

HENRY

Hydraulic Engineering Repository

Ein Service der Bundesanstalt für Wasserbau

Conference Paper, Published Version

Kamenský, J.

Die hydrologisch-hydraulische Analyse der Rekonstruktion des wasserwirtschaftlichen Knotenpunktes - Speicher Zemplínska Šírava

Dresdner Wasserbauliche Mitteilungen

Zur Verfügung gestellt in Kooperation mit/Provided in Cooperation with:
Technische Universität Dresden, Institut für Wasserbau und technische Hydromechanik

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/104103>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

Kamenský, J. (1997): Die hydrologisch-hydraulische Analyse der Rekonstruktion des wasserwirtschaftlichen Knotenpunktes - Speicher Zemplínska Šírava. In: Technische Universität Dresden, Institut für Wasserbau und technische Hydromechanik (Hg.): Sanierung und Modernisierung von Wasserbauwerken, aktuelle Beispiele aus Deutschland, Polen, der Slowakei und Tschechien. Dresdner Wasserbauliche Mitteilungen 10. Dresden: Technische Universität Dresden, Institut für Wasserbau und technische Hydromechanik. S. 187-198.

Standardnutzungsbedingungen/Terms of Use:

Die Dokumente in HENRY stehen unter der Creative Commons Lizenz CC BY 4.0, sofern keine abweichenden Nutzungsbedingungen getroffen wurden. Damit ist sowohl die kommerzielle Nutzung als auch das Teilen, die Weiterbearbeitung und Speicherung erlaubt. Das Verwenden und das Bearbeiten stehen unter der Bedingung der Namensnennung. Im Einzelfall kann eine restriktivere Lizenz gelten; dann gelten abweichend von den obigen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Documents in HENRY are made available under the Creative Commons License CC BY 4.0, if no other license is applicable. Under CC BY 4.0 commercial use and sharing, remixing, transforming, and building upon the material of the work is permitted. In some cases a different, more restrictive license may apply; if applicable the terms of the restrictive license will be binding.



Die hydrologisch-hydraulische Analyse der Rekonstruktion des wasserwirtschaftlichen Knotenpunkts - Speicher Zemplínska Šírava

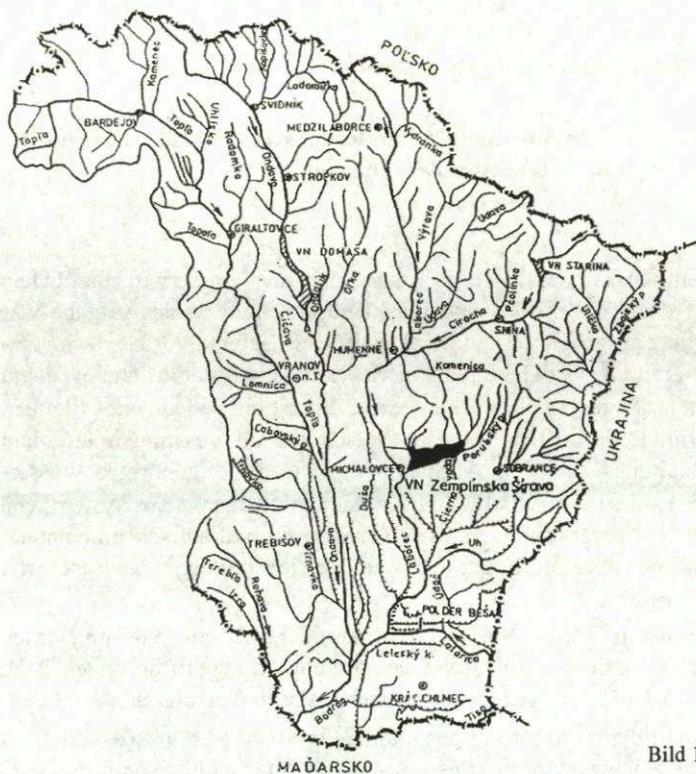
1 Einleitung

Der Speicher Zemplínska Šírava wurde im Rahmen der wasserwirtschaftlichen Erschließung auf dem Ostslowakischen Flachland errichtet. Seine Aufgabe war vor allem der Schutz ausgedehnter landwirtschaftlicher Gebiete vor Überschwemmungen. Er liegt am Fuße des Gebirges Vihorlat nordöstlich von Michalovce, am Fluß Čierna Voda als Seitenbehälter des Laborec, und ist ein bedeutendes Element im Flußgebiet von Bodrog (Bild 1). Der Speicher stellt zusammen mit dem Laborec, dem Zuleitungs- und dem Abflußkanal sowie den zugehörigen Wasserbauwerken einen „wasserwirtschaftlichen Knotenpunkt“ dar - ein System von Flüssen, Kanälen und deren Anlagen, die hydrologisch-hydraulisch miteinander verbunden sind und über eine gemeinsame Betriebsordnung bewirtschaftet werden.

Der Bau erfolgte in den Jahren 1961 - 66 und befindet sich seit 1966 im Betrieb (seit 1974 im Dauerbetrieb). Auf Grund der dreißigjährigen Erfahrungen kann man konstatieren, daß die Anlage ihre Funktionen insgesamt erfolgreich erfüllt:

- ⇒ Sie transformiert durch ihr Retentionsvolumen von 100 Mio. m³ (davon 70 % beherrscht) die Hochwasserdurchflüsse in Laborec und schützt somit die Stadt Michalovce und 8 900 ha landwirtschaftlich bebauten Bodens vor Überschwemmungen.
- ⇒ Sie ermöglicht mit einem Nutzraum von 177 Mio. m³ die Bewässerung der landwirtschaftlich hochproduktiven Fläche von 79 000 ha im Ostslowakischen Flachland.
- ⇒ Sie erhöht die Durchflüsse des Laborec auf 15,0 m³/s für die dauerhafte Durchflußkühlung des Wärmekraftwerks Vojany.
- ⇒ Sie wird für die Erholung genutzt und ist darüber hinaus auch ökologisch wertvoll, was die anteilige Nutzung als Naturreservat für Wasserzugvögel beweist.

Im erfolgreichen Betrieb des wasserwirtschaftlichen Knotenpunkts Zemplínska Šírava traten im Zusammenhang mit der unzulänglichen Kapazität einzelner Systemelemente Probleme auf. Dieser Beitrag, der eine kurze Information über die Arbeiten (1, 2 und 3) ist, analysiert die Ursachen der Abweichungen von den geplanten Parametern und beinhaltet auch Entwürfe für die Lösung dieses Zustandes.



MAĎARSKO

Bild 1

2 Gegenwärtiger Zustand

Das System, das wir in dieser Arbeit aus traditionellen Gründen als wasserwirtschaftlichen Knotenpunkt - Speicher Zemplínska Šírava bezeichnen und dessen Probleme in den genannten Studien gelöst wurden, wird schematisch auf dem Bild 2 abgebildet. Es beinhaltet folgende Elemente:

- ⇒ den Speicher Zemplínska Šírava,
- ⇒ den Fluß Laborec bis zum Wehr Vojany mit seinen Zuflüssen,
- ⇒ die wasserwirtschaftlichen Anlagen auf dem Laborec,
- ⇒ den Zuleitungskanal,
- ⇒ den Abflußkanal.

Der Speicher Zemplínska Šírava ist als Seitenspeicher des Laborec der Funktionshauptteil des Systems. Er wurde durch einen Ostdamm mit einer Länge von 5,373 km und einen Südwestdamm mit einer Länge von 2,014 km gestaltet. Der Speicherinhalt beträgt 334 Mio. m³, in Abhängigkeit von der Bewirtschaftung treten folgende Wasserstände auf:

- ⇒ minimaler Betriebswasserstand 107,39 m ü NN,
- ⇒ maximaler Betriebswasserstand 113,94 m ü NN,
- ⇒ maximaler Retentionswasserstand 116,19 m ü NN,
- ⇒ katastrophaler Wasserstand (nicht steuerbarer Retentionsraum) 117,09 m ü NN

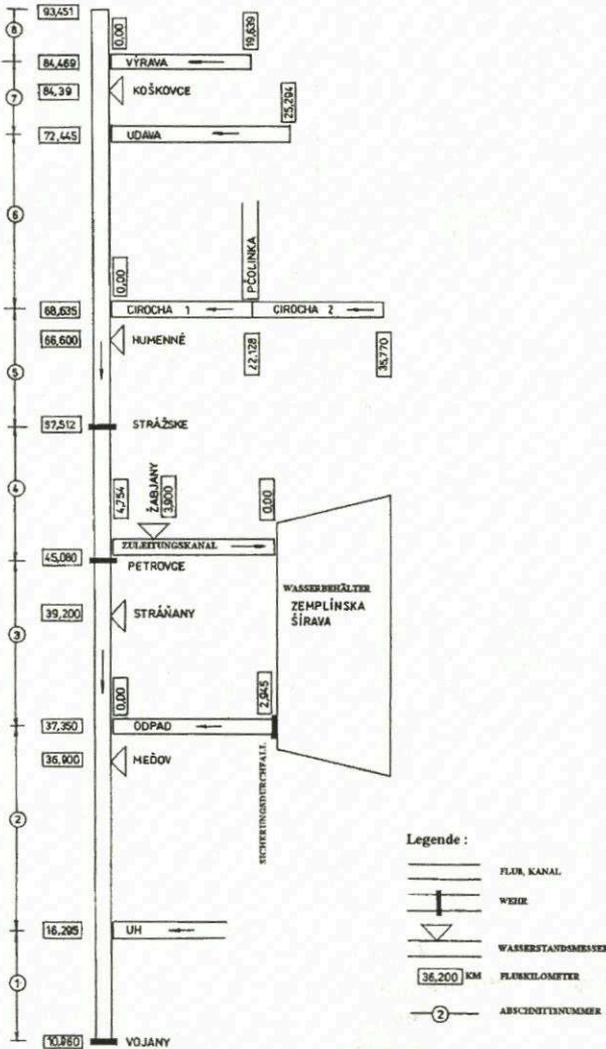


Bild 2

Für die Lösung der Betriebsprobleme des Systems zogen wir praktisch den ganzen Lauf des Laborec in Erwägung - ab Wehr Vojany in km 11,028 bis zu seiner Quelle inklusive der Hauptzuflüsse. Diese sind im unteren Teil des Laborec

(unterhalb der Abflußkanal-Einmündung) der bei Kilometer 16,295 zufließende Fluß Uh und oberhalb der Anschlußstelle des Zuleitungskanals: der Fluß Cirocha mit dem Zufluß Pčolinka (km 68,635), der Fluß Udava (km 72,445) und der Fluß Vyrava (km 84,469). Entlang des Laborec sind zwei Wehre in Betrieb. Das Wehr Vojany (km 11,028) sichert die Kühlwasserentnahme für das Wärmekraftwerk Vojany und das Wehr Strážske (km 57,312) dient der Wasserentnahme für die Industrie in der Region. Im Zufluß Cirocha befindet sich die Stauanlage Starina mit einem Speicherraum von 45 Mio. m³ und einem Retentionsraum von 8 Mio. m³, der die Hochwasserdurchflüsse um etwa 85 m³/s transformiert. Schlüsselobjekt dieses Systems ist das Verteilerbauwerk in Petrovce. Flußaufwärts dieses Bauwerks ist der Laborec auf einer Länge von ca. 3 km mit Stauhaltungsdämmen versehen und bildet damit eine Durchflußstauanlage. Die Verteileranlage stellt die Durchflußverteilung zwischen dem Laborec im Gebiet von Michalovce und dem Zuleitungskanal sicher. Im Normalfall fließt eine minimale Durchflußmenge von 1,4 m³/s in den Laborec.

Über den Zuleitungskanal wird dem Speicher Zemplínska Širava das Wasser des Laborec zugeleitet. Die gesamte Kanallänge beträgt 4,754 km. Am Verteilerbauwerk Petrovce ist der Kanal mit Dämmen mit einer Länge von 930 m versehen, der übrige Teil befindet sich im verhältnismäßig tiefen Durchstich. Der Abflußkanal leitet das Wasser von dem Behälter ab und mündet bei km 37,350 in den Laborec ein. Der Kanal besitzt einen trapezförmigen Querschnitt und eine Gesamtlänge von 2,945 km. Er ist beidseitig mit Dämmen versehen.

3 Betriebsprobleme

Nach mehr als 30-jährigem Betrieb dieses Wasserwerkes traten Probleme und Abweichungen von den geplanten Parametern auf. Eine Beurteilung des Zustandes und der Entwurf von Lösungen wurde nach dem Hochwasser im Jahre 1989 erforderlich. Damals kam es zur Überströmung des linksseitigen Zuleitungskanaldamms und zu seiner lokalen Zerstörung bei einer Durchflußmenge nach den offiziellen Angaben von 400 m³/s, obwohl dieser Kanal für die Menge von $Q_{100} = 560 \text{ m}^3/\text{s}$ bemessen wurde.

Nach dem Studium der Eintragungen über den Betrieb, Befragungen des Flußverwalters und dem Vergleich mit den geplanten Parametern wurden folgende Probleme festgestellt:

- a) Das Problem der Transformation von Hochwasserdurchflußmengen des Laborec im Abschnitt Humenné - Petrovce ist mit Unsicherheiten bei den Angaben von N-jährigen Wassermengen verbunden. Im Profil Humenné (km 67,115) beträgt der Hochwasserabfluß des Laborec $HQ_{100} = 800 \text{ m}^3/\text{s}$, im 28 km flußabwärts gelegenen Profil Stráňany (Michalovce) dagegen nach offiziellen Angaben $HQ_{100} = 560 \text{ m}^3/\text{s}$. In diesem Abschnitt kommt es nach den Angaben des Slowakischen hydrometeorologischen Instituts (SHMÚ) zur

Durchflußtransformierung um $240 \text{ m}^3/\text{s}$, die durch Retention auf dem 28 km langen Abschnitt des Laborec verursacht werden soll.

- b) Oftmals traten Probleme der Zuleitungskanal- und Verteilerbauwerkskapazität auf, vor allem jedoch im Jahr 1989. Eindeutig wurde nachgewiesen, daß der Zuleitungskanal nicht imstande ist, die geplante Durchflußmenge von $560 \text{ m}^3/\text{s}$ abzuleiten, was dem HQ_{100} im Profil Strážany entspricht, das dem Profil Petrovce am nächsten liegt. Durch den Betrieb des Verteilerbauwerks wurde auch nachgewiesen, daß das Bauwerk selbst nicht imstande ist, zuverlässig die Bemessungsmenge von $63 \text{ m}^3/\text{s}$ überzuleiten. Bei größeren Durchflußmengen entstehen hinter dem Tosbecken Auskolkungen, die die Tosbeckenkonstruktion beschädigen und die Stabilität der Anlage und des rechtsseitigen Dammes im Speicher Petrovce gefährden können.
- c) Das Problem der Kapazität des Abflußkanals aus Zemplínska Šírava wurde schon wesentlich früher beobachtet und es wurde festgestellt, daß seine Ursache nicht ein unterbemessener Durchflußquerschnitt ist, sondern sich aus dem hohen Wasserstand des Laborec und dem dadurch verursachten Rückstau ergibt.
- d) Das Problem der Abflußkapazität des Laborec ober- und unterhalb der Abflußkanaleinmündung hängt eng mit den vorhergenannten Problemen und Angaben zusammen. Der Laborec wird oberhalb der Einmündung durch den aufgestauten Wasserstand am Zusammenfluß von Abflußkanal und Laborec beeinflusst, die geringe Kapazität des Laborec unter der Einmündung wird einerseits durch den Aufstau ab der Einmündung des Flusses Uh und andererseits durch die unzureichende Durchflußquerschnittsfläche verursacht.

Es geht also um das Problem der unzulänglichen Durchflußkapazität von Flüssen, Kanälen und Anlagen, die sich gegenseitig beeinflussen und zusammenwirken. Es ist logisch, daß die Lösung sich aus einem Komplex von Maßnahmen ergibt, die möglichst durch eine vollständige hydraulisch - hydrologische Analyse des Durchfluß- und Wasserstandsregimes zu belegen sind.

4 Lösung

Mit der Lösung dieser Probleme wurde der Lehrstuhl der Hydrotechnik der Fakultät für Bauwesen an der Slowakischen Technischen Universität beauftragt. Es wurde ein klassisches, mit der Analyse der Unterlagen und des gegenwärtigen Zustandes beginnendes Lösungsverfahren gewählt, das mit der Zusammenstellung des mathematischen Systemmodells begann, mit der Lösung des Durchfluß- und Wasserstandsregimes weitergeführt wurde und mit dem Entwurf von Maßnahmen endete, mit deren Hilfe man diese Nachteile beseitigen kann.

Als hydraulische Grundlage der Untersuchungen dienten Querschnitts- und Talprofile, Lagepläne und morphologische Unterlagen, die Abflußkurven des Laborec an den Pegeln Humenné, Strážany, Meďov, Koškovce und Krásny Brod und vom Zuleitungskanal im Profil Žabjany. Weiterhin standen die Betriebs-

ordnungen der Wasserwerke Zemplínska Širava und Starina, der Wehre Vojany und Strážske sowie für die Bewirtschaftung im Schutzsystem des Ostslowakischen Flachlandes zur Verfügung. Aus den hydrologischen Unterlagen konnten langfristige hydrologische Charakteristiken des unbeeinflussten Regimes des Laborec in den Profilen Humenné, Stráňany und Ižkovce und die Meßergebnisse als Eintragungen über dem Übergang von Hochwasserwellen in den Profilen Humenné, Žabjany, Stráňany und Meďov ermittelt werden. Für bestimmte Überprüfungen von Angaben über maximale Durchflußmengen wurden klimatische Charakteristiken vom Flußgebiet des oberen Laborec wie tägliche Niederschlagssummen und deren Maxima, die Höhe von Schneedecken, Schneewasserwerte und die Angaben über durchschnittliche Tagestemperaturen ausgewertet.

Weil diese Unterlagen nicht genügend Angaben für die Verifikation und Kalibrierung des mathematischen Modells der stationär ungleichförmigen Strömung im System der Flußbetten und Kanäle boten, wurde es nötig, Terrainmessungen der Durchflußmengen in drei Profilen und des Wasserstandsverlaufes in den Abschnitten in der Nähe von den Meßprofilen durchzuführen. Im Jahre 1994 wurden die Durchflußmengen in den Profilen Humenné und Meďov im Laborec und bei Žabjany auf dem Zuleitungskanal hydrometrisch festgestellt und der Wasserstandsverlauf in den 2,5 bis 3 km langen Abschnitten vermessen.

Die Hochwasserdurchflußmenge HQ_{100} im Profil Humenné, die offiziell mit $800 \text{ m}^3/\text{s}$ angegeben wird, überprüften wir durch die Anwendung des Niederschlags-Abflußmodells KAPPA, das eine bestimmte Modifizierung des SACRAMENTO-Modells darstellt, mit Einarbeitung des Schneeabflusses mittels YETTI-Modells. Dieses Modell wendeten wir auf das Flußgebiet des oberen Laborec über dem Profil Humenné an und verifizierten es mit drei gemessenen Verläufen von Hochwasserwellen. Die Unterschiede der gemessenen und berechneten Werte der Kulminations-Durchflußmengen waren verhältnismäßig klein, sie überschritten nicht $10 \text{ m}^3/\text{s}$. Das Niederschlags-Abflußmodell vom Flußgebiet des oberen Laborec wurde vor allem deswegen zusammengestellt, kalibriert und verifiziert, damit wir durch dessen Anwendung ein Hochwasser erhalten, das der Bildung des maximalen Abflusses bei extremen klimatischen Situationen entspricht. Diese Situation nennen wir die Bemessungssituation. Für ihre Festsetzung zogen wir maximale tägliche Niederschlagssummen mit einer Wiederholungszeitspanne von 100 Jahren der Niederschlagsmeßstellen im Flußgebiet des oberen Laborec in Erwägung, wobei als Eintrittsangabe das gewichtete Mittel der maximalen täglichen Niederschlagssummen in 5 Meßstellen (Humenné, Papín, Kamenica nad Cirochou, Medzilaborce a Starina) verwendet wurde. Die Niederschlagsmaxima wurden mit maximalen Niederschlägen auf eine Dauer von 180 Minuten und eine Periodizität von 0,02 begrenzt. Auf dem Teilflußgebiet Cirocha berücksichtigten wir die Retentionswirkung des Speichers Starina für die Berechnung der Bemessungssituation.

Die Durchflußkapazitäten einzelner Flußbett- und Kanalabschnitte (siehe Schema Bild 2) legten wir durch die Anwendung des mathematischen Modells vom Flußbett- und Kanalsystem fest. Das Modell wurde für den Fall der stationär ungleichförmigen Strömung und für den Fall der nichtstationären Strömung zusammengestellt. Das mathematische Modell beschreibt die Strömung in diesen Naturflußbetten:

- ⇒ Laborec vom Wehr Vojany km 11,028 bis zum km 93,451;
- ⇒ Cirocha vom Zusammenfluß mit dem Laborec am km 0,000 bis zum Speicher Starina km 35,770;
- ⇒ Pčolinka vom Zusammenfluß mit der Cirocha (km 0,000 bis km 18,315);
- ⇒ Udava vom Zusammenfluß mit dem Laborec (km 0,000 bis km 25,294);
- ⇒ Výrava vom Zusammenfluß mit dem Laborec (km 0,000 bis km 19,639).

Die Bestandteile des mathematischen Modells sind auch künstliche Kanäle:

- ⇒ der Abflußkanal in der gesamten Länge vom Zusammenfluß mit dem Laborec am km 0,000 bis zum Speicher Zemplínska Šírava;
- ⇒ der Zuleitungskanal in der gesamten Länge vom Speicher Zemplínska Šírava km 0,000 bis zum Verteilerbauwerk in Petrovce km 4,754.

Das mathematische Modell beinhaltet die durch Querschnitte und Talquerschnitte angegebene Flußmorphologie, den Rauigkeitsgrad n_k des Flußbettes und der Überschwemmungsgebiete (Inundation) n_i , bestimmte Rauigkeitscharakteristiken und hydrologische Eintrittsangaben bzw. Randbedingungen: die Durchflußmenge Q auf dem Flußabschnitt und die Wasserstandskote im Profil mit der kleinsten Stationierung auf dem Abschnitt. Das zusammengestellte mathematische Modell simuliert 188,656 km Naturflußbetten und regulierte Flußbetten sowie Kanäle und beinhaltet 1003 Querschnitte und Talquerschnitte, was eine durchschnittliche Profildichte von je 188 m repräsentiert. Am Modell wurden numerische Tests über den Einfluß des Rauigkeitsgrads durchgeführt, das Modell wurde auf Grund erreichbarer und von uns gemessener Daten des Wasserspiegelverlaufes und der Durchflußmenge kalibriert und nach den Abflußkurven für die Wassermeßstellenprofile des Slowakischen hydrometeorologischen Instituts (SHMÚ) verifiziert. Die Rauigkeitsgrade des Flußbettes wurden in den Grenzen von 0,029 bis 0,040 variiert, im Bereich der Inundation von 0,055 bis 0,070.

Für die Lösung der hydrodynamischen Aufgaben wurde das Programm FENIX angewendet. Es löst für die eindimensionale Aufgabe:

- a) iterative Ermittlung des Wasserspiegelverlaufs bei stationär ungleichförmiger Strömung nach der bekannten Beziehung (4) für die Wasserstandsdifferenz im oberen Querschnitt gegenüber dem unteren

$$Z = \chi \cdot Q^2 \left(\frac{1}{S_2^2} - \frac{1}{S_1^2} \right) + (i_E)_p \cdot l$$

- mit $Z = KH_1 - KH_2$ Wasserstands­differenz der benachbarten Querschnitte,
 χ - Beiwert für Profilform und -veränderung,
 l - Abschnittslänge, bestimmt durch die Differenz der Profilstationen,
 Q - Durchflußmenge,
 S - Durchflußfläche,
 $(i_E)_p$ - durchschnittliche Neigung der Energielinie auf dem Abschnitt, als arithmetisches Mittel der Energielinien­gefälle in beiden Profilen.

b) die Zeitentwicklung der Wasserstände und Durchflußmengen in einzelnen Profilen durch numerische Integration der partiellen Differentialgleichungen der Kontinuität

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + B \frac{\partial y}{\partial t} = 0$$

und der Saint-Venantschen dynamischen Gleichung

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\beta \frac{Q^2}{S} \right) + g \cdot S \left(\frac{\partial y}{\partial x} - i_0 \right) + \frac{g \cdot |Q| Q}{C^2 \cdot S \cdot R} = 0$$

- worin x - unabhängig veränderliche Länge,
 t - unabhängig veränderliche Zeit,
 g - Schwerebeschleunigung,
 β - Korrekturfaktor des Bewegungs­vermögens,
 ∂ - Symbol der partiellen Derivation,
 i_0 - Neigung der Flußsohle,
 y - Tiefe,
 B - Flußbreite im Wasserspiegel,
 R - hydraulischer Radius unter Benutzung des Preismanschen Implizitschemas (5) ist.

Durch die Anwendung des mathematischen Modells der nichtstationären Strömung wurden die Fließzeiten aus einzelnen Teilflußgebieten des oberen Laborec zum Profil Humenné festgesetzt. Für dieses Profil wurde die Durchflußmenge $Q_{100} = 800 \text{ m}^3/\text{s}$ überprüft und bestätigt. Weiter wurde dieses Modell für die Überprüfung der Retention des Flusses Laborec zwischen den Profilen Humenné und Petrovce benutzt. Es wurde festgestellt, daß es im gegenwärtigen Zustand nicht real ist, mit der angegebenen Durchflußtransformation von 800 auf $560 \text{ m}^3/\text{s}$ zu rechnen, sondern daß ein deutlich geringeres Retentionsvermögen des Flusses mit einer Transformation von 800 auf $728 \text{ m}^3/\text{s}$ vorliegt. Diese Durchflußmenge ist für die Bemessung des Verteilerbauwerks maßgebend und auf den Zuleitungskanal und den Laborec zu verteilen.

Das mathematische Modell der stationären ungleichförmigen Strömung benutzen wir für die Ermittlung der Durchflußkapazität der inkriminierten Flußbett- und Kanalabschnitte. Wir stellten folgendes fest:

- Die reale Durchflußkapazität des unteren Laborec (unter der Abflußkanal-Einmündung) teilweise durch den Rückstau vom Zufluß Uh determiniert ist. Der Rückstau erreicht eine Länge von 20 km oberhalb des Zusammenflusses. Die Durchflußkapazität kann man aus der Bedingung der Nichtgefährdung der Brückenkonstruktionen über den Wert von 340 - 370 m³/s ausdrücken.
- Das Durchflußvermögen des Laborec in Michalovce ist wegen seines regulierten Abschnittes größer und kann durch die Ungleichung

$$Q_0 + Q_L \leq 320 \text{ m}^3 / \text{s}$$

ausgedrückt werden, wobei Q_0 und Q_L die Durchflußmengen im Abflußkanal und im Laborec sind.

- Die Durchflußkapazität des nicht regulierten Laborec ist unterhalb des Verteilerbauwerks unzulänglich und erfordert eine entsprechende Regulierung dieses Abschnitts.
- Der Zuleitungskanal in Zemplínska Šírava hat unter den gegenwärtigen Bedingungen ein reales Durchflußvermögen von 425 m³/s. Dieser Wert wird durch den gegenwärtigen Zustand des Dammes in seinem oberen Abschnitt und durch die Höhenlage der Brücken in diesem Teil bestimmt.
- Für verschiedene Durchflußkombinationen im Laborec Q_L und im Abflußkanal Q_0 wurde die Durchflußkapazität des Abflußkanals festgesetzt. Sie kann durch das Bedingungssystem

$$Q_{0,\max} = 246 - 0,53 \cdot Q_L \quad \text{und} \quad Q_{0,\max} + Q_L \leq 320,$$

ausgedrückt werden, wobei die erste davon die durch lineare Regression der Lösungsergebnisse aus dem Wasserspiegelverlauf für verschiedene Durchflußkombinationen gewonnene Gleichung ist und die zweite eine Summenbedingung darstellt, die die Flußbettkapazität des Laborec unter Michalovce berücksichtigt.

5 Maßnahmeentwürfe

Aus der hydrologisch-hydraulischen Analyse des Durchfluß- und Wasserspiegelregimes im System gingen Maßnahmeentwürfe hervor, die in drei Grundvarianten mit Kombinationsmöglichkeiten ausgearbeitet wurden.

Die erste Variante beruht auf der Voraussetzung der vollständigen Kapazitätsausnutzung des Zuleitungskanals im gegenwärtigen Zustand. Während eines HQ_{100} würden 425 m³/s durch den Kanal und die übrigen 295 m³/s durch das rekonstruierte Verteilerbauwerk in den Laborec fließen. Dieser Zustand wird jedoch durch die maximale Durchflußmenge im Abflußkanal, die 25 m³/s nicht überschreiten darf, bedingt. Also würde praktisch das gesamte Volumen der Hochwasserwelle im Retentionsraum des Speichers Zemplínska Šírava aufgefangen werden. Nach den extremen Durchflüssen würde dieser Raum durch den Abflußkanal entleert werden, weil sein Durchflußvermögen schon viel größer sein würde.

Diese Variante setzt voraus:

- den gründlichen Umbau des Verteilerbauwerkes, was durch einen neues Wehr mit einer Kapazität von ca. $230 \text{ m}^3/\text{s}$ oder durch den Neubau einer für $295 \text{ m}^3/\text{s}$ Durchfluß bemessenen Anlage gelöst werden könnte,
- den Ausbau des Laborec in seinem nicht regulierten Teil über Michalovce für die sichere Hinüberleitung der maximalen Durchflußmenge durch das Verteilerbauwerk.

Die zweite Variante nutzt die gegenwärtige Kapazität des Verteilerbauwerkes aus. Diese könnte nach den zusätzlichen Regulierarbeiten die geplanten $63 \text{ m}^3/\text{s}$ Ableitung in den Laborec erreichen. Durch den Zuleitungskanal würden $657 \text{ m}^3/\text{s}$ fließen und der Abflußkanal würde ein Durchflußvermögen von $212 \text{ m}^3/\text{s}$ erreichen. Diese Variante nimmt weniger Retentionsraum in Anspruch, ist aber verhältnismäßig kostspielig.

Es würde nötig:

- ⇒ die Dämme in der Nähe des Verteilerbauwerkes und am Speicher Petrovce um ca. 140 cm zu erhöhen,
- ⇒ die Dämme des Zuleitungskanals um ca. 130 cm zu erhöhen und zu dieser Erhöhung auch die Brücke mit der Staatsstraße anzupassen,
- ⇒ den gegenwärtigen Unterteil des Verteilerbauwerkes so anzupassen, daß die Durchflußmengen von $70 \text{ m}^3/\text{s}$ sicher hinübergeleitet werden könnten. Das setzt sodann die Regulierung des zugehörigen Flußabschnitts unterhalb des Verteilerbauwerkes voraus.

Die dritte Variante ist eine Kompromißlösung. Sie setzt manche Teilregulierungen im Zuleitungskanal und die Kapazitätserhöhung des Verteilerbauwerkes voraus, wobei die Quantifizierung dieser Regulierungen aus dem gewählten Verteilungsverhältnis der reduzierten maximalen Durchflußmenge im Profil Petrovce $Q_{100,\text{red}} = 730 \text{ m}^3/\text{s}$ zwischen dem Zuleitungskanal und dem Laborec hervorgeht. In der von uns entworfenen Kompromißvariante gingen wir davon aus, daß es somit nicht nötig wäre, die Brücke über dem Zuleitungskanal zu rekonstruieren. Dieser Anforderung entsprechen bei der Einhaltung der 50 cm Reserve zwischen dem Wasserspiegel und der unteren Brückenbegrenzung folgende Durchflußverhältnisse:

- Durchflußmenge im Zuleitungskanal $525 \text{ m}^3/\text{s}$,
- Durchflußmenge im Laborec $195 \text{ m}^3/\text{s}$,
- Durchflußmaximum im Abflußkanal $125 \text{ m}^3/\text{s}$.

Diese Variante würde erfordern:

- ⇒ die Dammerhöhung im Speicher Petrovce und im Zuleitungskanal um 50 cm ,
- ⇒ die Rekonstruktion und Erweiterung des Verteilerbauwerkes mit der Ausnutzung der Kapazitätsthroughflusses von $65 \text{ m}^3/\text{s}$ durch das bestehende Bauwerk und den Aufbau des neuen Wehres mit einem Durchflußvermögen von $130 \text{ m}^3/\text{s}$ neben dem existierenden Bauwerk,

⇒ die Regulierung des Flußbetts des Laborec im Gebiet von Michalovce ab km 40,700 bis zum Tosbecken des wesentlich rekonstruierten Verteilerbauwerkes für die Durchflußmenge von $195 \text{ m}^3/\text{s}$.

Die entworfenen Lösungsvarianten wurden technisch ausgearbeitet und die Orientierungskosten für die Realisierung unter Festsetzung der nötigen Grundeinnahmen berechnet. Es wurde die erste Variante gewählt. Sie wird in zwei Modifikationen verfolgt werden - der Erweiterung des Verteilerbauwerkes oder der Beseitigung des alten Verteilerbauwerkes und einem Neubau. Weiter setzt man Modelluntersuchungen für den optimalen Standort des Bauwerkes und seinen technischen Entwurf (Durchflußkapazität, Tosbeckenabmessungen, Pfeiler, Staukonstruktionen) sowie die detaillierte Ausarbeitung der technischen Lösung auf Grundlage der Modellergebnisse voraus.

6 **Schlußfolgerungen**

Dieser Beitrag gibt eine kurze Information über die Lösung mancher Teilprobleme aus dem 30-jährigen Betrieb des wasserwirtschaftlichen Knotens - Speicher Zemplínska Šírava. Wodurch entstehen diese Probleme und wie soll man ihnen auch bei neuen wasserwirtschaftlichen Bauvorhaben vorbeugen? Die Ursachenanalyse mancher Nachteile zeigte, daß folgenden Punkten große Aufmerksamkeit zu widmen ist:

- 1) Kritische Analyse der hydrologischen Angaben, die zwar offiziell und verbindlich sind, wobei aber trotzdem überprüft werden muß, ob sie den gegenwärtigen Bedingungen im Flußlauf entsprechen. Die Angaben über Hochwassermengen, die der hydrometeorologische Dienst liefert, werden als unbeeinflusste Angaben bezeichnet und sind ein Ergebnis der statistischen Verarbeitung langer Zeitreihen von Beobachtungen. Sie sind außerordentlich wertvoll, jedoch steht der Projektant in der Pflicht zu überprüfen, ob nicht ein antropogener Eingriff in den Flußlauf vorgenommen wurde, der das Hochwasserdurchfluß- oder Wasserspiegelregime markant beeinflußt haben könnte. Im gelösten Fall konnte durch die Eindämmung bestimmter Flußabschnitte des Laborec das Retentionsvermögen der Überschwemmungsgebiete verändert werden, was sich in einer wesentlichen Herabsetzung der Hochwasserdurchflußmengen im Profil Petrovce äußerte.
- 2) Wichtig ist auch die Auswahl und die Anwendung der passenden Methoden der hydraulischen Strömungsberechnung in offenen Flußläufen und an wasserbaulichen Anlagen. Die von uns studierten Entwürfe aus 50 Jahren entsprachen den damaligen Kenntnissen und Möglichkeiten. Der hydraulische Entwurf der Zuleitungs- und Abflußkanäle wurde unter der Voraussetzung des stationär gleichförmigen Abflusses ausgearbeitet, der Rückstaeinfluß auf das Wasserspiegelregime wurde nicht beurteilt usw.

Der gegenwärtige Erkenntniszustand in der Fluß- und Anlagenhydraulik und vor allem die Möglichkeiten, die die EDV bietet, ermöglichen auch durchschnittlich ausgestatteten Projektierungsbüros, komplizierte Probleme wesentlich genauer mit

wirklichkeitsnahen Ergebnissen zu lösen. Die Ausnutzung der ein- und zweidimensionalen Modelle für die stationäre und nichtstationäre Strömung in den Flußläufen und in der Umgebung von Bauwerken sind zusammen mit den Modellen für die Schwemmstoffe, Kolke, Transport und Sedimentation schon jetzt ein unverzichtbarer Bestandteil von Studien und technischen Entwürfen des wasserwirtschaftlichen Bauens.

7 Literatur:

- [1] Kamenský, J. und co.: Hydraulische Parameter des Speichers Petrovce und des Zuleitungskanals in Zemplínska Šírava. Slowakische Technische Universität (STU), Fakultät für Bauwesen (SvF), Lehrstuhl der Hydrotechnik, Bratislava, 1992
- [2] Kamenský, J. und co.: Die Rekonstruktion des wasserwirtschaftlichen Knotens - Speicher Zemplínska Šírava.
- [3] Kamenský, J. und co.: Die Rekonstruktion des wasserwirtschaftlichen Knotens - Speicher Zemplínska Šírava - Studienausweitung. Slowakische Technische Universität (STU), Fakultät für Bauwesen (SvF), Lehrstuhl der Hydrotechnik, Bratislava, 1995
- [4] Mäsiar, E., Kamenský, J.: Hydraulik für Bauingenieure II. Die Strömung in offenen Flußläufen und in poriger Umgebung. ALFA, Bratislava, 1989
- [5] Abbott, M.: Computational Hydraulics. Pitman, 1979