

# Hochwasser in Polen und deren Einfluss auf die Modernisierung der Systeme für den Hochwasserschutz

Dr. hab. Ing. Czesław Szczepielniak  
Naturwissenschaftliche Universität in Wrocław  
Institut für Umwelt-Ingenieurwesen

## Zusammenfassung

### Charakteristik der Schwellungen der Oder

Der Fluss Oder hat sein Flußbett im Tal mit einer Breite von 3 - 5km geöffnet. Die Strömung des Flusses mäandert, wobei sie auf der ganzen Breite des Tals Schleifen bildet. In historischen Zeiten hat sich die Hochwasserwelle der oberen Oder relativ langsam fortbewegt und meist haben die Schwellungen der Zuflüssen, vor allem der linksseitigen, die Welle der oberen Oder überholt. Die Analyse der ältesten Aufzeichnungen zeugt davon, dass die Städte Brieg, Ohlau und Breslau häufiger und schlimmer von den sommerlichen Anschwellungen der Glatzer Neiße betroffen waren, aber durch Schmelzwasser. Erst ein so katastrophales Hochwasser, wie im Jahr 1501, 1515 oder 1736, währenddessen mehrfache Anschwellungen stattgefunden haben, führte zur vollständigen Überschwemmung des Oder-Tals. Es erfolgte eine Unterbrechung der Mäander und eine Verbindung der Zuflusswellen mit der weiteren Anschwellung der Oder. Dabei kam es zur Bildung neuer Flußbetten der Oder sowie zum Überlaufen des Oder-Wassers in die Täler der Flüsse Oława und Widawa oberhalb der Stadt Breslau. Stadtpläne von Breslau aus dem 16. Jh. stellen am Nordufer der Oder Wälder und Parks sowie einige gegenwärtig nicht mehr bestehende Arme der Oder dar. Die Dominsel und die Sandinsel wurden von hölzernen Uferanlagen umgeben, die neue Stadt hingegen, die auf dem linken, höheren Ufer lag, war mit einer Verteidigungsmauer umgeben, die auch eine Hochwasserschutzfunktion erfüllte. Nach dem außergewöhnlich beschwerlichen, lange andauernden Hochwasser von 1736 wurde mit der ersten Begradigung der Oder begonnen. Sie beruhte hauptsächlich auf der Verkürzung des Flusslaufs durch Aushebungen und auf der Verstärkung der Ufer. In späterer Zeit, ab Mitte des 19. Jh. wurde mit dem Bau von Buhnen begonnen. Das System der Begradigung des Flußbetts wurde verbessert und bis in die erste Hälfte des 20. Jh. verwirklicht. Katastrophale Folgen brachten die Stauungshochwasser, die sich in Zeiten der Klimaabkühlung verstärkten, die sich durch eine hohe Häufigkeit von frostigen und schneereichen Wintern auszeichneten (1420-1470, 1550-1620, 1785-1840).

Das System für Hochwasserschutz am oberen Oderzufluss entstand infolge des schrittweisen fragmentarischen Ausbaus bereits ab dem 13. Jh. Jedes katastrophales Hochwasser ab dem 18. Jh. bewirkte, dass sich mehr um den Hochwasserschutz gekümmert wurde. Nach dem Hochwasser von 1736 wurden an der Oder erste Ausgrabungen an den mäandernden Flußabschnitten vorgenommen. Die ersten Entwürfe für die Regulierung der Oder erarbeitete Alexander Nouwertz, ab 1746 Inspektor für Wasser- und

Wallbau, sein Werk setzte sein Sohn, Nouwertz junior, fort. Gemäß Nouwertz betrug 1782 die Zahl der Umgrabungen der Oder im Bereich Schlesien 48, Der Flusslauf wurde um 60 km verkürzt, hingegen wurde der Flußlauf zwischen Ratibor und der Mündung der Glatzer Neiße um ca. 31 km (19%) verkürzt. Jedoch hatte die Weiterentwicklung der Oder-Regulierung hauptsächlich zum Ziel, gute Bedingungen für die Schifffahrt zu schaffen, z.B. entstand der erste Entwurf, die Oder mit der Spree zu verbinden, im Jahr 1822.

Die industrielle Revolution in der zweiten Hälfte des 19. Jh. begünstigt die schnelle Entwicklung der Städte an der Oder. Urbanisierte Gebiete überschneiden sich mit topographisch günstigen Gebieten. Die Analyse von Stadtplänen von Breslau von 1796 und 1896 verweist z.B. auf die Urbanisierung der bisherigen Oder-Flutungsflächen (Nord-Breslau). Es entstehen neue Kanäle und Flussarme, alte Flussbetten werden zugeschüttet, es erfolgt eine deutliche Einschränkung der Überlauffelder. Schon nach dem Hochwasser 1736 wurden lokale Wälle gebaut und erhöht, die jedoch schon während des Schmelzwasser-Hochwassers 1785 überschritten wurden. Das gewaltsamste Sommerhochwasser von 1813 erreichte die absoluten Höchststände in der Region Koźle – Krapkowice und Oppeln, die erst 1997 überschritten wurden. Der Bau des Wallsystems des Odertals auf dem Abschnitt von Krapkowice nach Breslau wurde nach dem Sommerhochwasser von 1854 begonnen, als auch in allen Städten an der Oder große Verluste auftraten. Gegen Ende des 19. Jh. begann man 1897 mit der Regulierung und der Umbauung von Bergbächen und erarbeitete Entwürfe für den Bau von Rückhaltebecken. Somit setzte sich schon damals die Ansicht durch, dass die im Bereich des Oder-Tals durchgeführten Maßnahmen nicht den erforderlichen Hochwasserschutz für Städte, städtische Siedlungen und landwirtschaftliche Flächen gewährleisten. Die im 18. und 19. Jh. durchgeführten großen Investitionen zur Regulierung trugen zur Verkürzung der Zeit für den Verlauf der Oder-Quell-Welle bei, infolgedessen die Anschwellungen der Oder-Zuflüsse, und insbesondere der Osobłoga (Hotzenplotz) und Glatzer Neiße sich auf die "Stirn" der Oder-Welle verlegen konnten. Im Endeffekt stieg die Hochwassergefährdung der Städte, insbesondere von Oppeln, Brieg, Ohlau und Breslau ständig. Auf die Folgen musste man nicht lange warten, denn schon 1902 und 1903 erfolgten Hochwasser, die den Bau weiterer großer Hochwasserschutzanlagen erzwangen. Das Hochwasser von 1903 umfasste die meisten Gebiete von Mitteleuropa, insbesondere die Zuflüsse von Donau, Oder, Warthe und Weichsel. Die Konzentration der Niederschläge fand am oberen Einzugsgebiet der Oder sowie der Glatzer Neiße statt, trug zur Entstehung des größten Hochwassers am Knotenpunkt der Glatzer Neiße und der Oder bei. Infolge der Verstärkung der Spitze der Oderwelle durch Anschwellungen der Zuflüsse war der Verlauf des Hochwassers besonders gewaltsam. Alle Wälle wurden durchbrochen bzw. überschritten. Die Welle der Oder, Hotzenplotz und Glatzer Neiße überschwemmte das ganze Odertal oberhalb Breslaus. Auch ein wesentlicher Teil des Stadtgebiets von Breslau wurde überschwemmt. Alle Oderzuflüsse füllten aufgrund des gehemmten Abflusses ihre Täler, was die Reichweite des Hochwasser in den Mündungen dieser Täler zur Oder potenzierte.

Zu Beginn des 20. Jh. wurde mit dem Bau des sog. trockenen Hochwasserbeckens im Einzugsgebiet der Glatzer Neiße, Hotzenplotz, Kaczawa (Katzbach) und Bober begonnen. Gleichzeitig wurden multifunktionale Becken in Pilichowice (am Fluss Bober), Leśna und Złotniki (an der Kwisa (Queis)), Lubachów (an der Bystrzyca (Weistritz)), und dann Otmuchów an der Glatzer Neiße gebaut (1933). Die Regulierung der Oder auf dem Abschnitt Olsa-Ratibor im 19. Jh., die Begradigung ihres Verlaufs und die wesentliche Beschränkung der Überflutungsgebiete, vor allem der rechtsseitigen, trug zur Erhöhung der

Hochwassergefährdung der Stadt Ratibor durch die Wellen der Oder bei, Das Überschwemmungswasser gelangte in das nicht von Wällen umgebene Tal von der Nordseite, dann erfolgte die Überschwemmung der Straße zwischen Ratibor und Gleiwitz sowie Rybnik. Eine rationale Lösung in dieser Situation war die Anfertigung eines Hochwasserkanals, dessen Bau 1942 fertiggestellt wurde. Nach dem Bau des Kanals mit einer Länge von etwa 7.5 km und einer Durchlässigkeit von 1500 m<sup>3</sup>/s, war die Stadt Ratibor gut gegen Hochwasser geschützt und der Verkehrsweg nach Schlesien gewährleistet. Eine Verschlechterung der Lage erfolgte nach dem Weg einer beidseitigen Wallanlage Ende der 1970er Jahren, rechtsseitig bis zur Mündung des Flusses Ruda, linksseitig bis Miedonia. Die Stauung des Hochwassers unmittelbar unterhalb der Stadt sowie die Degradierung bzw. Bebauung der Flutungsterrassen der Alten Oder im Bereich der Stadt Ratibor trugen zur Verschlechterung des Stands des Hochwasserschutzes bei.

Unterhalb von Ratibor bis nach Koźle verfügt die Oder über keine Wallanlagen, darum erstreckt sich die Oderwelle auf einer Breite von 3-5 km und verringert die Fortbewegungsgeschwindigkeit enorm. Im Tal von Ratibor-Koźle unterliegt die Kumulation einer Reduzierung um etwa 10% (Q-Messungen in den Jahren 1977 und 1985). Jedoch fordern die Bewohner von Siedlungen, die ernsthaften Schäden ausgesetzt sind, eine Verbesserung des Hochwasserschutzes. In diesem Fall haben wir ein typisches Beispiel für Interessenkonflikte, Widersprüche. Denn die unterhalb liegende Stadt Koźle auf dem linken Oder-Ufer wird bei größten Hochwasser von Süd-Westen vom Wasser der Oder umgeben und überflutet. Beim Hochwasser 1997 wurden alle pessimistischen Einschätzungen zum Stand des Hochwasserschutzes im Tal der oberen Oder bestätigt, die in der Arbeit [8] vorgestellt wurden, und insbesondere in Bezug auf Ratibor und Koźle. Der derzeit realisierte Ausbau des Flußbetts der Oder und die Modernisierung der bestehenden Wallanlagen im Bereich der Stadt Koźle eröffnet jedoch keine Möglichkeit, das Ratibor-Koźle-Tal mit Wallanlagen zu umgeben. Das erfolgt erst, nachdem in Ratibor ein Sammelbecken mit einem Volumen einer Hochwasserreserve mit einem Umfang von 160 hm<sup>3</sup> gebaut wurde.

Es wird angenommen, dass das Odertal ab Krapkowice mit Wallanlagen umgeben ist. Die Oderwelle bewegt sich, nachdem sie das Wasser der Hotzenplotz aufgenommen hat, nach Oppeln fort, das auf dem höheren, rechten Oderufer liegt, errichtet oberhalb des Hochwasserpegelstands. Die Entwicklung der Stadt erfolgt seit Mitte des 19. Jh ähnlich wie in Breslau oder Kędzierzyn – Koźle. Es entsteht eine reiche industrielle, verkehrstechnische und kommunale Infrastruktur. Auf dem linken Oderufer entsteht der Stadtteil Zaodrze. Schließlich wurde in den 1970er Jahren ein Hochwasserkanal angelegt, der einen Teil des Hochwassers aus dem alten Flusslauf aufnimmt. Auf der linken Seite der Insel Bolko und auf gerader Strecke auf einer Länge von etwa 3.5 km, oberhalb des Hafens Opole-Zakrzów führt es zu der eigentlichen Oder. Oberhalb von Oppeln führt der Fluß Mała Panew in die Oder, dessen Abfluss durch das Staubecken Turawa kontrolliert wird. Auf Höhe der Mündung der Mała Panew befinden sich zwei Polder, auf dem linken Oderufer Żelazna, und auf dem rechten - Czarnowąsy.

Im weiteren Verlauf nimmt die Oder den größten linksseitigen Zufluss, die Glatzer Neiße, auf. Die Fläche dieses Einzugsgebiets dieses Bergbachs überschreitet 4500 km<sup>2</sup>. Die Anschwellungen der Glatzer Neiße überholen die Oderwelle meist um 1-2 Tage. Infolge der Überlappung der Welle der Glatzer Neiße mit der Spitze der Welle der oberen Oder erfolgte eine vorzeitige Stauung der Wasser von Neiße und Oder, bevor die eigentliche Kulmination der Oder erfolgte. Diese Situation trat vielfach ein, z.B. 1903. Darum wurde

trotz des fortgeschrittenen Baus des Staubeckens Otmuchów an der Glatzer Neiße parallel dazu der Polder Rybna - Stobrawa mit einem Volumen von 12 Mio. m<sup>3</sup> gebaut.

Das Hochwasserschutzsystem der Stadt Breslau entstand über mehrere Jahrhunderte hinweg, parallel zur Entwicklung der Stadt. Die meisten Vorhaben wurden nach dem Hochwasser von 1903 realisiert. Damals wurde mit dem Bau von Anlagen begonnen, die Breslau vor dem Hochwasser schützen sollten, die praktisch in der damaligen Form heute bestehen. Das Hochwasserschutzsystem der Stadt Breslau, das aus den Poldern Oławka und Bliżanowice - Trestno, dem Hochwasserkanal und dem Überlauf zum Fluß Widawa besteht, wurde 1922-1923 abgeschlossen, gleichzeitig mit der letzten Etappe der Kanalisierung der Oder auf dem Abschnitt der Neiße-Mündung - Rędzin. In diesem Zeitraum entsteht: ein Entlastungskanal mit einer Länge von 6 km, gelegen parallel zum Schifffahrtskanal, abgetrennt von ihm durch einen Wall (das Einlauf-Wehr zum Entlastungskanal liegt in Bartoszewice); Durchfluss-Polder Bliżanowice - Trestno, mit einem Volumen von 3,8 Mio. m<sup>3</sup>; Ablaufkanal zum Flußbett der Widawa mit einer Durchlässigkeit von 150 m<sup>3</sup>/s; Polder im Oława-Tal, der sog. Polder Oławka mit einem Volumen von 12 Mio. m<sup>3</sup>; Polder im Tal Widawa - Paniowice mit einem Volumen von 3 Mio. m<sup>3</sup>; Bauten, die den Zufluss auf die Polder steuern sowie der Umbau von 45 km Hochwasserwällen. Es wird angenommen, dass das Hochwasser von 1930 unter den Bedingungen der vollen Modernisierung des Hochwasserschutzsystems im Bereich und oberhalb der Stadt Breslau verlief. Die damals getätigten Beobachtungen stellten einen Test für die realisierten Objekte dar. Breslau war nach Meinung der damaligen Projektanten auf die sichere Durchleitung einer Welle mit einer Durchflusskonzentration von 2400 m<sup>3</sup>/s vorbereitet.

Aus der dargestellten Charakteristik resultiert, dass das Hochwasserschutzsystem sowohl im Breslau als auch im Odertal und Oderzufluss kompliziert ist. Der Grad der Sicherung gegen die Hochwasserfolgen hängt sowohl von lokalen Lösungen als auch von der gegenseitigen Wirkung der jeweiligen hydrotechnischen Objekte auf die Bedingungen für den Verlauf des Hochwassers ab. Um die Folgen der beabsichtigten und unbeabsichtigten Auswirkungen auf die Füllung des Flußtals korrekt einschätzen zu können, ist es notwendig, Modelle zu erarbeiten, die auf der dynamischen Angleichung der Wasserbewegung, adäquat zur Hochwasserwelle beruhen. Die Basiseingangsdaten zu den Simulationsmodellen werden im Rahmen von hydrologischen Studien erarbeitet. Eines der Ziele dieser Analysen ist die Bestimmung der Größe von maßgebenden und Kontrolldurchflüssen sowie der ihnen entsprechenden Hydrogramme der Hochwasserwellen. Diese Problematik wurde in den Arbeiten [3, 4, 5 und 6] bearbeitet. Auf III. 1.1 habe ich das vereinfachte System zum Hochwasserschutz im 19. und 20. Jh. im Tal der oberen Oder vorgestellt.

#### Analyse des Verlaufs des Hochwassers in der Vergangenheit, aber auch der Verlauf des Katastrophenhochwasser 1997.

Der Fluss Oder nimmt auf dem Gebiet von Tschechien seinen Anfang, im Oder-Gebirge, das der südliche Teil des Niski Jeseník ist. Die Länge des Flusses von den Quellen zur Mündung beträgt 854 km. Die Fläche des Zuflusses umfasst 118 057 km<sup>2</sup>. Bei 86,6 km fließt die Opava in die Oder. Ab der Opava-Mündung beginnt die geltende Kilometerzählung der Oder. Der nächste Wasserstandsanzeiger, der sich vor Breslau befindet, ist die Station in Trestno, bei km 242,1, die Fläche des Einzugsgebiets beträgt 20 369 km<sup>2</sup>. Hingegen unterhalb

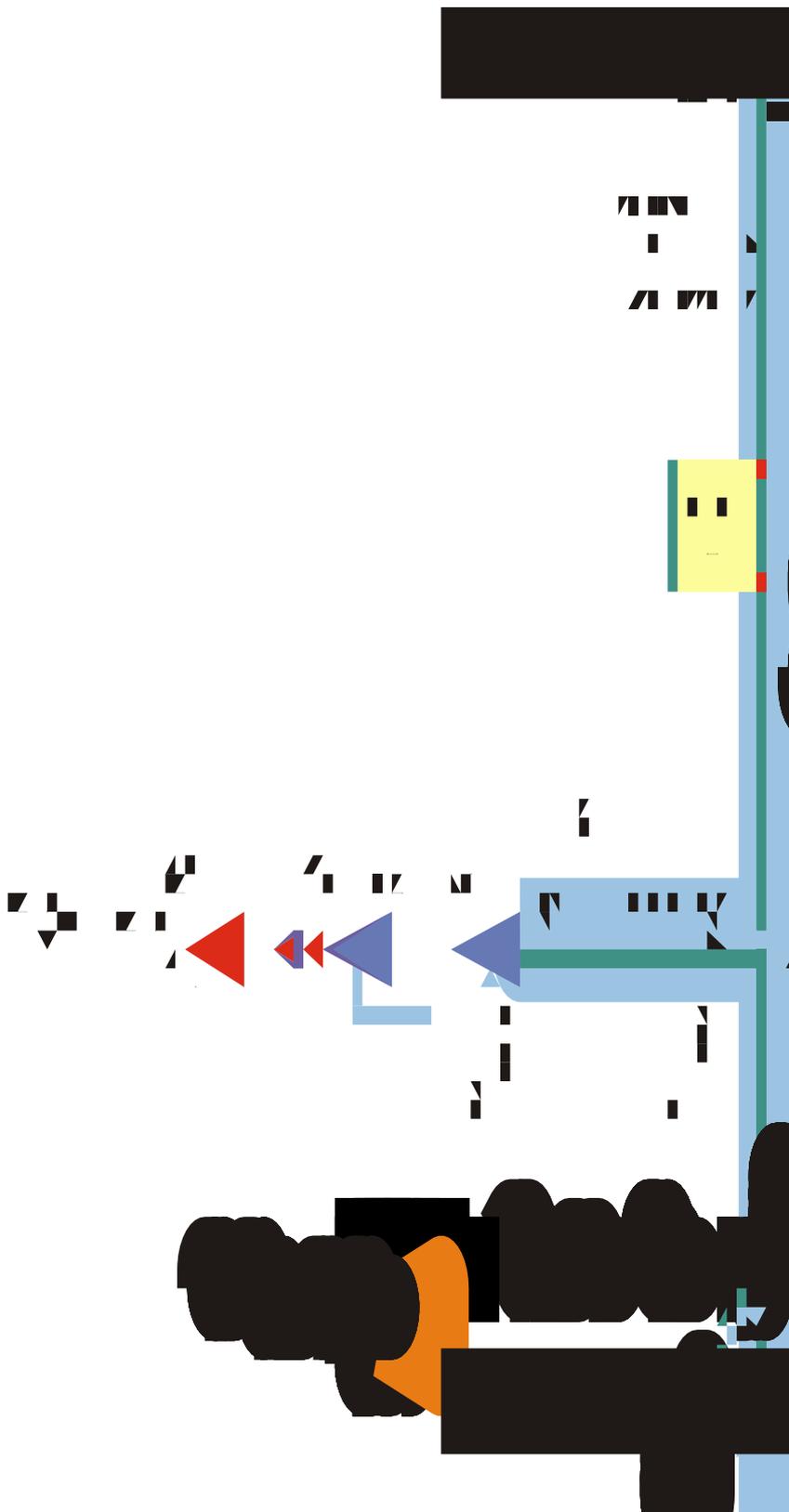
von Breslau ist der nächst gelegene Wasserstandsanzeiger in Brzeg Dolny (Dyhernfurth); Kilometerstand 284.7,

$A = 26\,428\text{ km}^2$ . Der Begriff obere Oder umfasst den Abschnitt von der polnisch-tschechischen Grenze bis Breslau auf einer Länge von etwa 230 km. In die Oder fließen hier folgende größere Zuflüsse: Kłodnica (Klodnitz), Osobłoga (Hotzenplotz), Mała Panew (Malapane), Nysa Kłodzka (Glatzer Neiße) und Stobrawa (Stober). Im Bereich des sog. Breslauer Knotenpunkts fließen in die Oder; Oława (Ohle), Ślęza (Lohe), Bystrzyca (Weistritz) und Widawa (Weide). Die Fläche des Zuflusses am Querschnitt Brzeg Dolny beträgt über  $26.400\text{ km}^2$ .

Die grundlegende Quelle für Hochwasseraktivität der oberen Oder befindet sich auf tschechischem Gebiet. Die Größe des Einzugsgebiets der Oder in den Grenzen von Tschechien beträgt  $5830\text{ km}^2$ , die Form hingegen erinnert in gewisser Weise an einen Halbkreis. Der größte Oder-Quellzufluss ist die Opava, etwas kleiner sind die rechten Zuflüsse Ostravice und Olsa. Opava und Oder führen Wasser aus den Ost-Sudeten zu, Ostravice und Olsa hingegen aus den West-Beskidien. Der Gebirgscharakter des Zuflusses und das konzentrische System der besprochenen Flüsse führen bei Hochwasser zum gewaltsamen Anstieg der Welle und zur Hochwassergefährdung bereits im Bereich der Ostravice-Mündung. Eine Analyse der historischen Hochwasser aus dem 19. und 20. Jh. zeigt, dass die größten Anschwellungen in den Sommermonaten stattfinden. Im Zeitraum von 1901 bis 1980 trat am Querschnitt Miedonia im Sommer ca. 65% der registrierten jährlichen Maxima auf.



III. 1 Oder-Zuflüsse vor dem Hintergrund einer physischen Landkarte von Polen [www.programodra.pl]



III. 2. Schema des Hochwasserschutzsystems im Tal der oberen Oder. [9]

Die sommerlichen Anschwellungen treten infolge starker Niederschläge, die mindestens 2-3 Tage andauern, auf.

Das Phänomen der Anschwellung tritt dann auf, wenn die Niederschlagskonzentration in einem entsprechend langen Zeitraum und auf einem entsprechend großen Einzugsgebiet deutlich die Verdampfungs- und Infiltrationsintensität überschreitet. Dann erfolgt, nachdem sich die Rückhalteoberfläche gefüllt hat, der Oberflächenablauf proportional zur Höhe des Niederschlags. Aus den durchgeführten Analysen des Prozesses

zur Ausformung des Hochwasserscheitels auf der tschechischen Seite resultiert, dass er sich sowohl durch den Kulminationsdurchfluss der Ostravice als auch durch den Kulminationsdurchfluss der Quelloder ausformen kann. Die durchschnittliche Zeit für den Verlauf der Welle vom besprochenen hydrologischen Knotenpunkt zum Profil in Chalupki beträgt 6 bis 8 Stunden. Ein zweites Stadium der Ausformung der Hochwasserwelle der Oder erfolgt zum Zeitpunkt der Übernahme des angeschwollenen Wassers der Olsa durch die Oder. Die Oderwelle trägt zum Anstieg der Oderkulminierung und ihrer Verschiebung um etwa 6 Stunden im Verhältnis zur Zeit des Durchgangs der Welle auf dem Abschnitt Chalupki-Miedonia bei.

Wenn man die Anschwellungen an der oberen Oder im Zeitraum 1901-1997 analysiert, kann man feststellen, dass ca. 3/4 der maximalen Überschwemmungen in jedem Jahr durch langhaltende Regenfälle hervorgerufen wurden, hauptsächlich im Sommerhalbjahr (Juni, Juli, August). Über die Hochwasserlage des oberen Flußverlaufs entscheiden die Anschwellungen, die auf dem Gebiet Tschechiens entstehen. Im weiteren Verlauf werden die Maxima von den linksseitigen Gebirgszuflüssen gebildet, d.h. von der Hotzenplotz und vor allem der Glatzer Neiße, die entscheidenden Einfluß auf den Verlauf der Schwellungen im unteren Abschnitt des besprochenen Abschnitts hat. Bis zur Überschwemmung im Mai und Juni 2010 meinte man, dass die rechtsseitigen Oderzuflüssen unterhalb der Olsa eher Tieflandcharakter haben und an ihnen Frühlingschmelzwasser-Schwellungen überwiegen. Sie charakterisieren sich durch einen relativ abgemilderten Verlauf und eine längere Zeit des Auftretens. Im Hinblick auf den Verlauf der Hochwasserschwellungen entlang des Flußlaufs habe ich drei Hochwassergruppen unterschieden.

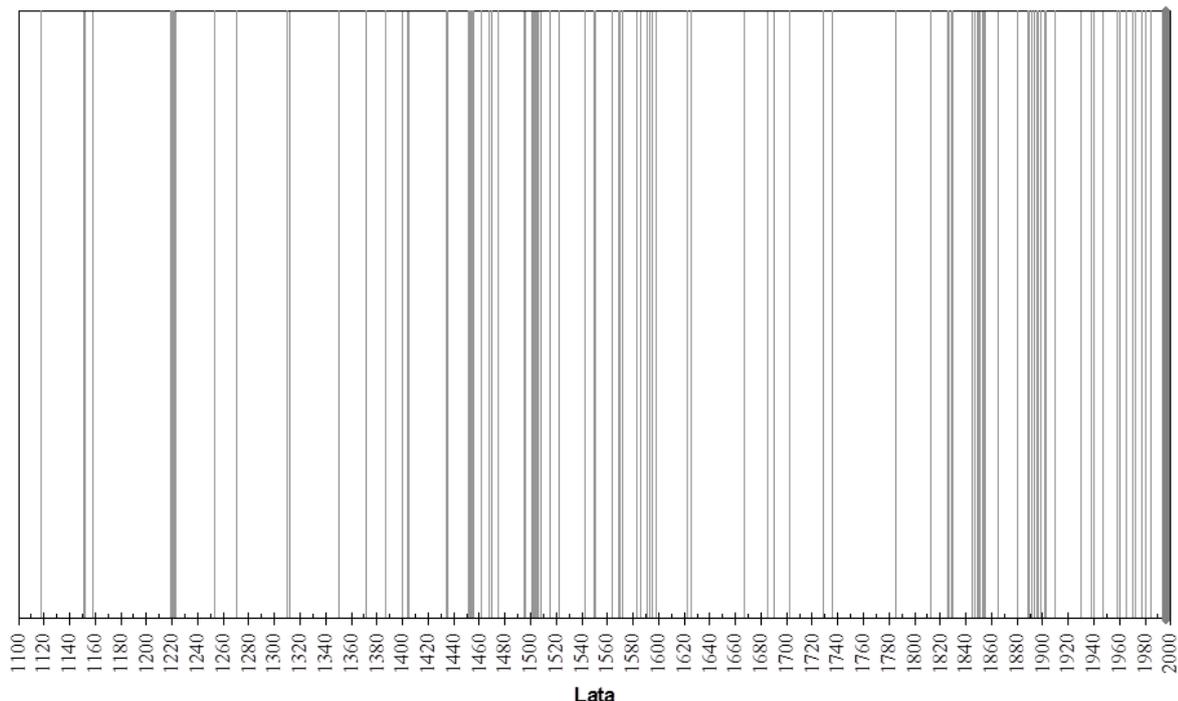
- kulminierende auf der gesamten Länge des betrachteten Abschnitts, wie die Hochwasser von 1854, 1902, 1903, 1930, 1977 I. und II. Anschwellung und 1997,
- kulminierende im oberen Teil des Abschnitts (nicht durch Zuflüsse verstärkt, hauptsächlich durch die Glatzer Neiße), wie das Hochwasser von: 1813, 1880, 1939, 1970, 1972 und 1985,
- kulminierende im unteren Abschnitt, hauptsächlich unterhalb der Glatzer Neiße, wie das Hochwasser von: 1915, 1926, 1938, 1958 und 1965.

Die an der Oder auftretenden Anschwellungen habe ich auch im Hinblick auf die Menge der Scheitel in der Hochwasserwelle aufgeteilt:

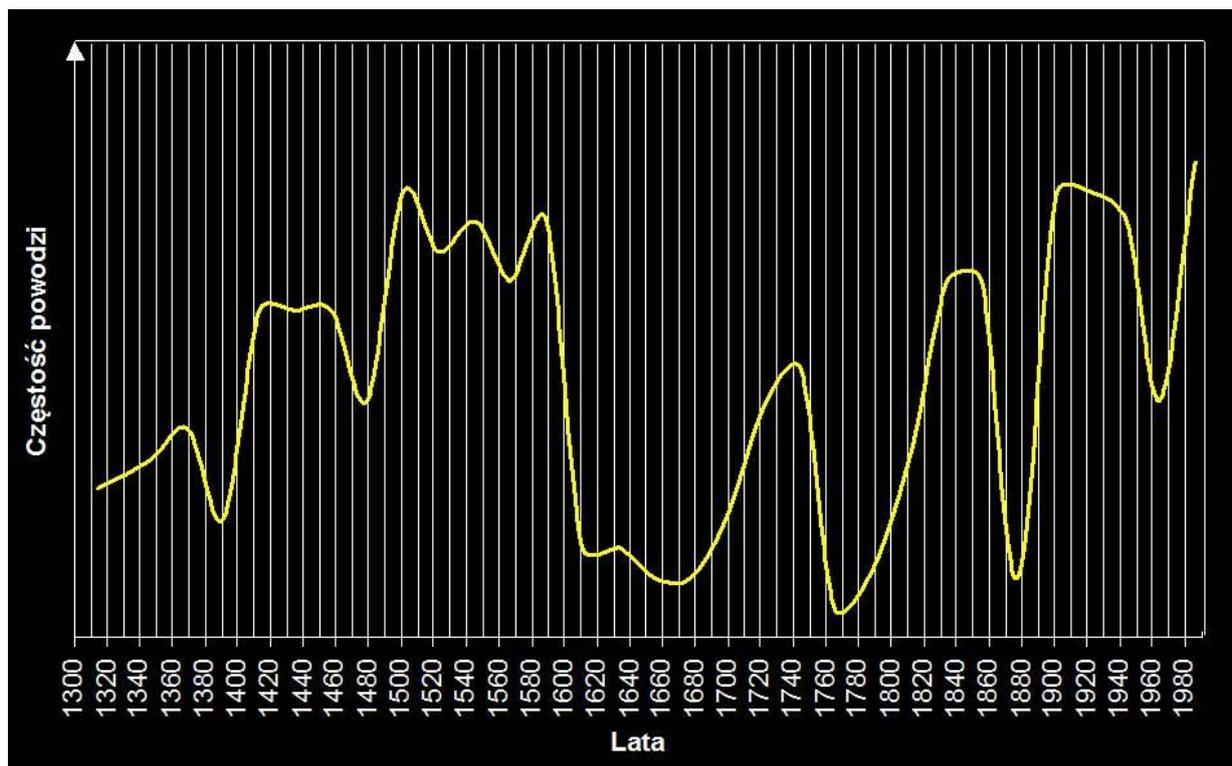
- Hochwasser mit einem Scheitel, infolge dauerhafter und massiver Niederschläge, repräsentiert durch die Anschwellungen von: 1813, 1880, 1903, 1909, 1911, 1915, 1925, 1931, 1937, 1939, 1968, 1970, 1972 und 1985. Sie unterliegen einer starken Transformation infolge der Wirkung der Rückhaltung im Tal.
- Hochwasser aus zwei oder mehr Anschwellungen, die sich dadurch charakterisieren, dass Wellen im Abstand von einigen Tagen bis zu 2 Wochen hintereinander auftreten. Das sind u.a. die Hochwasser von 1854, 1897, 1902, 1906, 1917, 1926, 1938, 1940, 1948, 1952, 1958, 1960, 1962, 1966, 1977 sowie 1997 und 2010. Ihr Verlauf hängt von den Zuständen der jeweiligen Schwellungen und Zeitabständen zwischen den Kulminierungen ab [11].

An den oberen Oder überwiegen Hochwasser aus mehreren Wellen zahlenmäßig gegenüber einzelnen Schwellungen. Zusammengesetzte Wellen bilden schwierigere Bedingungen zu einer effektiven Transformation der Schwellung an den Rückhaltebecken und vergrößern die Flutschäden infolge langanhaltender Überschwemmungen. Gefährliche Hochwasser an der Oder können jedes Jahr auftreten, wie z.B. in den Jahren 1902 – 1903, 1939 – 1940, 1965 – 1966, oder mit größeren Unterbrechungen, in denen keine katastrophalen Durchflüsse vermerkt wurden, wie im Zeitraum 1855 – 1879. Diesem Problem habe ich bei der

Analyse der Hochwasserkatastrophen im Zeitraum 1200-1986 viel Aufmerksamkeit gewidmet. In den letzten 200 Jahren wurde die größten fatalen Sommer-Überschwemmungen in den Jahren 1813, 1854, 1897, 1903, 1939 – 1940, 1977 und 1997 und 2010 vermerkt. An der Weichsel hingegen waren besonders die Hochwasser in den Jahren 1813, 1903, 1934, 1940, 1960, 1970 und 1972 gefährlich, das Schmelzwasserhochwasser 1979 und das Niederschlagshochwasser 2010.



III. 3a. Hochwasser in Süd-West-Polen in den Jahren 1100-1997. (Erarb. von Cz. Szczegielniak)



III. 3b. Häufigkeit des Auftretens von Hochwasser am Oderzufluss in historischer Zeit. (Erarb. von Cz. Szczegielniak)

Auf III. 3 habe ich ein Diagramm der Veränderungen in der Frequenz der Hochwasser dargestellt, auf Basis der Beschreibung von über 170 Ereignissen, die ich in drei Klassen aufgeteilt habe, je nach Reichweite der Überschwemmung und ihrer Folgen. Den jeweiligen Überschwemmungen habe ich entsprechendes Gewicht zugeordnet, dann habe ich die Summe der Ereignisse in Zeitabschnitten von 20 Jahren berechnet. Anhand der III. 3a und 3b kann man eine wesentliche Veränderlichkeit des Auftretens von Hochwasser in den vergangenen Jahrhunderten bemerken. In den letzten drei Jahrhunderten tritt eine steigende Tendenz auf, ähnlich wie im Zeitraum vom 13. bis 16. Jh. [9].

Alle Hochwasserwellen, die sich entlang des Flusses fortbewegen, unterliegen einer Umformung infolge verschiedener Faktoren. Die wichtigsten von ihnen sind: die Wirkung der Rückhaltung im Tal, die Alimentierung der Welle durch die Zuflüsse, die hydrotechnische Bebauung des Tals und die Auswirkung auf die Welle dank der Rückhaltebecken. Veränderungen im ganzen Zufluss wirken sich auf den Prozess der Wellenbildung, darunter auch solche anthropogener Natur.

### ***Aktuelle Probleme des Hochwasserschutzes des oberen Zuflusses der Oder und der Weichsel***

Versuche einer komplexen Lösung des Problems des Hochwasserschutzes für das Odertal wurden auch nach dem Zweiten Weltkrieg vielfach unternommen.

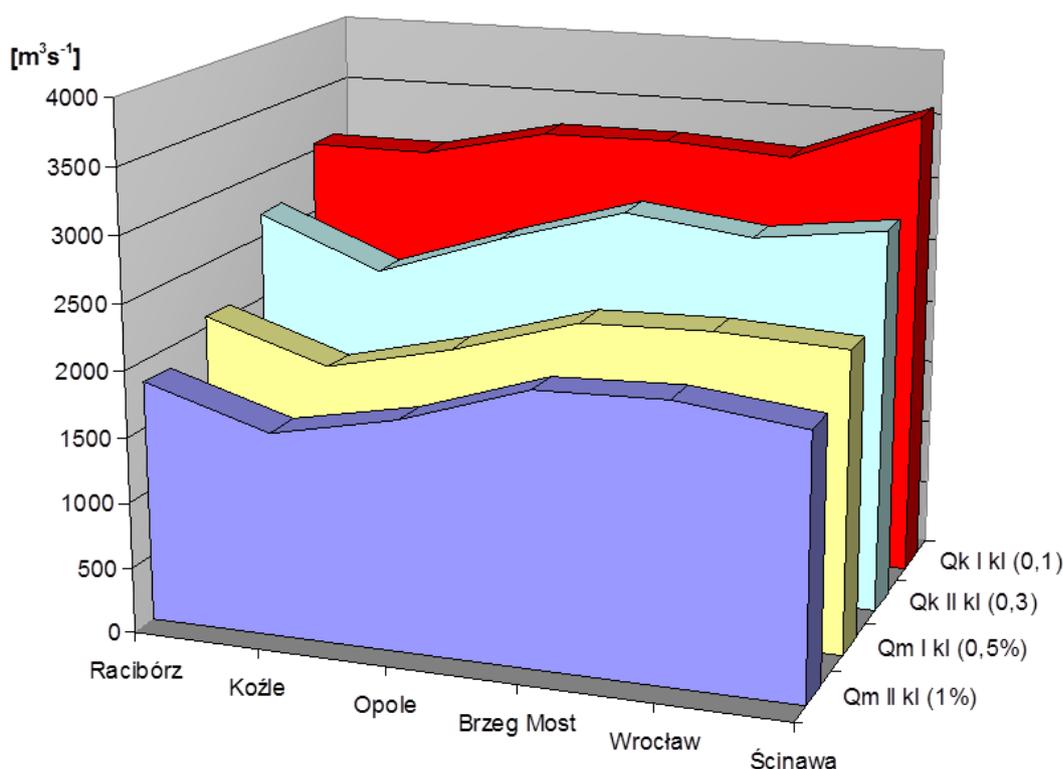
1978 nahm das Landwirtschaftsministerium eine Studie, die im Büro für Studien und Projekte BIPROMEL in Warschau erarbeitet worden war, als Grundlage für weitere Lösungsansätze, die dann Bau des Sammelbeckens Ratibor für Wallanlagen des Odertals voraussetzte. 1983 – hielt aufgrund der ausstehenden Entscheidung über den Bau des Sammelbeckens - das Büro für Wasserwirtschaft des Landwirtschaftsministeriums den Bau von Wallanlagen im Odertal auf [1].

Das Problem, das obere Odertal vor Hochwassern zu schützen, wurde wieder sehr aktuell nach dem Hochwasser von 1985, als bedeutende Schäden in der Region Koźle und vielen Städten und Dörfern oberhalb von Breslau auftraten. Im August 1985 bildete sich infolge intensiver Niederschläge erst im Westen und Süd-Westen von Polen, dann im Odergebirge und den schlesischen Beskiden auf dem Gebiet der Tschechoslowakei, eine Schwellungswelle, die den größten Hochwassern im 19. und 20. Jh. glich. Am Querschnitt Krzyżanowice und Miedonia wurden die absoluten maximalen Wasserstände notiert. Zum Glück führten die Zuflüsse auf polnischem Gebiet auf natürliche bzw. gesteuerte Weise die Zuflüsse vor der Kulminierung der Oder ab.

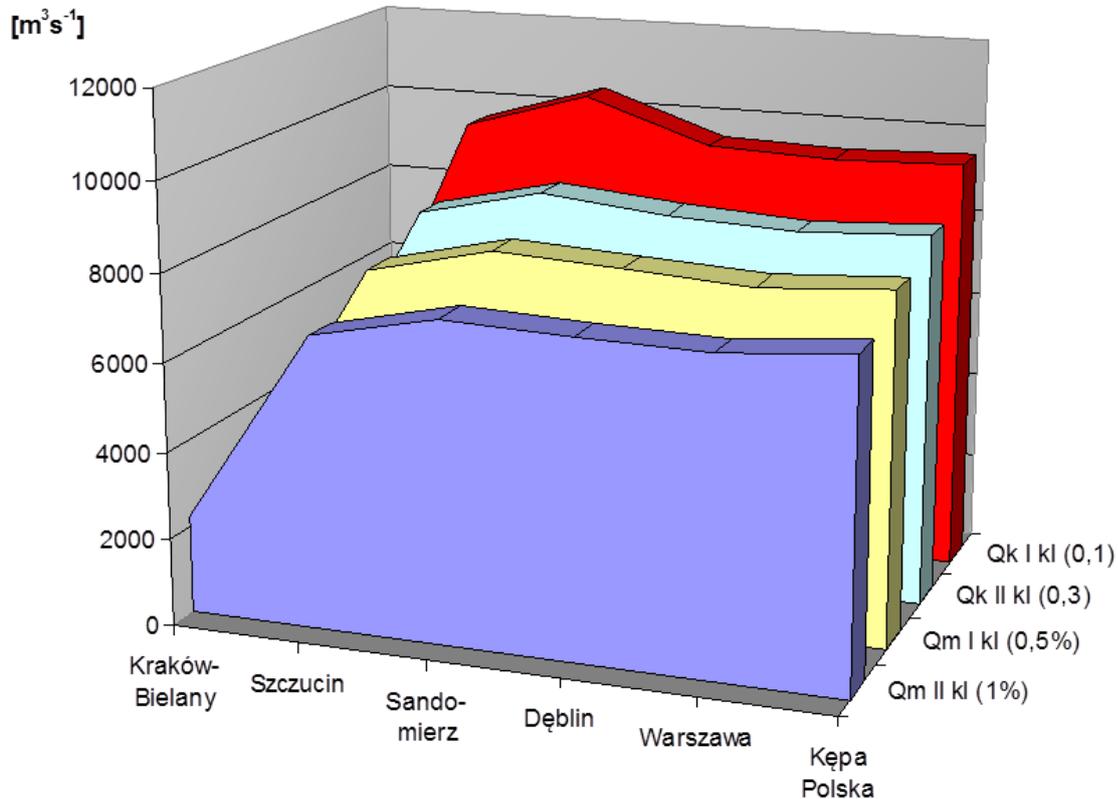
Die nach diesem Hochwasser wieder aufgenommenen Arbeiten zu Studien und Projekten wurden auf eine detaillierte Bestandsaufnahme der Hochwasserstände vom August 1985 ausgerichtet, eine Aktualisierung der Hydrologie und eine Konstruktion von hypothetischen Wellen, eine Analyse der technischen Möglichkeiten zur Nutzung von Poldern und insbesondere eines Umbaus des Polders Oława – Lipki zu einem trockenen Sammelbecken. Nach den damaligen Einschätzungen beträgt die Fläche, die in der Senke liegt, die vom Hochwasser gefährdet ist, im Verhältnis zum Hochwasserspiegel mit einer Wahrscheinlichkeit von  $p=1\%$  im oberen Odertal 61.800 ha. Die größte Überschwemmungsgefahr tritt im Tal von Koźle-Ratibor auf einem Gebiet von etwa 10.000 ha auf, und insbesondere in Koźle [1]. Das

bedeutet, dass bei einer durchschnittlichen Füllung der Überflutungsflächen auf einer Tiefe von 1 m das Rückhalte-Volumen des oberen Odertals auf  $620 \text{ hm}^3$  geschätzt werden kann, wobei das Rückhalte-Volumen der Flutungsflächen zwischen Ratibor und Koźle  $100 \text{ hm}^3$  überschreitet. Z.B. wurden innerhalb von 15 Jahren (1958-1972) von den Folgen des Hochwassers im Odertals ca. 132.000 ha landwirtschaftliche Nutzflächen betroffen.

Das Hauptproblem, das aus dem geplanten Schutz mit Wällen resultiert, für Gebiete, die bisher nicht mit Wallanlagen versehen waren, ist die Bewertung der maßgebenden Hochwasserwellen, die durch die Abtrennung der natürlichen Rückhaltung des Tals durch Wälle verursacht wurde. Eine Änderung der Geometrie der Flußbetten von Hochwasser, die durch den Bau von Wällen hervorgerufen wird, bewirkt, dass die Anschwellungswelle mit bestimmten Formen am Anfang des mit Wällen versehenen Abschnitts und an seinem Ende andere Parameter haben wird, als im Tal, das nicht mit Wallanlagen versehen ist. Infolge der Konzentration unterliegen die mit Wallanlagen versehenen Flussbette einem Wachstum der durchschnittlichen Tiefe und der Durchflussgeschwindigkeit. Der Anstieg der Geschwindigkeit wird zusätzlich potenziert durch eine Vergrößerung der Abfälle infolge der Verkürzung der Strecke des Hochwassers und der Verringerung der Rauheitsindikatoren infolge der Ordnung des Zwischenwalls. Der Anstieg der Durchflussgeschwindigkeit hat zusätzlichen Einfluss auf die Beschleunigung des Verlaufs der Hochwasserwelle. Das bedeutet eine Änderung der natürlichen Bedingungen des Schwellungsverlaufs, und also auch der Möglichkeit zur Änderung im Zusammenlauf mit den Kulminierung der Schwellungen weiteren Zuflüsse [1, 7].



III. 4 Maßgebender und Kontroll-Durchfluss für die Wallanlagen I. und II. Klasse an der oberen Oder (einschl. der Welle von 1997)



III. 5 Maßgebender und Kontroll-Durchfluss für die Wallanlagen I. und II. Klasse am Abschnitt der Weichsel von Krakau bis Plock

Die besprochenen Probleme haben wesentliche Bedeutung für den Hochwasserschutz an jedem Fluss, unter anderem an der oberen Oder und Weichsel. Die durch die Wallanlagen erhöhten Kulminierungen der Hochwasserwellen sollten nicht die Grenzdurchlassfähigkeit der Oderarme im Bereich der jeweiligen Städte überschreiten: Ratibor, Koźle, Oppeln und insbesondere des Breslauer Wasserknotenpunkts im Odertal sowie Krakau, Sandomierz und Warschau im Weichseltal. Die Beschleunigung des Verlaufs der Kulminierung der Oder oder auch der Weichsel kann u.a. die synchrone Summierung der Durchflüsse des Hauptflusses mit seinen Zuflüssen verursachen. Die quantitative und qualitative Bewertung des Einflusses geplanter Investitionen im Bereich Hochwasserschutz auf die Transformation der Welle im Flußtal kann nur bei Anwendung einer Modellierung der Wellenbewegung vorgenommen werden. Das numerische Modell, das von einem Team aus Cz. Szczegielniak, H. Kudela, A. Niemiec erarbeitet wurde, wurde vielfach zur Analyse des Einflusses geplanter technischer Lösungen auf den Hochwasserverlauf genutzt. Auch ökologische Aspekte, die auf den Schutz von Flora und Fauna der Flußtäler und deren Umgestaltung in Landschaftsschutzgebiet bzw. Reservate abzielen, implizieren eine Änderung technischer Lösungen. Die theoretischen Grundlagen für dieses Modell haben wir in der Arbeit vorgestellt [2], die grundlegenden Schlussfolgerungen aus der Anwendung hingegen habe ich in den Artikeln besprochen [1, 7 und 8]. Die Simulationen am Computermodell, die auf der Lösung von Gleichungen von St. Venant beruhen, stellten die Grundlage für folgende Schlussfolgerungen dar:

- Dem Bau neuer Wallanlagen im oberen Odertal sowie in den Tälern ihrer Zuflüsse sollte die Bildung einer zusätzlichen Hochwasserschutz-Rückhaltung in Rückhaltebecken bzw. Poldern mit gesteuertem

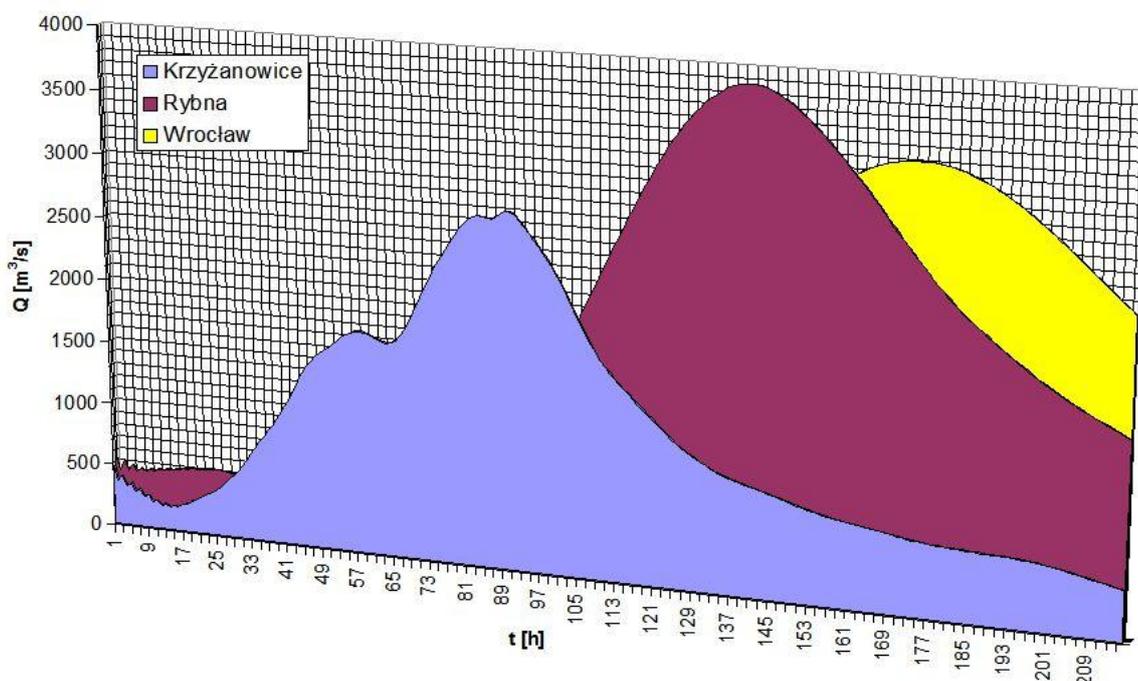
Versenkungssystem vorangehen. Im gegenteiligen Fall erfolgt eine Verschlechterung des Hochwasserschutzes der oberhalb gelegenen Gebiete [1, 7, 8].

- Die lokale Füllung des Flussarms bei den größten Hochwassern ergibt sich aus dessen hydraulischen Durchflussbedingungen auf einem verhältnismäßig langen Abschnitt des Flußarms und des Flußtals. Sämtliche lokale Hindernisse im Durchfluss erstehen durch Stauung der Wasserstände flußaufwärts im Gebiet des hydraulischen Rückstaus (bis zu 10km). Diese recht offensichtliche Schlussfolgerung wird jedoch in der Praxis der laufenden Nutzung von Objekten des Hochwasserschutzes am häufigsten vernachlässigt. Die größten Vernachlässigungen treten am Zwischenwall der Oder direkt unterhalb der geschützten Städte auf.
- Bestehende Wallanlagen, die im 19. und 20. Jh. gebaut wurden, erfordern Verstärkung und Erhöhung, die Kais in den Städten Sanierung bzw. Wiederaufbau. Jedoch müssen die Parameter der modernisierten Wälle der entsprechenden Kategorie den geschützten Gebieten entsprechen. In III. 4 wurde der maßgebende und Kontroll-Durchfluss im oberen Odertal für Objekte der Kl. I und II dargestellt In III. Hingegen 5 entsprechende Durchflüsse im oberen Weichseltal (Krakau-Warschau).
- Aufgrund der aktuellen Lage und der Perspektive der kommenden Jahre wird die hydrometeorologische Prognose laufende Information über vorgenommene Ablassungen aus den Sammelbecken sowie über die Nutzung von Simulationsmodellen bei der Fassung rationaler Entscheidungen zur Nutzung im Hochwasserschutzsystem der Zuflüsse der Oder und Weichsel immer größere Bedeutung annehmen. In nicht zum Druck bestimmten Publikationen und Rapporten wurde eine kritische Bewertung des Stands des Hochwasserschutzes in Polen vorgestellt. Jedoch zeigten erst das katastrophale Hochwasser im Juli 1997 im Oderzufluss und das Hochwasser von 2010 am Weichselzufluss die dramatischer Dimension die systematischen, technischen und organisatorischen Vernachlässigungen.

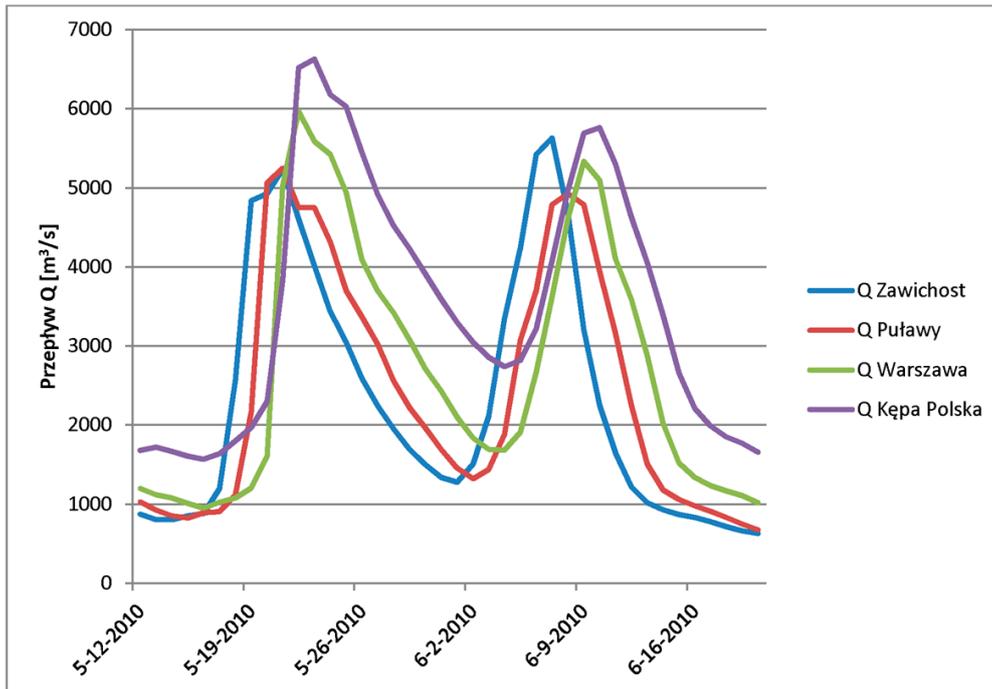
Infolge von Niederschlägen, die vom 5.07. - 9.07.1997 das gesamte Zuflussgebiet der oberen Oder ergriffen, schwollen alle links- und rechtsseitigen Zuflüsse an und führten ihre Wellen ins Odertal ab, meist unmittelbar vor der Ankunft der Gebirgswelle der Oder. Die verbundenen Wellen von Opava, Oder und Ostravice bildeten eine relativ einheitliche Welle, die durch die Schwellung der Olsa in der Aufnahme phase verstärkt wurde. Als die Kulminierung in eine abfallende Phase überging, kam die II. Welle der Olsa am 9.07. in den frühen Morgenstunden, was zu einer weiteren Vergrößerung der Oderwelle beitrug und im Endeffekt diesen Synchronisation am Knotenpunkt von Oder und Olsa entstand eine Welle, die alle bekannten Hochwasser überschritt [10].

Es existieren glaubwürdige Beobachtungen der Wasserstände während der Schwellungen ab 1830 und teilweise Daten für die sommerliche Welle von 1813. An der oberen Oder erreichte das Hochwasser von 1813 die höchsten Ordination. Von der Mündung der Neiße bis zum Querschnitt Brieg Brücke markierte die Welle von 1903 die absoluten Maxima. Beginnend von Breslau bis Ścinawa (Steinau an der Oder) hingegen wurden die größten Gebiet bei den Überschwemmungen von 1854 überflutet. Vom 8. bis 17. Juli 1997 wurden alle maximalen historischen Stände überschritten. Infolge der Füllung des Tals durch Anschwellungen der Zuflüsse und der ausgebauten Phase, die die Gebirgswelle der Oder einbringt, bewegte sich ihre Kulminierung bedeutend schneller fort, als das die offiziellen Prognosen vorhersagten, insbesondere auf dem Abschnitt von Ratibor bis Opatowitz und weiter bis Breslau.

Im weiteren Verlauf nimmt die Oder den größten linksseitigen Zufluss, die Glatzer Neiße, auf. Die Fläche dieses Einzugsgebiets dieses Bergbachs überschreitet 4500 km<sup>2</sup>. Die Anschwellungen der Glatzer Neiße überholen meist die Oderwelle um 1-2 Tage. Infolge der Überlappung der Welle der Glatzer Neiße mit der Spitze der Welle der oberen Oder erfolgte eine vorzeitige Stauung der Wasser von Neiße und Oder, bevor die eigentlich Kulmination der Oder kam. Diese Situation trat vielfach ein, z.B. 1903. Im Juli 1997 verfügte die Welle der Glatzer Neiße über zwei Scheitel - der erste überflutete am 7. Juli in den Mittagsstunden einen Teil von Glatz. Leider kam in den Nachtstunden vom 7. auf den 8. Juli eine zweite Welle, die Glatz und teilweise Bardo (Warta) überflutete. Die Bewertung der Kulminierung der Neiße erfolgte am 8. Juli in den, als die Welle das Sammelbecken Otmuchów füllte; der maximale Zufluss zum Sammelbecken überschritt 2100 m<sup>3</sup>/s und der Gesamtzufluss zur Stautreppe der Sammelbecken Otmuchów - Nysa überschritt 2500 m<sup>3</sup>/s. In den Nachmittagsstunden des 8.07. befanden sich die Staubecken Otmuchów und Nysa in der Zone von gefährlicher Überlastung und in der entstandenen Lage wurde ab 18.00 Uhr ein Ablass in der Größenordnung 1350 - 1500 m<sup>3</sup>/s durchgeführt, der die Überflutung der Stadt Neiße zur Folge hatte. Infolge der schnelleren Fortbewegung der Welle der oberen Oder zur Mündung der Glatzer Neiße bildete sich in der Nacht vom 10. auf den 11. Juli eine Welle, die das rechtsseitige Urtal der Oder auf dem Abschnitt Neiße-Mündung - Jelcz überschwemmte. In der Nacht vom 11. auf den 12. Juli durchbrach die Kulminierung dieser Welle die linksseitigen Wallanlagen, die das Odertal vom Ohletal trennt. Am 12. Juli gegen 4<sup>30</sup> Uhr wurden die Breslauer Stadtteile Siechnice und dann Radwanice, Książę Małe und Mokry Dwór überflutet. In der Nacht vom 12. auf den 13. und am 13. Juli gab es eine reale Gefährdung, dass Biskupin, die Innenstadt und die Dominsel überschwemmt werden. Der Begrenzung des Zuflusses durch die Schleuse 1 des Polders Oławka sowie die Zerstörung des Abflusskanals zur Widawa, hat eine erfolgreiche Verteidigung dieser Stadtteile ermöglicht.



III. 6 Hochwasserwelle von 1997 im Tal der oberen Oder, generiert im Modell nach Cz. Szczegielniak, J. Zaleski [11]



III. 7 Hydrogramme der Welle der mittleren Weichsel 2010 [14]

Die Analyse der Verläufe der Hochwasser aus den Jahren 1997 und 2012 drängen folgende Bewertungen und Schlussfolgerungen auf:

1. Das große Hochwasser im Juli 1997 erreichte den höchsten Wasserpegel des Flussbettes im Tal der Oder seit Beobachtungen und Aufzeichnungen des 19. und 20. Jahrhunderts. Im Jahr 1903 traten in Mitteleuropa ebenfalls in der ersten Juli Hälfte meteorologische Bedingungen auf, die Starkniederschläge begünstigen und zu Hochwasser führten. Die Berggebiete des Zuflusses der Glatzer Neiße und der Oder wurden von intensiven Niederschlägen erfasst. Der Wasserpegel stieg 1903 am 8., 9. und 10. Juli in Summe lokal um 400mm. Hingegen führten die stärksten Niederschläge am 06., 7. und 8. Juli 1997 zu einen Anstieg des Wasserpegels von 05. bis 09. Juli um 500mm.
2. Das im Odertal bestehende Hochwasserschutzsystem, das in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts und ersten Jahrzehnten des 20. Jahrhunderts gebaut wurde, bestand aus der Grundlage von Berechnungen und Bewertungen, die sich auf die Ereignisse des Hochwasser von 1854 beziehen und somit nicht auf ein Hochwasser, wie dessen von 1997, vorbereitet war, dass den Anstieg von damals um 50% überstieg.
3. Die jahrlange Vernachlässigung der Instandhaltung der Hochwasserschutzvorrichtungen, das Fehlen von systematische Lösungsansätzen und moderner Organisation des Katastrophenschutzes hatten Einfluss auf die Größenordnung der Schäden und Verluste.
4. Die direkte Beobachtungen und die Ergebnisse der Analyse boten die Grundlage um optimale Maßnahmen zur Verbesserung des Hochwasserschutzes festzulegen, die im Programm Oder 2006 festgeschrieben wurden. Es sind die Hochwasserschutzsysteme der Städte Ratibor, Koźle, Oppeln und Breslau zu modernisieren, sowie der Bau von Poldern und Rückhaltebecken zu verwirklichen. Es wurde auch eine Konzeption möglicher Lösungen für Ratibor, Koźle, Oppeln und Breslau vorgestellt.

5. Zum Schutz des Tales und des Zuflüssen der Weichsel vor Hochwasser wurde nach 2010 ein Programm erarbeitet [13, 14].

6. Obwohl die Größe der kulminierenden Durchflüsse einen maßgebenden Durchfluss Klasse II erreichten ( $p=1\%$ , Kraków) bzw. sich im Bereich  $Q_p \sim 2\%$  an der mittleren Weichsel bewegten (III. 7) gemäß

[11], verursachte das Hochwasser von 2012 große Zerstörungen im Zufluss und in oberen und mittleren Teil der Weichsel.

7. Um eine optimale Nutzung der bestehenden und neu errichteten Objekten zu gewährleisten, welche dem Schutz des Zuflusses und des Tals der Oder und der Weichsel dienen, muss:

- das meteorologische und hydrologische Monitoring verbessert werden,
- ein modernes Warn- und Rettungssystem geschaffen werden, welches an die Struktur der Verwaltung und Selbstverwaltung angepasst wird,
- ein integrales Computermodell erstellt werden, welches die Entscheidungen während eines Hochwassers unterstützt,

## BIBLIOGRAPHIE

- [1] Bortkiewicz A., Szczegielniak Cz. (1993): **Problemy ochrony przed powodzią w dolinie górnej Odry**. Gosp. wodna Nr 11:255-258. (udział 65%, adaptacja modelu, wykonanie symulacji, analiza wyników).
- [2] Kudela H., Szczegielniak Cz. (1988): **Modelowanie numeryczne wezbrań powodziowych na przykładzie górnej Odry wraz z oceną wpływu obwałowania odcinka Miedonia – Krapkowice na przebieg fali powodziowej**. Materiały i Studia Opolskie Rok XXX, Zeszyt 65, (udział 50%, kier. zespołu, oprac. koncepcji modelu, oprac. bazy danych geodezyjnych i hydrologicznych, tarowanie, symulacje, interpretacja wyników)
- [3] Wołoszyn J., Gałoński B., Radczuk L., Szczegielniak Cz. (1981): **Przepływy maksymalne Odry**. Gosp. wodna Nr 9-10: 237 – 241. (udział 20% - organizacja pomiarów przepływu w kulminacji fali, analiza wyników, opracowanie charakterystyk  $H(Q)$ )
- [4] Wołoszyn J., Szczegielniak Cz. (1983): **A universal method of calculating flood surcharge in water reservoirs and the construction of a hypothetical hydrograph**. IAHS, VIII General Assambl - International Association for Hydrological Sciences, Hamburg. (udział 70%, parametry wezbrań z okresu 1901-1985, metodyka oprac. modelu)  
 $V_p = f(Q_d / Q_p)$
- [5] Szczegielniak Cz. (1989): **Metod wycislenija opieratiwnoj protiwpawodkowej emkosti wodochraniliszcza**. Moskwa, Wodnyje resursy nr 3: 44-49,
- [6] Szczegielniak Cz. (1993): **Racjonalna metoda konstrukcji fal hipotetycznych**. Zesz. Nauk. AR Wrocław Nr 233: 393-403.
- [7] Szczegielniak Cz. (1991): **Wpływ warunków hydraulicznych i zabudowy hydrotechnicznej na transformację wezbrań górnej Odry**. Gosp. wodna Nr 8: 183 – 190.
- [8] Szczegielniak Cz. (1995): **Ochrona od powodzi miast w dolinie górnej Odry**. Mater. konf. Kraków, 20-22 IX 1995: IV-1÷15. Międzynarodowa konferencja Ochrona miast przed powodzią.
- [9] Szczegielniak Cz. (1999): **Wybrane zagadnienia modelowania przejścia fali w systemie ochrony od powodzi górnej Odry i Wrocławia**. Wrocław a Odra, UM Wrocławia: 191-208.
- [10] Szczegielniak Cz. (1999): **Przebieg powodzi w lipcu 1997 roku w dolinie górnej Odry**. Wrocław a Odra, UM Wrocławia: 209-227.
- [11] Szczegielniak Cz., Zaleski J. (2000): **Wpływ planowanych przedsięwzięć w Programie dla Odry 2006 na propagację fali powodziowej w dolinie Odry**. Strategia modernizacji odrzańskiego systemu wodnego, PWN: 50-60 i 10 ilustracji (udział 80% - opracowanie modelu symulacji fali z 1997 r. w warunkach planowanej modernizacji, koncepcja modernizacji systemu ochrony przeciwpowodziowej, wykonanie symulacji i analiza wyników).
- [12] Maciejewski M., Ostojki M.S., Walczykiewicz T. i zespół autorów (2011): **Dorzecze Wisły monografia powodzi maj czerwiec 2010 r.** Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa.
- [13] Zaleski J., Bojarski A., Grela J., Gręplowska Z., Kondel B., Nachlik E. (2011): **Program ochrony przed powodzią w dorzeczu górnej Wisły**. Uchwała Nr 151/2011 Rady Ministrów z dnia 9 sierpnia 2011 r. w sprawie ustanowienia „Programu ochrony przed powodzią w dorzeczu górnej Wisły”
- [14] Kozłowski J., Żelazo J., Balcerowicz M. i zespół autorów (2012): **Program bezpieczeństwa powodziowego w regionie wodnym w dorzeczu Środkowej Wisły** – projekt . www.mazowieckie.pl