlich Verkehrsinfrastruktur und Gebäude genannt. Hinsichtlich des Ziels für das Schutzgut „Kulturerbe“ wird die Vermeidung oder Verringerung der hochwasserbedingten nachteiligen Folgen für schützenswerte Kulturerbestätten verstanden, wozu zumindest die anerkannten UNESCO-Weltkulturerbestätten und weitere hochwasserempfindliche Objekte zu zählen sind.

Eine Umsetzung dieser Ziele erfolgt wiederum bezogen auf die jeweiligen detaillierten Ziele in allen drei Abschnitten bzw. Aspekten des Hochwasserrisikomanagements, d.h. vor dem Eintreten eines Hochwassers, während eines Hochwassers sowie nach einem Hochwasser. Die detaillierten Ziele sind ihrerseits auf eine Reduktion konkret festgestellter Hochwasserrisiken einschließlich der potentiellen Betroffenheit hiervon gefährdeter Gebiete wie ebenso auf die Stärkung von Fähigkeiten zur Bewältigung eventueller Hochwasserfolgen seitens derjenigen Menschen bezogen, die in hochwassergefährdeten Gebieten wohnen.

Eine Analyse des bisherigen Hochwasserrisikomanagements für das Einzugsgebiet der Oder einschließlich der Erhebung und Diagnose von Problemen, die einen Einfluss auf das bestehende Hochwasserrisiko nehmen, erfolgte auf der Grundlage folgender Einzelaspekte: (i) Effektivität der Nutzung des natürlichen Wasserrückhalts; (ii) baulicher Zustand von Bauten und Anlagen, die für den Hochwasserschutz von Bedeutung sind; (iii) Wirksamkeit von Vorhersagen und Frühwarnsystemen bzgl. extremer Wetter- und hydrologischer Ereignisse; (iv) Krisenreaktionssysteme im Falle von Hochwassergefährdungen einschließlich der Dokumentation des Verlaufs von Hochwasserereignissen sowie der Erhebung von Schäden; (v) auf die Errichtung, Instandsetzung bzw. Sanierung

wasserbaulicher Anlagen und Bauwerke gerichtete Pläne und Investitionsprogramme im Rahmen des technischen Hochwasserschutzes; (vi) Pläne und Programme im Rahmen nicht-baulicher Maßnahmen der Hochwasservorsorge.

Im Ergebnis dieser Analyse wurden folgende Faktoren benannt, die zu einer Erhöhung des Hochwasserrisikos im Einzugsgebiet der Oder beitragen:

1. Ein unzureichender Unterhaltungszustand der Dämme und Deiche führt zu einer erhöhten Schadensanfälligkeit.
2. Nicht den technischen Anforderungen genügende Parameter der Dämme und Deiche erhöhen das Risiko von Überflutungen der Damm- bzw. Deichkronen.
3. Eine ungenügende Durchlässigkeit des wasserseitigen Vorlands, bedingt durch zu eng bemessene Abstände der Dämme bzw. Deiche oder einer Begrenzung des Durchflussquerschnitts, führt zu einer Erhöhung der Pegelhöchststände.
4. Es fehlt an einem systemischen Schutz der technischen Infrastruktur und Gebäude in überschwemmungsgefährdeten Gebieten im Falle von Störungen oder Überflutungen der Dämme bzw. Deiche.
5. Es fehlt an einem systemischen Schutz von Individualgütern unabhängig von den Aufgaben und Zuständigkeiten der Alarm- und Einsatzkräfte.
6. Die Hochwasser(früh-)warn- und Vorhersagesysteme sowie ggf. zur Anordnung von Evakuierungen sind ungenügend entwickelt.
7. Möglichkeiten einer zielgerichteten Erweiterung und Umgestaltung von Hochwasserpoldern blieben ungenutzt.
8. Möglichkeiten eines Baus von Trockenbecken wurden nicht genutzt.

Darüber hinaus wurde auf die Notwendigkeit verwiesen, Maßnahmen in den folgenden Bereichen zu ergreifen:

- im Rahmen der Vermeidung neuer Hochwasserrisiken: (i) Erhaltung und Erweiterung des Retentionsvermögens in der Gewässerregion, (ii) Rückbau und/oder Beschränkung der Landnutzung in besonders hochwassergefährdeten Gebieten, (iii) Festlegung der Voraussetzungen für eine mögliche Nutzung eingedeichter Flächen, (iv) Beschränkung der Landnutzung sowie Festlegung von Bestimmungen zur Nutzung von Gebieten, in denen eine niedrige Wahrscheinlichkeit von Hochwasserereignissen besteht;
- im Rahmen der Reduktion bestehender Hochwasserrisiken sollen die Landnutzung beschränkt sowie die Vulnerabilität von Bevölkerung und Gebäuden verringert werden;
- im Rahmen der Verbesserung der Hochwasservorsorge und des Risikomanagements sollen vor allem verbessert werden: (i) Vorhersage- und (Früh-)Warnsysteme bzgl. extremer Wetter- und hydrologischer Ereignisse, (ii) Effektivität der Krisenreaktion von Menschen, Unternehmen und öffentlichen Einrichtungen, (iii) Effektivität von Maßnahmen zur Wiederherstellung und Rückkehr zum Zustand vor dem Hochwasser, (iv) Erstellung von Analysen nach dem Hochwasser sowie Entwicklung rechtlicher und finanzieller Instrumente, die bestimmte, einer Erhöhung des Hochwasserschutzes dienende Verhaltensweisen fördern

wie ebenso von Bildungsprogrammen, die Bewusstsein und Kenntnisse über die Ursachen von Hochwassergefährdungen und -risiken verbessern.

In den (nationalen) Hochwasserrisikomanagementplänen für die Flussgebietseinheit Oder wird besonderer Nachdruck auf Maßnahmen zur Vorbeuge nachteiliger Folgen sowie die Bereitstellung und Wiederherstellung natürlicher Rückhalteflächen gelegt. Ebenso wird die Notwendigkeit hervorgehoben, Programme zur Vermittlung von Kenntnissen und Kompetenzen der in hochwassergefährdeten Gebieten lebenden Menschen einschließlich ihres Bewusstseins um Ursachen, Folgen und Risiken bereitzustellen und zu verbessern, u.a. im Rahmen der öffentlichen Bereitstellung und Besprechung von Hochwassergefahrenkarten und Hochwasserrisikokarten, Plänen des operationellen Hochwasserschutzes sowie Evakuierungsplänen wie ebenso, die betroffene Bevölkerung dazu anzuregen, eigene, „heimische“ Pläne im Rahmen der Reaktion auf Hochwassergefährdungen aufzustellen. Hochwasserrisikomanagementpläne werden für bestimmte Zyklen aufgestellt; in jedem weiteren Zyklus erfolgt eine Überprüfung und ggf. entsprechende Aktualisierung der im vorgegangenen Zyklus ergriffenen Maßnahmen.

ZUSAMMENFASSUNG

Mariusz Adynkiewicz-Piragas, Tamara Tokarczyk

Eine der wesentlichsten Merkmale des Einzugsgebiets der Oder ist seine außerordentliche geographische Vielfalt. Der Süden des Einzugsgebiets ist von Mittelgebirgen geprägt, der Mittellauf des Flusses von Tiefland, und im Norden folgt die Küstenlandschaft der Ostsee. Dies bedingt eine hohe Variabilität der Ableitung in Verbindung mit dem Abflussregime. Zweifelsohne zählen Hochwasser zu den bedeutendsten Ereignissen, deren Struktur und Art sich in Mittelgebirgen wesentlich von denen im Tiefland unterscheiden. Die in den letzten Jahrhunderten beobachteten Hochwasser stellen eindrücklich unter Beweis, dass Extremereignisse dieser Art für die hier beschriebene Region typisch sind, wobei ihr Verlauf, ihre Dauer und der Zeitpunkt ihres Auftretens wie ebenso ihre Intensität in erheblichem Maße von morphologischen Merkmalen abhängig sind. Eine wichtige Rolle nehmen hierbei die Schwankungen der klimatischen Verhältnisse im Jahresverlauf ein, der wiederum die Art der beobachteten Hochwasserereignisse beeinflusst. Von nicht unwesentlicher Bedeutung sind hierbei anthropogene Einflüsse, die über viele Jahre hinweg vor allem infolge einer übermäßigen Regulierung der Oder und ihrer Nebenflüsse dazu beigetragen hatten, dass sogar im Tiefland die Intensität von Hochwassern deutlich zugenommen hat.

All diese Aspekte sind für diese Region angesichts des fortschreitenden Klimawandels von wesentlicher Bedeutung. Sowohl die beobachteten Trends, wie auch die Prognosen verweisen darauf, dass künftig extreme Wetterereignisse wie einerseits Dürreperioden, und andererseits Starkregen wesentlich häufiger auftreten werden. Extremniederschlagsereignisse wiederum können aufgrund ihrer zunehmenden Frequenz und Menge zu häufigeren Überschwemmungen und verheerenden Hochwassern führen, was im Kontext einer immer intensiveren Bebauung von Flächen in unmittelbarer Nähe zu den Flüssen nicht nur mit höheren wirtschaftlichen Schäden verbunden sein kann, sondern ebenso mit unvermeidlichen Todesfällen einhergeht. Einige Klimaprognosen gehen davon aus, dass es neben eines Anstiegs der Häufigkeit von Extremniederschlagsereignissen ebenso zu höheren jährlichen Niederschlagsmengen kommen wird, was einen erheblichen Einfluss auf das Abflussregime nehmen wird. Darüber hinaus sollte daran erinnert werden, dass flussnah gelegene Gebiete oft als wertvolle Naturräume gelten, wovon bereits die im Rahmen des Schutzgebietsnetzes Natura 2000 zahlreich ausgewiesenen FFH- und Vogelschutzgebiete zeugen. In den letzten Jahren werden sie immer häufiger zu touristischen Zwecken genutzt. Dies betrifft vor allem die engen Flusstäler in den Sudeten, wo die an die Flüsse anliegenden Gebiete häufig (vor allem mit Beherbergungseinrichtungen) bebaut sind. Unter Berücksichtigung des typischen Verlaufs von Hochwassern in Gebirgen geht hiervon eine unmittelbare Gefährdung für die sich dort aufhaltenden Menschen aus. Hinsichtlich einer erhöhten Dürrehäufigkeit ist aufgrund einer Wasserknappheit von Nutzungskonflikten auszugehen, wobei ebenso Wasserkraftwerken nicht mehr genügend Wasser zur Verfügung stehen könnte.

Daher ist es besonders wichtig, im gesamten Einzugsgebiet der Oder Maßnahmen im

Rahmen einer nachhaltigen Wasserwirtschaft umzusetzen. Wie in vorliegender Monographie dargelegt, gibt es viele Kommissionen, die auch im Rahmen der deutsch-polnischen sowie der tschechisch-polnischen Zusammenarbeit tätig sind und deren wesentlichsten Aufgaben darin bestehen, die Wasserressourcen unter Einhaltung der Grundsätze einer nachhaltigen Entwicklung optimal zu nutzen. Die globale Erwärmung und ihre Folgen stellen die Entscheidungsträger vor neue Herausforderungen, deren Ziel darin besteht, die derzeit ergriffenen Maßnahmen und aufgestellten Pläne an die Folgen und Bedingungen des Klimawandels anzupassen. In eben diesem Kontext müssen sowohl die charakteristischen Merkmale der bisherigen Hochwasserereignisse, wie auch Fragen im Zusammenhang mit dem Zugang zur Ressource Wasser für die unterschiedlichsten Wirtschaftszweige, u.a. Wasserwirtschaft, Umweltwirtschaft, Tourismus und Verkehr, wie ebenso der Gewährleistung der Sicherheit der Menschen berücksichtigt werden. Da es sich bei der Oder um eine internationale Flussgebietseinheit handelt, ist es angezeigt, die Zusammenarbeit mit den deutschen und tschechischen Partnern zu intensivieren, um eine optimale Nutzung der ergriffenen Maßnahmen sicherstellen zu können.

In vorliegender Monographie werden umfangreiche Informationen über das Einzugsgebiet der Oder dargelegt, die sowohl die natürlichen Bedingungen der Region sowie Beschreibungen der stärksten Hochwasser in den letzten Jahrhunderten umfassen, wie auch Problemstellungen der Wasserwirtschaft und andere sozioökonomische Herausforderungen erörtern. Die beispielhaft angeführten Hochwasser sollen einen Anreiz dazu geben, Maßnahmen zu ergreifen und umzusetzen, die diesen Ereignissen vorbeugen, ihre Folgen beseitigen sowie Analysen und Untersuchungen durchzuführen, die die Kosten möglicher Hochwasser jeweils auf einzelne betroffene Gebiete abschätzen. Zugleich können die vorgestellten Angaben zur Regulierung des Flusses sowie der Ergebnisse hydrologischer Messungen einen maßgeblichen Beitrag zur Bewertung der Effektivität der Wasserbewirtschaftung und des Hochwasserrisikomanagements leisten. Die Angaben über die vielfältigen wertvollen Naturräume können wiederum von Naturschutzbehörden und Umweltverbänden wie ebenso von Organisationen genutzt werden, die Pläne im Zusammenhang mit der Tourismusförderung erstellen. Letztlich bildet vorliegende Monographie eine wertvolle Wissensquelle für alle an der Geschichte der Oder-Hochwasser interessierte Akteure. Wir hoffen darauf, dass sie sich eines großen Interesses erfreuen und wohlwollend aufgenommen werden wird.

LITERATURVERZEICHNIS

- Bachman C., 1825, Talsperren im Queis bei Marklissa und Goldentraum, Hirschberg, abrufbar unter: <https://orka.bibliothek.uni-kassel.de/viewer/fulltext/1401701275801/1/>.
- Bajkiewicz-Grabowska E., 2005, Wezbranie [Hochwasser], in: Wielka Encyklopedia PWN, Bd. 29, PWN
- S.A. Warszawa, 117-118.
- Banasiak R., 2017, Dwuwymiarowe modelowanie hydrodynamiczne Wrocławskiego Węzła Wodnego i przejścia powodzi w maju 2010 r. [Eine zweidimensionale hydrodynamisch-numerische Modellierung des Breslauer Gewässerknotens und der Abfluss des Mai-Hochwassers 2010], Gospodarka Wodna 10, 297-302.
- Banasiak R., 2018, Ocena przepustowości Wrocławskiego Węzła Wodnego przed i po modernizacji, Gospodarka Wodna [Zur Bewertung der Durchlässigkeit des Breslauer Gewässerknotens vor und nach seiner Sanierung], 2, 44-50.
- Banasiak R., 2019, Verification of the peak flow rates of the July 1997 flood in the upper and middle Odra River, Acta Scientiarum Polonorum. Serie Formatio Circumiectus, 18 (1), 3-14, DOI: 10.15576/ASP.FC/2019.18.1.3.
- Banasiak R., Krzyżanowski M., 2015, Flood flows in the Odra River in 2010 – quantitative and qualitative assessment of the ADCP data, Meteorology Hydrology and Water Management, 3 (1), 11-20, DOI: 10.26491/mhwm/42625.
- Bekmann B.L., 1751, Historische Beschreibung der Chur und Mark Brandenburg: nach ihrem Ursprung, Einwohnern, Natürlichen Beschaffenheit, Gewässer, Landschaften, Stäten, Geistlichen Stiftern & Regenten, deren Staatsund Religions-Handlungen, Wapen, Siegel und Münzen, Wohlverdienten Geschlechtern Adelichen und Bürgerlichen Standes, Aufnehmen der Wissenschaften und Künste in derselben (1751-1753), abrufbar unter: <https://opacplus.bsb-muenchen.de/title/BV010850444> (17.12.2019).
- Born A., 1948, Regulacja Odry i rozbudowa urządzeń technicznych [Die Regulierung der Oder und der Ausbau der technischen Anlagen], in: Monografia Odry, A. Grodek (Hrsg.), Instytut Zachodni, Poznań, 419-551.
- Büreau des Wasserausschusses, 1896, Der Oderstrom, sein Stromgebiet und seine wichtigsten Nebenflüsse. Herausgegeben vom Bureau des Ausschusses zur Untersuchung der Hochwasserverhältnisse. 36 Kartenbeilagen Band V: Tabellenband, Dietrich Reimer, Geographische Verlagshandlung, Berlin, abrufbar unter: <https://www.sbc.org.pl/dlibra/publication/331818/> (17.12.2019).
- Chmal H., Kasprzak M., 2008, Czy grozi nam kolejna powódź? Gospodarka wodna na ziemi śródzkiej – stan obecny i perspektywy [Droht uns ein weiteres Hochwasser? Die Wasserwirtschaft im Landkreis Środa Śląska (Neumarkt/Schlesien): Ist-Zustand und Ausblick], Urząd Miejski w Środzie Śląskiej, Konferenzzmaterialien.
- Czaban S., Czamara W., Krężel J., Sobota J., Urbański I., 1998a, Przepływy we Wrocławskim Węźle Wodnym podczas I wezbrania w lipcu 1997 [Durchflüsse am Breslauer Gewässerknoten während der ersten Hochwasserwelle im Juli 1997], Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej we Wrocławiu. Konferencje, 21 (1), 25-33.

- Czaban S., Orzeszyna H., Klatt-Piasecka B., Piasecki J., 1998b, Kształtowanie się przepływów wody przez węzeł Bartoszowice – Opatowice podczas I wezbrania w lipcu 1997 r. [Durchflüsse am Gewässerknotten Bartoszowice-Opatowice während der ersten Hochwasserwelle im Juli 1997], *Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej we Wrocławiu. Konferencje*, 21 (1), 105-113.
- Czerwiński J., 1991, Powódzie w rejonie Karkonoszy od XV w. do czasów współczesnych [Hochwasser im Riesengebirge vom 15. Jahrhundert bis zur Gegenwart], *Acta Universitatis Wratislaviensis*, 1237, *Prace Instytutu Geograficznego*, A6, 85-104.
- Deutsch M., Poertge K.H., 2002, Die Hochwassermeldeordnung von 1889 – ein Beitrag zur Geschichte des Hochwasserwarn- und Meldedienstes in Mitteldeutschland, in: *Deutsches Komitee für Katastrophenvorsorge e.V. (DKKV) (Hrsg.): Zweites Forum Katastrophenvorsorge („Extreme Naturereignisse – Folgen, Vorsorge, Werkzeuge“)*, Bonn, Leipzig, 396-405.
- Dubicka M., 2000, Klimat [Klima], in: *Encyklopedia Wrocławia*, Wydawnictwo Dolnośląskie, Wrocław, 356-357.
- Dubicka M., 1994, Wpływ cyrkulacji atmosfery na kształtowanie warunków klimatu (na przykładzie Wrocławia) [Zum Einfluss der planetarischen Zirkulation auf die Ausgestaltung der klimatischen Bedingungen], *Acta Universitatis Wratislaviensis*, 1581, *Studia Geograficzne*, 60, 295 Seiten.
- Dubicki A., 1972, Przebieg wezbrania w lipcu 1970 r. w dorzeczu Odry [Zum Ablauf des Juli-Hochwassers 1970 im Einzugsgebiet der Oder], in: *Powódź w lipcu 1970 r. [Das Juli-Hochwasser 1970] Monographie*, IMGW, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa, 100-112.
- Dubicki A., 1978, Charakterystyka przyczyn, przebiegu i wielkości powodzi na obszarze górnego i środkowego dorzecza Odry [Zur Charakteristik der Ursachen, des Verlaufs sowie der Intensität von Hochwasserereignissen am Ober- und Mittellauf der Oder], IMGW, Referat, unveröffentlicht.
- Dubicki A., 1993, Tendencje zmian intensywności opadów w dorzeczu Odry [Änderungstendenzen der Intensität von Niederschlägen im Einzugsgebiet der Oder], *Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej we Wrocławiu. Inżynieria Środowiska*, 4, 23-34.
- Dubicki A., 2006, Sieć hydrograficzna w obszarze Wrocławia [Das hydrographische Netz in der Region Wrocław], in: *Środowisko Wrocławia. Informator 2006*, Agencja Wydawnicza Argi, Wrocław, 37-51.
- Dubicki A., 2012, Minutowy przebieg powodzi – stany i opady [Minutiöser Verlauf des Hochwassers: Wasserstände und Niederschläge], in: *15 lat po wystąpieniu powodzi na dolnym Śląsku [15 Jahre nach dem Hochwasser in Niederschlesien]*, J. Sobota (Hrsg.), Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Wrocław, 7-32.
- Dubicki A., Dubicka M., Szymanowski M., 2002, Klimat Wrocławia [Das Klima Wrocław], in: *Środowisko Wrocławia [Die Umwelt Wrocław]*. Informator 2002, Dolnośląska Fundacja Ekorozwoju, Wrocław, 9-25.
- Dubicki A., Maciejowska B., Mordalska H., 1997, Odpływ rzeczny – wezbrania. Mapa 1:3000000 [Der Abfluss von Fließgewässern: Hochwasser. Karte 1:3.000.000], in: *Atlas Śląska Dolnego i Opolskiego [Atlas Niederschlesien und Oppelner Schlesien]*, W. Pawlak, J. Pawlak (Hrsg.), Uniwersytet Wrocławski – Pracownia Atlasu Dolnego Śląska, Wrocław.

- Dubicki A., Malinowska J., 1985, Powódź w sierpniu 1985 roku w dorzeczu Odry [Das August-Hochwasser 1985 im Einzugsgebiet der Oder], IMGW, Wrocław, Manuskript.
- Dubicki A., Słota H., Zieliński J. (Hrsg.), 1999, Dorzecze Odry: monografia powodzi, lipiec 1997 [Das Einzugsgebiet der Oder: eine Monographie über das Hochwasser von Juli 1997], IMGW, Warszawa, 164 Seiten.
- Dubicki A., Strońska K., 2001, Wielkie powódzie w dorzeczu Odry w ostatnim stuleciu [Starke Hochwasser im Einzugsgebiet der Oder im letzten Jahrhundert], IMGW, Wrocław, Manuskript, 86 Seiten.
- Fischer K., 1898, Das Sommerhochwasser vom Juli bis August 1897 im Oderstromgebiet, Zeitschrift für Bauwesen, 48, 307-346.
- Fischer K., 1907, Die Sommerhochwasser der Oder von 1813 bis 1903 mit besonderer Behandlung der Hochwasser von Juni/Juli 1902 und Juli 1903, in: Jahrbuch für die Gewässerkunde Norddeutschlands, Besondere Mitteilungen, Band 1, Nr. 6.
- Flasza J., 1979, Przyczyny wystąpienia powodzi i zalania Legnicy w 1977 roku oraz kierunki ochrony przed powodzią [Die Ursachen des Hochwassers und der Überschwemmung von Legnica im Jahre 1977 sowie Richtungen des Hochwasserschutzes], Ochrona Środowiska, 2-3, 46-48.
- Freymark H., 1929, Die Wasserwirtschaft des Odergebiets: Ziele und Wege, Schriften der Industrie- und Handelskammer Breslau, H. II, Verlag von M&H, Breslau, 41 Seiten.
- Geiger R., 1961, Überarbeitete Neuausgabe von Geiger, R.: Köppen-Geiger/Klima der Erde. (Wandkarte 1:16 Mill.). – Klett-Perthes, Gotha.
- Girguś R., Strupczewski W., 1965, Wyjątki ze źródeł historycznych o nadzwyczajnych zjawiskach hydrologiczno-meteorologicznych na ziemiach polskich w wiekach od X do XVI [Ausnahmen von den historischen Quellen über hydrologische und meteorologische Ereignisse auf polnischem Boden vom 10. bis zum 16. Jhd.], Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa, 214 Seiten.
- Głowicki B., 1979, Intensywność opadów w Sudetach w okresie powodzi w sierpniu 1977 roku [Zur Intensität der Niederschläge in den Sudeten während des August-Hochwassers 1977], in: Powódź w 1977 roku i jej skutków na Dolnym Śląsku [Das Hochwasser von 1977 und seine Folgen in Niederschlesien], A. Jahn (Hrsg.), Sesja Naukowa, 3 marca 1978 r., PAN Oddz. We Wrocławiu, Komitet Nauk o Ziemi, Wrocław, 41-48.
- Głowicki B., Otop I., Urban G., Tomczyński K., 2005, Klimat [Klima], in: Opracowanie ekofizjograficzne dla województwa dolnośląskiego [Ökophysiographische Studie für die Wojewodschaft Niederschlesien], Zarząd Województwa Dolnośląskiego, Wojewódzkie Biuro Urbanistyczne we Wrocławiu, Wydawnictwo DAR-MARK, Wrocław, 53-62.
- Gomolcke D., 1736, Außführliche Beschreibung Derer grossen Schnee, Eyß-Fahrten und [...] Wasser-Flutten [...] um die [...] Stadt Breßlau [...] Von deren Erbauung an, biß auf das 1736ste Jahr aus Nicolai Pohlii [...] Annalibus, auch andern [...] Nachrichten [...] / zusammen getragen von Daniel Gomoleken [...], Breslau.
- Gordon R.L., 1996, Acoustic Doppler current profiler. Principles of operations. A practical primer, RD Instruments, California, abrufbar unter: http://miscclab.umeoce.maine.edu/boss/classes/SMS_598_2012/RDI_Broadband%20Primer_ADCP.pdf.

- Grodek A., Kielczewska-Zaleska M., Zierhoffer A., 1948, Monografia Odry [Eine Monographie über die Oder], Instytut Zachodni, Poznań, 616 Seiten.
- Grykić S., Szmytkie R., 2008, Społeczny i ekonomiczny wymiar powodzi we Wrocławiu w 1997 roku [Zum gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Ausmaß des Hochwassers von 1997 in Wrocław], ZANTE, Ziębice.
- Hellmann G., von Elsner G., 1911, Meteorologische Untersuchungen über die Sommerhochwasser der Oder, Springer Berlin Heidelberg, Berlin, 235 Seiten.
- Herrmann K., 1930, Die Entwicklung der Oder vom Natur – zum Kulturstrom, Jahrbuch für die Gewässerkunde Norddeutschlands, Besondere Mitteilungen, 6 (2), 75 Seiten.
- Hudousková I., 2009, Povodně na Frýdlantsku [Hochwasser in der Region Friedland], in: Jizerské hory. O mapách, kameni a vodě [Das Isergebirge. Karten, Gesteine und Wasser], R. Karpaš (Hrsg.), Nakladelstvi RK, Liberec, 399-400.
- Ihnatowicz S., 1946, Droga wodna Odry [Die Wasserstraße Oder], Gospodarka Wodna, 2, 87-100.
- IMGW-PIB, 2019, Analizy hydrologiczne i hydrauliczne na potrzeby opracowania instrukcji eksploatacji zbiornika Racibórz [Hydrologische und hydraulische Untersuchungen im Rahmen der Erstellung einer Betriebsanleitung für das Staubecken Racibórz], Bericht im Auftrag der DHV Hydroprojekt Warszawa, Manuskript.
- Inglot S., 1986, Zjawiska klimatyczno-meteorologiczne na Śląsku od XVI do połowy XIX wieku [Klima- und Wetterereignisse in Schlesien vom 16. bis zur Mitte des 19. Jahrhunderts], in: Z dziejów wsi polskiej i rolnictwa [Aus der Geschichte der ländlichen Raums und der Landwirtschaft in Polen], S. Inglot (Hrsg.), Ludowa Spółdzielnia Wydawnicza, Warszawa.
- Jahn A., Kowaliński S. (Hrsg.), 1979, Powódź w 1977 roku i jej skutki na Dolnym Śląsku [Das Hochwasser von 1977 und seine Folgen in Niederschlesien], Konferenz vom 3. März 1978, PAN, Komisja Nauk o Ziemi, Wrocław.
- Jahrbuch für die Gewässerkunde Norddeutschlands. Hrsg. V. der preuss. Landessanstalt f. Gewässerkunde. Abflussjahr 1902-1907, Ernst Siegfried Mittler und Sohn, Berlin.
- Kaczorowska Z., 1962, Opady w Polsce w przekroju wieloletnim [Niederschläge in Polen: vieljähriges Mittel], Prace Geograficzne, 33, PAN, Instytut Geografii, Warszawa.
- Kamiński A., Tyszkiewicz J., Wójcik M.L., Ziątkowski L., 1998, Tysiąc lat powodzi we Wrocławiu [Tausend Jahre Hochwasser in Breslau/Wrocław], Rocznik Wrocławski, 5, 9-40.
- Karpaš R., 2009, Povodně do konce 19. Století [Hochwasser bis zum Ende des 19. Jahrhunderts], in: Jizerské hory. O mapách, kameni a vodě [Das Isergebirge. Karten, Gesteine und Wasser], R. Karpaš (Hrsg.), Nakladelstvi RK, Liberec.
- Kasprzak M., 2010, Wezbrania i powodzie na rzekach Dolnego Śląska [Überschwemmungen und Hochwasser entlang der Flüsse Niederschlesiens], in: Wyjątkowe zdarzenia przyrodnicze na Dolnym Śląsku i ich skutki [Außergewöhnliche Naturereignisse in Niederschlesien und ihre Folgen], P. Migoń (Hrsg.), Rozprawy Naukowe Instytutu Geografii i Rozwoju Regionalnego Uniwersytetu Wrocławskiego, Wrocław, 81-140.
- Knothe H., 1939, Das schlesische Sommerhochwasser 1938, Veröffentlichungen der Schlesische Gesellschaft für Erkunde E.V. und des Geographischen Instituts der Universität Breslau, XV, 79 Seiten.

- Koch R., 1829, Nachrichten von großen Oder-Überschwemmungen aus der Vergangenheit, Brieg
- Komar K., 1979, Zapis sytuacji (powódź w województwie legnickim) [Lagebeschreibung (Hochwasser in der Wojewodschaft Legnica)], Rocznik Dolnośląski, 5-6, 413-424.
- Kondracki J., 2011, Geografia regionalna Polski [Regionale Geographie Polens], Wydawnictwo Naukowego PWN, Warszawa, 468 Seiten.
- Köppen, W., 1900, Versuch einer Klassifikation der Klimate, vorzugsweise nach ihren Beziehungen zur Pflanzenwelt, Geographische Zeitschrift, 6 (11), 593-611, 657-679.
- Kosierb R., 2017, Modelowanie gospodarki wodnej na zbiornikach retencyjnych na przykładzie kaskady Nysy Kłodzkiej [Zur Modellierung der Wasserwirtschaft von Rückhaltebecken am Beispiel der Speicherkaskade Glatzer Neiße], IMGW-PIB, Warszawa, 186 Seiten.
- Kottek M., Grieser J., Beck C., Rudolf B., Rubel F., 2006, World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated, Meteorologische Zeitschrift, 15 (3), 259-263, DOI: 10.1127/0941-2948/2006/0130.
- Koziarski S., 1997, Funkcja żeglugowa Odry [Zur Schiffahrtfunktion der Oder], Czasopismo Geograficzne, 68 (2), 155-180.
- Kozuchowski K., 2011, Klimat Polski. Nowe spojrzenie [Das Klima Polens. Neue Perspektiven], Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 293 Seiten.
- Kulasová A., Bubeničková L., 2009, Podnební a počasí Jizerských hor [Überschwemmungen und Hochwasser im Isergebirge], in: Jizerské hory. O mapách, kameni a vodě [Das Isergebirge. Karten, Gesteine und Wasser], R. Karpáš (Hrsg.), Nakladatelství RK, Liberec, 364-383.
- Kundmann J.Ch., 1742, Die Heimsuchungen Gottes in Zorn und Gnade über das Herzogthum Schlesien in Müntzen, Verlag Davids Siegerts, Leipzig, abrufbar unter: <https://www.sbc.org.pl/dlibra/publication/12466/edition/25454> (17.12.2019).
- Kuszewski Z., 1962, Odra w okresie 1946-1961 [Die Oder von 1946 bis 1961], Gospodarka Wodna, 6, 244-244.
- Labuda G., 1992, Rzeki w dziejach narodów [ze szczególnym uwzględnieniem narody polskiego] [Flüsse in der Geschichte der Völker (unter besonderer Berücksichtigung des polnischen Volks)], Rzeki. Kultura, Cywilizacja, Historia, 1, 15-38.
- LUA, 1998, Das Sommerhochwasser an der Oder 1997, Studien und Tagungsberichte, 16, 99 Seiten.
- Łuczyński R.M., 2000, Tropami śląskiego dziedzictwa [Auf den Spuren des schlesischen Kulturerbes], Oficyna Wydawnicza ATUT, Wrocław, 336 Seiten.
- Maciejewski M., Ostojski M., Tokarczyk T. (Hrsg.), 2010, Dorzecze Odry, monografia powodzi 2010 [Das Einzugsgebiet der Oder, eine Monographie über das Hochwasser von 2010], IMGW-PIB, Warszawa, 164 Seiten.
- Malinowska-Małek J., 1996, System hydrologicznej osłony dorzecza Odry i Warty oraz rola zbiorników retencyjnych w sterowaniu falą powodziową, zad. A-1/1.1 Lokalizacja i charakterystyka zbiorników retencyjnych w górnym i środkowym dorzeczu Odry oraz ocena stopnia oddziaływania na rzekę główną. Wybór zbiorników do analizy [Hydrologische Maßnahmen zum Schutz der Einzugsgebiete von Oder und Warthe sowie die Rolle von Rückhaltebecken bei der Steuerung von Hochwasserwellen. Aufg. A-1/1.1. Standorte und Merkmale von Rück-

- haltebecken am Ober- und Mittellauf der Oder sowie Bewertung ihres Einflusses auf den Hauptstrom. Für Untersuchungen ausgewählte Staubecken], IMGW Wrocław, Manuskript.
- Malkiewicz T., 1990, Kierunki inwestowania w gospodarce wodnej w Sudetach i na Przedgórzu Sudeckim [Bauliche Investitionen im Bereich Wasserwirtschaft in den Sudeten und im Sudetenvorland], *Gospodarka Wodna*, 9.
- Malkiewicz T., 1992, Odrzańska droga wodna na odcinku od Koźła do ujścia Nysy Łużyckiej [Der Wasserstraße Oder auf dem Flussabschnitt von Koźle bis zur Mündung der Lausitzer Neiße], *Gospodarka Wodna*, 12, 278-283.
- Malkiewicz T., Bartosiewicz S., 1997, Stan obiektów i urządzeń hydrotechnicznych drogi wodnej Odry, Odra – szanse i wyzwania w Świetle doświadczeń europejskich [Zum Unterhaltungszustand der Bauwerke und wasserbaulichen Anlagen entlang der Wasserstraße Oder. Die Oder: Chancen und Herausforderungen im Lichte europäischer Erfahrungen], 4./5. November 1997, Wrocław.
- Mengel P.F., 1930, *Das Oderbruch*, Band 1, Verlag R. Müller m.b.H., Eberswalde. Mengel P.F., 1934, *Das Oderbruch*, Band 2. Verlag: R. Müller m.b.H., Eberswalde.
- Miętus M., Filipiak J., Owczarek M., Jakusik E., 2005, Zmienność warunków opadowych polskiego wybrzeża Morza Bałtyckiego w świetle kwantylowej klasyfikacji opadowej [Zur Veränderlichkeit der Niederschlagsverhältnisse an der Ostseeküste im Lichte der Niederschlagswellenwerte], *Materiały Badawcze IMGW. Seria Meteorologia*, 37, 59 Seiten.
- Migoń P. (Hrsg.), 2010, Wyjątkowe zdarzenia przyrodnicze na Dolnym Śląsku i ich skutki [Außergewöhnliche Naturereignisse in Niederschlesien und ihre Folgen], *Rozprawy Naukowe Instytutu Geografii i Rozwoju Regionalnego Uniwersytetu Wrocławskiego*, Wrocław, 319 Seiten.
- Militzer St., Börngen M., Tetzlaff G., 1999, Das Oderhochwasser von 1736. Ein Analogon zum Jahrhunderthochwasser 1997, in: *Geoökodynamik*, XX, 4, 309-322.
- Milkowski M., Bartosiewicz S., Przybyszewska-Milkowska J., 1991, *Wrocławski Węzeł Wodny* [Der Breslauer Gewässerknoten], *Gospodarka Wodna*, 11, 242-246.
- Miszuk B., Kasprowiec T., 2018, Klimat województwa lubuskiego [Das Klima der Wojewodschaft Lebusener Land], in: *Stan środowiska w województwie lubuskim w latach 2016-2017* [Zum Umweltzustand in der Wojewodschaft Lebusener Land in den Jahren 2016/17], M. Ganecki (Hrsg.), *WIOŚ, Zielona Góra*, 221-228.
- MKOOOpZ [IKSO], 1999, Dorzecze Odry. Powódź 1997 [Odereinzugsgebiet. Das Hochwasser 1997], Internationale Kommission zum Schutz der Oder gegen Verunreinigung, Wrocław, abrufbar unter: http://databases.eucc-d.de/files/documents/00000231_Bericht%20zum%20Oderhochwasser_IKSO_de.pdf (23.08.2021).
- MKOOOpZ [IKSO], 2001, Der Hochwassermelde- und -Vorhersagemeldedienst im Einzugsgebiet der Oder. Bestandsaufnahme und Empfehlungen, Internationale Kommission zum Schutz der Oder gegen Verunreinigung, abrufbar unter: <http://www.mkoo.pl/show.php?fid=3258&lang=DE> (23.08.2021).
- Młostek E., Malicka J., 1998, Identyfikacja głównych problemów użytkowania zasobów wodnych Odry na obszarze działania RZGW we Wrocławiu, zad. 5: Charakterystyka istniejących, rea-

- lizowanych i planowanych obiektów hydrotechnicznych [Bestandserhebung der wichtigsten Probleme einer Nutzung der Wasserressourcen der Oder im Zuständigkeitsbereich der Regionalverwaltung Wasserwirtschaft in Wrocław. Aufg. 5: Merkmale der bestehenden und geplanten wasserbaulichen Anlagen und Bauwerke], IMGW Wrocław, Manuskript.
- Munzar J., 2000, Floods in Central Europe after the exceedingly severe winter season 1829/30, *Moravian Geographical Reports*, 8 (2), 45-57.
- Munzar J., 2001, Summer floods in Central Europe in 1813 – an analogy to floods of 1997, *Moravian Geographical Reports*, 9 (2), 29-41.
- Namaczyńska S., 1937, Kronika klęsk elementarnych w Polsce i w krajach sąsiednich w latach 1648-1696. Tom 1: Zjawiska meteorologiczne i pomory [Eine Chronologie der Naturkatastrophen in Polen und den Nachbarländern in den Jahren 1648-1696. Band 1: Wetterereignisse und Seuchen], Kasa im. Rektora J. Mianowskiego Instytut Popierania Polskiej Twórczości Naukowej, Lwów, abrufbar unter: <http://pbc.biaman.pl/dlibra/doccontent?id=1731> (23.08.2021).
- Obrdlík P., 2003, Graniczne meandry Odry – fenomen o znaczeniu europejskim [Grenzmäander der Oder], WWF, Rastatt, 61 Seiten.
- Oderstrom-Bauverwaltung, 1899, Zeichnerische Darstellung verschiedener Hochwasser der Oder zwischen 1831 und 1899. Breslau, Nachträge aus 1092 u. 1903. Zusammengestellt in der Königlichen Oderstrom-Bauverwaltung. Breslau, im. Juli 1899, im Mai 1903, 1904, Blatt 20.
- Oderstrom-Bauverwaltung, 1901, Mittheilungen der Oderstrom-Bauverwaltung für die Jahre 1899 und 1900, betreffend die Stromregulierung, die Wasserstände, die Schiffbarkeit des Stromes und den Verkehr auf der Oder, Adolf Stenzel, vorm. Brehmer & Minuth, Breslau.
- Okołowicz W., 1969, Klimatologia ogólna [Allgemeine Klimatologie], PWN, Warszawa.
- Okołowicz W., Martyn D., 1979, Regiony klimatyczne Polski [Die Klimaregionen Polens], in: Atlas Geograficzny Polski, Warszawa, PPWK.
- Paczyński B., Sadurski A. (Hrsg.), 2007, Hydrogeologia regionalna Polski, Tom 1: Wody słodkie [Regionale Hydrogeologie Polens. Band 1: Süßwasser], Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa, 542 Seiten.
- Pałka P., 2013, Powódzie w Głogowie [Hochwasser in Głogów], Pressematerialien.
- Partsch J., 1898, Das Wassernetz, in: Schlesien. Eine Landeskunde für das deutsche Volk, auf wissenschaftlicher Grundlage, I. Teil. Ferdinand Hirt, Breslau, 173-204.
- Pasławski Z., 1973, Metody hydrometrii rzecznej [Methoden der Hydrometrie von Flüssen], Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa, 338 Seiten.
- Petrak E., 1882, Die Katastrophe vom 17. Juni 1882, Riesengebirge in Wort und Bild 4, Marscendorf.
- Povodi Odry AG, 1997, Povodeň v červenci 1997 – zhodnocení a perspektiva [Das Juni-Hochwasser 1997: Auswertung und Perspektiven].
- Radczyk L., 2008, Modelowanie procesów hydrologicznych w dorzeczu górnej i środkowej Odry [Zur hydrologischen Modellierung der Prozesse am Ober- und Mittellauf der Oder], *Seria Współczesne Problemy Inżynierii Środowiska*, VIII, Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu, Wrocław, 118 Seiten.

- Radczuk L., Jakubowski W., 2005, Udział dopływów Odry w formowaniu wezbrań powodziowych [Zum Anteil der Zuflüsse in die Oder an der Ausformung der Hochwasserwellen], in: Środowiskowe aspekty gospodarki wodnej [Umweltaspekte der Wasserwirtschaft], L. Tomiałojć, A. Drabiński (Hrsg.), Komitet Ochrony Przyrody PAN, Wydział Inżynierii Kształtowania Środowiska i Geodezji AR we Wrocławiu, 162-177.
- Radczuk L., Jełowicki J., Eljasiewicz R., Mokwa M., 1999, Ocena rozdziału wód w hydrowęźle wrocławskim w czasie powodzi 1997 r. [Zur Aufteilung des Abflusses am Breslauer Gewässerknoten während des Hochwassers von 1997], Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej we Wrocławiu. Konferencje, 23, 263-275.
- Ragsch J., 1938, Das Hochwasser zu Neisse 1938, Neisser Druckerei, Neisse, 63 Seiten.
- Rantz S.E., 1982, Measurements and computation of streamflow: Volume 2. Computation of discharge, USGS Paper, 2175, Washington, 373 Seiten.
- Rast G., Obrdlik P., Znieznański P., 2000, Atlas zalewowych obszarów Odry [Atlas der Überschwemmungsgebiete der Oder], WWF, KraftDruck, Ettlingen, elektronische Fassung: <http://atlas.odra.pl/pl/index.html>.
- RDOŚ [Regionaldirektion Umweltschutz], 2012, Nawigator po opolskich rezerwatach [Naturschutzgebiete in der Wojewodschaft Opole. Ein Reiseführer], RDOŚ, Opole, abrufbar unter: http://opole.rdos.gov.pl/files/artykuly/11404/Nawigator_A5_01_sklad_6_09_2012.pdf (17.12.2019)
- Rehdorf E., 1940, Das Märzhochwasser 1940 im Oderbruch, in: Oberbarnimer Kreiskalender, 20.1041, 52-66
- Respondowski R., Wieczorek E., 1995, Inwentaryzacja krajoznawcza województwa katowickiego, Zeszyt 15: Gmina Nędza [Eine Bestandsaufnahme der Landschaften in der Wojewodschaft Katowice. Heft 15: Gemeinde Nędza], Regionalna Pracownia Krajoznawcza PTTK, Katowice
- RZGW [Regionalverwaltung Wasserwirtschaft], 1993, Gospodarka zasobami wodnymi dorzecza górnej i środkowej Odry [Zur Wasserwirtschaft am Ober- und Mittellauf der Oder], RZGW, Wrocław, 200 Seiten.
- Sammlung Schlesien, 1750, Sammlung aller in dem souverainen Herzogthum Schlesien und dessen incorporirten Graffschaft Glatz in Finanz-Justiz-Criminal-Geistlichen-Concistorial-Kirchen Sachen u.a. publicirten und ergangenen Ordnungen, Edicten. Mandaten. Rescripten. . . vom Jan. 1748. bis zu Ende 1750, Verlag Johann Jacob Korn, Breslau, abrufbar unter: <https://cbj.jhi.pl/documents/107680/1/> (23.08.2021).
- Sawicki K., 1997, Największa w historii Kowar powódź w 1897 roku [Das historisch stärkste Hochwasser in Kowary im Jahre 1897], Kurier Kowarski, 3 (54).
- Schmuck A., 1960, Regiony pluwiotermiczne Dolnego Śląska [Eine regionale Gliederung Niederschlesiens nach den pluviotermischen Quotienten], Zeszyty Naukowe WSR Wrocław, 5, 3-15.
- Schmuck A., 1969, Klimat Sudetów, Problemy Zagospodarowania Ziemi Górskich [Das Klima der Sudeten. Probleme der Flächennutzung im Gebirgsland], 5 (18), 93-154.
- Sobik M., 2005, Klimat [Klima], in: Przyroda Dolnego Śląska [Die Natur Niederschlesiens], J. Fabiszewski (Hrsg.), Wydawnictwo Korab, Wrocław, 39-57.

- Sobik M., Błaś M., 2010, Wyjątkowe zdarzenia meteorologiczne [Außergewöhnliche Wetterereignisse], in: Wyjątkowe zdarzenia przyrodnicze na Dolnym Śląsku i ich skutki [Außergewöhnliche Naturereignisse in Niederschlesien und ihre Folgen], P. Migoń (Hrsg.), Rozprawy Naukowe Instytutu Geografii i Rozwoju Regionalnego Uniwersytetu Wrocławskiego, Wrocław, 35-80.
- Solon J., Borzyszkowski J., Bidłasik M., Richling A., Badora K., Balon J., Brzezińska-Wójcik T., Chabudziński Ł., Dobrowolski R., Grzegorzczak I., Jodłowski M., Kistowski M., Kot R., Krąż P., Lechnio J., Macias A., Majchrowska A., Malinowska E., Migoń P., Myga-Piątek U., Nita J., Papińska E., Rodzik J., Strzyż M., Terpiłowski S., Ziaja W., 2018, Physico-geographical mesoregions of Poland – verification and adjustment of boundaries on the basis of contemporary spatial data, *Geographia Polonica*, 91 (2), 143-170, DOI: 10.7163/GPol.0115.
- Stachy J., Bogdanowicz E., 1997, Przyczyny i przebieg powodzi w lipcu 1997 [Ursachen und Verlauf des Juli-Hochwassers 1997], *Gospodarka Wodna* 11, 344-351.
- Stachy J., Fal B., Dobrzyńska I., Hołdakowska J., 1996, Wezbrania rzek polskich w latach 1951-1990 [Hochwasser polnischer Flüsse in den Jahren 1951-1990], *Materiały Badawcze IMGW. Seria Hydrologia i Oceanologia*, 20, 80 Seiten.
- Stewart B., 2015, Measuring what we manage – the importance of hydrological data to water resources management, in: *Hydrological Sciences and Water Security: Past, Present and Future, Proceedings of the 11th Kovacs Colloquium, Paris, France, IAHS Publications*, 366, 80-85, DOI: 10.5194/piahs-366-80-2015.
- Strategia rozwoju odrzańskiego systemu wodnego [Entwicklungsstrategie für das Flusssystem Oder], 1999, *Materialien des IX. Polnisch-Niederländischen Forums, Wrocław 29./30. März 1999*, 242 Seiten.
- Strońska K., Dubicki A. 2001, Ocena udziału dopływów w kształtowaniu fal wezbraniowych wielkich powodzi na Odrze w ostatnim stuleciu [Eine Bewertung der Anteile von Zuflüssen an der Ausgestaltung extremer Hochwasserwellen entlang der Oder im letzten Jahrhundert], *Raport Zadania H-1/1, IMGW, Warszawa, Manuskript*.
- Stupnicka E., Stempień-Sałek M., 2016, *Geografia regionalna Polski [Regionale Geographie Polens]*, Wydawnictwo Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa, 342 Seiten.
- Szajda J., 2006, Powódzie w Polsce – rodzaje, występowanie oraz system ochrony przed ich skutkami [Hochwasser in Polen: Arten, Hochwasserereignisse und Systeme des Hochwasserschutzes], *Woda – Środowisko – Obszary Wiejskie*, 6 (1), 207-220.
- Szczegielniak C., 1979a, Przebieg wezbrań powodziowych w 1977 roku w dorzeczu Górnej Odry. Powódź na Opolszczyźnie w sierpniu 1977 r. [Zum Verlauf der Hochwasser im Jahre 1977 im Einzugsgebiet des Oberlaufes der Oder. Das August-Hochwasser 1977 in der Wojewodschaft Opole], *Materiały i Studia Opolskie*, 20 (37-38), 58-119.
- Szczegielniak C., 1979b, Wielowiekowa zmienność występowania ekstremalnych zdarzeń hydrologiczno-meteorologicznych ze szczególnym uwzględnieniem powodzi. Powódź na Opolszczyźnie w sierpniu 1977 r. [Zur Variabilität des Auftretens extremer hydrologischer und meteorologischer Ereignisse über die Jahrhunderte hinweg unter besonderer Berücksichtigung von Hochwasserereignissen. Das August-Hochwasser 1977 in der Wojewodschaft Opole], *Materiały i Studia Opolskie*, 20 (37-38), 39-58.

- Szczegielniak C., 1999, Przebieg powodzi w lipcu 1997 roku w dolinie górnej Odry [Zum Ablauf des Juli-Hochwassers 1997 im oberen Odertal], in: Wrocław a Odra, G. Roman, J. Waszkiewicz, M. Miłkowski M. (Hrsg.), Urząd Miejski Wrocławia, 209-227.
- Szczepański A., 2018, „Powódź stulecia” w Legnicy w 1977 roku [Das „Jahrhunderthochwasser“ 1977 in Legnica], Zeszyty Naukowe Państwowej Wyższej Szkoły Zawodowej im. Witelona w Legnicy, 2 (27), 29-44.
- Szponar A., Zalewski W., 2001, Powódź na Przedmieściu Odrzańskim we Wrocławiu w 1997 r. [Das Hochwasser 1997 in der Breslauer Odervorstadt], Gospodarka Wodna, 7, 280-285.
- Szymanowski M., 2004, Miejska wyspa ciepła we Wrocławiu [Die städtische Wärmeinsel in Wrocław], Studia Geograficzne, 77, 288 Seiten.
- Szymański K., Hański A., 2005, Pomiary przepływu metodą ADCP [Durchflussmessungen im ADPC-Verfahren], Gospodarka Wodna, 11, 449-452.
- Szymański Z., 1991, Modernizacja stopni wodnych na Odrzańskiej Drodze Wodnej, a uwarunkowania hydrauliczne wynikające z najwyższej wody żeglownej [Zur Sanierung der Wasserstufen entlang der Wasserstraße Oder und den aus dem höchsten Schifffahrtswasserstand resultierenden hydraulischen Bedingungen], Gospodarka Wodna, 11, 247-249.
- Szyra D., 2004, Ptaki zespołu przyrodniczo-krajobrazowego „Wielikąt” [Vögel im geschützten Landschafts- und Naturbestandteil „Wielikąt“], Przegląd Przyrodniczy, 15 (1-2), 77-104.
- Szyra D., 2012, Awifauna wodno-błotna stawów Wielikąt – stan aktualny oraz zmiany liczebności [Wasser- und Sumpfvögel der Teichlandschaft von Wielikąt: Bestand und Änderungen der Populationen], Przegląd Przyrodniczy, 23 (2), 42-65.
- Transport i gospodarka wodna na Odrze [Verkehr und Wasserwirtschaft auf der Oder], 1978, Komisja Odry, Instytut Śląski w Opolu.
- Trömel H.-P., 2008, Reitwein am 22. März 1947 – Bruch des Oderdeichs. Eine Chronik der Hochwasserkatastrophe im Oderbruch vor 60 Jahren, Findling Verlag, Kunersdorf, 64 Seiten.
- Wahre Nachricht von den Überschwemmungen der Oder bei Frankfurt und dem unglücklichen Tode des Durchlauchtigsten Herrn Herzogs Maximilian Julius Leopold von Braunschweig und Lüneburg, 1785, Frankfurt a/Oder, abrufbar unter: <https://haab-digital.klassik-stiftung.de/viewer/metadata/366858804X/1/> (23.08.2021).
- Walukiewicz J., 1961, Informator dróg wodnych śródlądowych – żeglownych [Schiffbare Binnenwasserstraßen], Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa, 494 Seiten.
- Wdowikowski W., 2017, Wspomnienie powodzi na Odrze z lipca 1997 [Erinnerungen an das Oder-Hochwasser von Juli 1997], IMGW-PIB, Manuskript.
- Weikinn C., 1958, Quellentexte zur Witterungsgeschichte Europas von der Zeitwende bis zum Jahre 1850: Hydrographie, Teil 1 (Zeitwende – 1500), Akademie Verlag, Berlin, 531 Seiten.
- Weikinn C., 1960, Quellentexte zur Witterungsgeschichte Europas von der Zeitwende bis zum Jahre 1850. Hydrographie: Teil 2 (1601-1600), Akademie Verlag, Berlin, 486 Seiten.
- Weikinn C., 1961, Quellentexte zur Witterungsgeschichte Europas von der Zeitwende bis zum Jahre 1850. Hydrographie: Teil 3 (1601-1700), Akademie Verlag, Berlin, 586 Seiten.
- Weikinn C., 1963, Quellentexte zur Witterungsgeschichte Europas von der Zeitwende bis zum Jahre

1850. Hydrographie: Teil 4 (1701-1800), Akademie Verlag, Berlin, 381 Seiten.
- Weikinn C., 2000, Quellentexte zur Witterungsgeschichte Europas von der Zeitwende bis zum Jahre 1850. Hydrographie: Teil 5 (1751-1800), Akademie Verlag, Berlin, 674 Seiten.
- Weikinn C., 2002, Quellentexte zur Witterungsgeschichte Europas von der Zeitwende bis zum Jahre 1850. Hydrographie: Teil 6 (1801-1850), Akademie Verlag, Berlin, 728 Seiten.
- WMO, 1994, Guide to hydrological practices, WMO No. 168, Genf.
- WMO, 2006, Technical Regulations. Volume III: Hydrology, WMO No. 49, Genf.
- WMO, 2010, Manual on Stream Gauging. Volume II: Computation of Discharge, WMO No. 1044, Genf.
- Wójcik K., Wdowikowski M., 2014, Współczesne metody instrumentalnego pomiaru prędkości przepływu wody w korytach otwartych [Moderne Methoden der instrumentellen Messung der Geschwindigkeit des Durchflusses in natürlichen Gewässerbetten], in: Interdyscyplinarne zagadnienia w inżynierii i ochronie środowiska, Band 4, T.M. Traczewska, B. Kaźmierczak (Hrsg.), Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław, 978-993.
- Wójcik K., Wdowikowski M., 2015, Współczesne metody instrumentalnego pomiaru prędkości przepływu wody w korytach otwartych [Moderne Methoden der instrumentellen Messung der Geschwindigkeit des Durchflusses in natürlichen Gewässerbetten], *Technologia Wody*, 1 (39), 32-39.
- Wójcik M.L., 2008, Chwile strachu i trwogi. Klęski żywiołowe, konflikty zbrojne i tumulty w średniowiecznym Wrocławiu [Momente der Angst und Furcht. Naturkatastrophen, militärische Konflikte und Tumulte im mittelalterlichen Breslau], Wydawnictwo WAW, Racibórz, 120 Seiten.
- Woś A., 1999, Klimat Polski [Das Klima Polens], Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 301 Seiten.
- Zaleski J., 2011, Odra w kontekście sytuacji zagrożenia powodziowego i awarii budowlanych [Die Oder im Kontext von Hochwassergefahren und Baukatastrophen], in: XXV Konferencja Naukowo-Techniczna: Awarie Budowlane, Międzyzdroje, 24.-27. Mai 2011, 321-334.
- Zaleski J., Zięba S., Szczegielniak C., Krochmal W., 1997, Raport Wojewódzkiego Komitetu Przeciwpowodziowego we Wrocławiu a akcji przeciwpowodziowej lipiec 1997 [Bericht der Hochwasserschutzkommission der Wojewodschaft in Wrocław und der Hochwassereinsatz im Juli 1997].
- Zawadka M., 2000, Powódź w 1997 roku na Ziemi Lubuskiej [Das Hochwasser von 1997 im Lebusser Land], *Studia Zachodnie*, 5, 147-164.
- Żelaźniewicz A., Aleksandrowski P., Buła Z., Konon A., Oszczytko N., Ślęczka A., Żaba J., Żytko K., 2011, Regionalizacja tektoniczna Polski [Tektonische Regionalisierung Polens], Komitet Nauk Geologicznych PAN, Drukarnia KID, 60 Seiten.
- Żurawek R., 1998, Powódź w lipcu 1997 r. we Wrocławiu – przypadek Kozanowa [Das Hochwasser von Juli 1997 in Wrocław: der Fall Kozanów], *Rocznik Wrocławski* 5, 53-65.
- Żurawek R., Migoń P., 1999, Flooding in the Odra basin, *Geography Review*, 12 (5), 30-36.



BLICK VON DER Tiergartenbrücke IN WROCLAW AUF DAS WEHR SZCZYTNIKI, DIE ODER IN WROCLAW,
1997 [Quelle: Archiv des IMGW]



WROCLAW, STADTTEIL KOZANÓW, 13.08.1997 [Quelle: Archiv des IMGW]



BRZEG DOLNY, ALTSTADT UND FÄHRANLEGER, 24.07.1997, 19.00 UHR [Quelle: Archiv des IMGW]

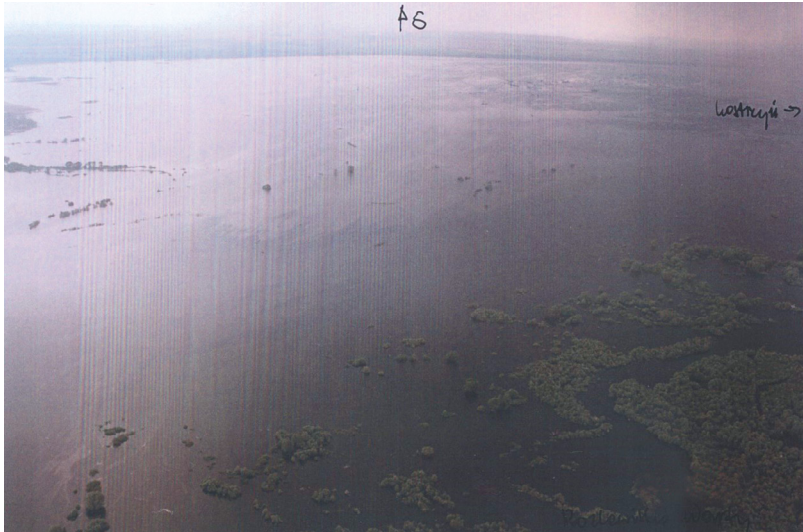


WOJEWODSCHAFTSSTRAßE WOŁÓW-ŚCINAWA-LUBIN

[Quelle: Archiv des IMGW]



DIE ODER BEI Ślubice UND Frankfurt/ODER [Quelle: Archiv des IMGW]



VON DER WARTHE ÜBERSCHWEMMTE AUEN BEI KOSTRZYN, 24.07.1997

[Quelle: Archiv des IMGW]



DIE ODER BEI CZELIN, ÜBERSCHWEMMUNGSFLÄCHE, 22.07.1997

[Quelle: Archiv des IMGW]



DIE ODER BEI WIDUCHOWA, ÜBERFLUTETER POLDER AUF DEUTSCHER SEITE, 22.07.1997

[Quelle: Archiv des IMGW]