

Echtzeitbewirtschaftung eines Flussgebietes am Beispiel der Ruhr*

Von Gerd Morgenschweis

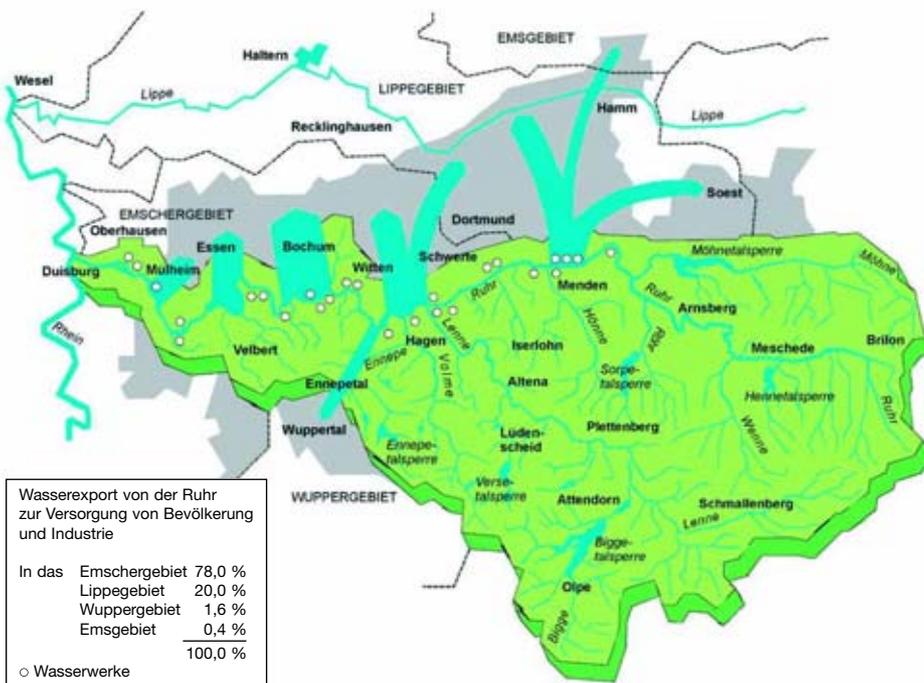
Die von der EU-Wasserrahmenrichtlinie geforderte integrierte und einzugsgebietsbezogene Bewirtschaftung von Flussgebieten wird vom Ruhrverband im Einzugsgebiet der Ruhr schon seit Jahrzehnten erfolgreich betrieben. Welchen Beitrag hierzu das vorhandene Talsperrensystem leistet, wird am Beispiel der Bewirtschaftung während Hoch- und Niedrigwasserzeiten aufgezeigt. Die hierbei zur Anwendung kommenden oder im Aufbau begriffenen Modelle für die Lang- und Kurzzeitbewirtschaftung und insbesondere zur Echtzeitsteuerung eines komplexen wasserwirtschaftlichen Systems werden vorgestellt.

1 Problemstellung

Zur Sicherung der Wasserversorgung des Ruhrgebietes, einer der dichtbesiedeltesten Industrieregionen Europas, betreibt der Ruhrverband als sondergesetzlicher Wasserverband seit nunmehr mehr als einem Jahrhundert praktische Wasserbewirtschaftung auf Einzugsgebietsbasis.

Im Rahmen einer überregionalen wasserwirtschaftlichen Aufgabenverteilung war der Ruhr schon Ende des 19. Jahrhunderts die Rolle des Trinkwasserspenders für das rechtsrheinisch-westfälische Industriegebiet zugewiesen worden, wogegen die Emscher der Abwasserentsorgung und Vorflutregulierung dienen sollte. Grund hierfür war, dass die Industrialisierung vom Ruhrtal ausgehend der Wanderung des Steinkohlenabbaus

nach Norden folgend und bald die Einzugsgebiete von Emscher und Lippe erfasste. Da die Emscher schon vor der Industrialisierung ein geringes, kaum ausreichendes Gefälle aufwies und der Fluss und seine Nebengewässer zunehmend mit Industrie- und Kommunalabwässern belastet wurden und gleichzeitig die vorhandenen Brunnen durch den Bergbaueinfluss versiegten, musste das notwendige Wasser von außerhalb des Einzugsgebietes herangeführt werden. Als Wasserlieferant boten sich die Wasserwerke, die entlang der am südlichen Rand des Ballungsgebietes fließenden Ruhr errichtet worden waren, an. Von dort waren nur kurze Entfernungen und geringe Pump Höhen zu überwinden [1]. In Bild 1 wird dieser „Wasserexport“ aus der Ruhr in die benachbarten Einzugsgebiete durch Pfeile gekennzeichnet.



2 Das Einzugsgebiet der Ruhr

Die Ruhr selbst ist jedoch als kleiner Mittelgebirgsfluss mit einer Länge von 217 km, einem Einzugsgebiet von 4 488 km² und einem langjährigen mittleren Abfluss von nur 70 m³/s (s. Tabelle 1), der zudem jahreszeitlich stark variiert (rd. 70% im Winter und 30% im Sommer), für die Versorgung von über 5 Mio. Menschen nebst Industrie und Gewerbe mit Trink- und Brauchwasser eigentlich von

Bild 1: Wasserexport aus dem Einzugsgebiet der Ruhr

Fig. 1: River Ruhr catchment basin including reservoirs and water exports

* Vortrag auf dem Geburtstagskolloquium „Emil Mosonyi 90 Jahre“ am 16. Februar 2001 in der Universität Karlsruhe (TH)

Natur aus ungeeignet. Andererseits sind die naturräumlichen Gegebenheiten im Einzugsgebiet der Ruhr, das sich von der Mündung in den Rhein bei Duisburg-Ruhrort bis in die Kammlagen des Rothaargebirges erstreckt, außerordentlich günstig. Wie Tabelle 1 zeigt,

- ist das Niederschlagsaufkommen, insbesondere in den Hochlagen des Sauerlandes relativ hoch,
- dominiert bei der Landnutzung der Wald mit seiner für den Wasserhaushalt ausgleichenden Wirkung,
- ist das Gefälle des Mittelgebirges von Ost nach West fallend, wodurch die Flüsse zwangsläufig dem natürlichen Gefälle folgend das Wasser aus den niederschlagsreichen Hochlagen zu dem flussabwärts gelegenen Ballungsraum transportieren können.

Trotz dieser günstigen naturräumlichen Voraussetzungen kam es in der Vergangenheit, insbesondere im Zusammenhang mit klimatischen Trockenperioden zu prekären Versorgungsengpässen sowohl im Hinblick auf Wassermenge als auch Wassergüte; insbesondere waren die hygienischen Verhältnisse dafür verantwortlich, dass noch bis zum Ende des 19. Jahrhunderts Epidemien von Malaria, Typhus und Ruhr auftraten [1]. **Bild 2** zeigt die trockenengefallene untere Ruhr bei Kettwig im September 1911.

Diese Wassermangelprobleme traten zwar während Zeiten geringen natürlichen Dargebots offen zutage, ihre Hauptursache waren jedoch die im Rahmen der Industrialisierung rapide zunehmenden Entnahmen von Wasser durch den Menschen. So zeigte die Entwicklung der Wasserentnahmen und des Wasserexports in benachbarte Einzugsgebiete von 1900 bis heute einen insgesamt steilen Anstieg bis Mitte der 70er Jahre des 20. Jahrhunderts; im Maximum wurden im Jahre 1974 1,35 Mrd. m³ Wasser aus der Ruhr entnommen, davon rd. 400 Mio. m³ in benachbarte Einzugsgebiete exportiert.

Vor allem das durch den Wasserexport verursachte Defizit, das sich insbesondere in den sommerlichen und herbstlichen Trockenperioden (vgl. **Bild 2**) verheerend bemerkbar machte, musste ausgeglichen werden. Die Grundidee des Bewirtschaftungssystems war, dies durch den Bau eines Speichersystems im Oberlauf der Ruhr und ihrer Nebenflüsse zu beheben. Vertreter der damaligen preußischen Regionalverwaltung, der kommunalen Selbstverwaltung und nicht zuletzt der ortsansässigen Industrie gründeten für diesen Zweck daraufhin im

Tabelle 1: Kennwerte des Ruhreinzugsgebiets

Table 1: Characteristics values of the river Ruhr catchment basin

| Topographie: | |
|--|-----------------------------|
| Fläche | 4 488 km ² |
| höchster Punkt = Kahler Asten | 841 m ü. NN |
| tiefster Punkt = Mündung in den Rhein | 17 m ü. NN |
| Flusslänge | 217 km |
| mittl. Flussgefälle | 3 ‰ |
| Landnutzung: | |
| - Siedlungen + Industrie + Gewerbe | 12,3 % |
| - Wald | 47,0 % |
| - Wasser | 1,0 % |
| - Landwirtschaft | 39,7 % |
| - davon Weide + Grünland | 12,4 % |
| Hydrologie: | |
| mittl. Gebietsniederschlag (1927 - 1999) | 1 054 mm/a |
| max. Niederschlagshöhe (= Station Winterberg-Altastenberg) | 1 782 mm/a |
| min. Niederschlagshöhe (= Station Essen-Ruhrhaus) | 622 mm/a |
| mittl. Abfluss MQ (1968 - 1999) am Pegel Hattingen | 70,0 m ³ /s |
| mittl. jährl. Abflusssumme (1927 - 1999) | 2,21 Mrd. m ³ /a |

Jahre 1899 einen Verein, den Ruhrtalesperrenverein, der 1913 durch ein preußisches Sondergesetz seinen Status als Körperschaft des öffentlichen Rechts erhielt [2].

Um die Integration von Menge und Güte zu gewährleisten, wurde gleichzeitig der Ruhrverband gegründet, dem, um sicherzustellen, dass das Wasser der Ruhr stets eine ausreichende Wasserqualität hat, Bau

und Betrieb von Kläranlagen als Hauptaufgabe auferlegt wurde [3].

Die Grundidee und ihre Umsetzung mit Hilfe von sondergesetzlichen Wasserverbänden war so vorausschauend, dass sie bis heute uneingeschränkt Bestand hat. Sie beinhaltete schon sehr früh Forderungen, wie sie in der jetzt vorliegenden EU-Wasserrahmenrichtlinie enthalten sind [4].

Real-Time River Basin Management in the Ruhr Catchment Area

by Gerd Morgenschweis

Integrated river basin management as set out in the EU Water Framework Directive has already been practised successfully for many decades by the Ruhr River Association (Ruhrverband) in the Ruhr catchment area. In this context, the important role played by the existing reservoir system is illustrated using the example of water management during flood and low-water periods. The paper presents several models currently applied for short-term and long-term river management or still being developed, and focuses particularly on models for the real-time management of a complex water resources system.

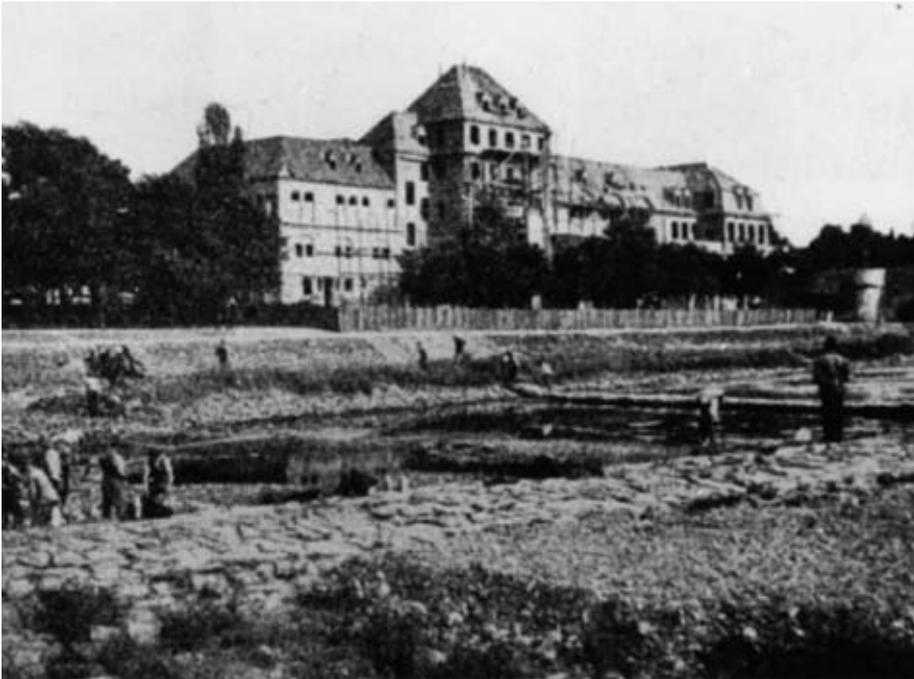


Bild 2: Trockengefallene untere Ruhr bei Mülheim im September 1911

Fig. 2: Low-water level of the river Ruhr near Mülheim during the drought in September 1911

Aufbauend auf dieser gesetzlichen Grundlage entstand im Laufe von rd. 100 Jahren das heute größte, von Anfang an für Zwecke der Wasserversorgung von Bevölkerung und Industrie konzipierte und einheitlich bewirtschaftete Talsperrensystem in Deutschland (s. Bild 1).

Neben einigen kleineren Talsperren, wie der Hasper-, Fürwigge-, Gloer-, Ennepe-, Jubach- und Heilenbecktalsperre, die mehr lokale Versorgungsaufgaben zu erfüllen hatten, wurde 1913 mit der Möhnetalsperre (134,5 Mio. m³ Staukapazität) erstmals ein Speicher für überregionale wasserwirtschaftliche Zwecke gebaut. Da der Wasserbedarf des Ballungsraums weiter stieg, folgten 1926/35 die Sorpetalsperre (70 Mio. m³), 1938/52 die Versetalsperre (32,8 Mio. m³) und 1951/55 die neue Hennetalsperre (38,4 Mio. m³ einschl. Beileitungssystem), 1958/60 das Beileitungssystem der Sorpetalsperre und – last but not least – die Biggetalsperre 1957/65 mit 171,7 Mio. m³. Insgesamt steht damit heute ein Talsperrensystem mit einem Gesamtstauraum von 473,6 Mio. m³ zur Verfügung (s. Bild 1) [5, 6].

Jedoch erst seit Inbetriebnahme der Biggetalsperre im Jahre 1965 war das System in der Lage, den Wasserbedarf der Wasserwerke jederzeit und in vollem Umfang zu decken.

Wasserentnahme und -export sinken seit Mitte der 70er Jahre stetig, nur von einzel-

nen klimatischen Trockenjahren unterbrochen. Dies liegt im Wesentlichen im Rückgang des Industriewasserbedarfs durch Umstrukturierung und/oder in Wassersparmaßnahmen im Zusammenhang mit dem Kreislaufwirtschaftsgesetz, aber auch im Rückgang des spezifischen Wasserbedarfs der Bevölkerung begründet.

Dies gibt Spielraum für die Umsetzung neuer Herausforderungen an das Talsperrensystem, wie sie z. B. von der EU-Wasserrahmenrichtlinie, bei der ökologische Belange des Flussgebietsmanagements im Vordergrund stehen, ausgehen können.

3 Bewirtschaftung des Flussgebiets der Ruhr

3.1 Gesetzliche Grundlagen und Voraussetzungen

Das Ruhrverbandsgesetz [7], das seit 1990 die gesetzliche Grundlage für die Bewirtschaftung der Talsperren darstellt, verpflichtet den Ruhrverband u.a.,

- an bestimmten Kontrollquerschnitten (Pegel Villigst, Pegel Hattingen, s. Bild 1) jederzeit einen vorgegebenen Mindestabfluss einzuhalten,
- Hochwasserabfluss durch Retention in den Talsperren zu verringern und so Über-

flutungen in unterhalb der Talsperren gelegenen Flussstrecken zu vermeiden bzw. zu mindern.

Das Talsperrensystem wird wegen seiner überregionalen Aufgabe vom Ruhrverband zentral von der Hauptverwaltung in Essen aus gesteuert, mehr als 100 km von den einzelnen Talsperren entfernt. Dabei wird aufbauend auf einem umfassenden Monitoring-System und den Ergebnissen mathematischer Modelle (s. Kapitel 4) zeitnah über die Abgaben aus den einzelnen Sperren entschieden.

Beim operationellen Betrieb des Systems sind in Abhängigkeit von der Abflusssituation im Einzugsgebiet zwei grundsätzlich verschiedene Betriebszustände zu unterscheiden:

- Niedrigwasser
- Hochwasser

3.2 Bewirtschaftung während Niedrigwasserzeiten

Der Abfluss in der Ruhr wird entscheidend von den Wasserentnahmen der Wasserwerke, die wie an einer Perlschnur entlang der Ruhr aufgereiht sind (s. Bild 1), beeinflusst. Sie entnehmen im Laufe der Jahre sehr unterschiedlich große Wassermengen aus dem Flusssystem.

Bild 3, in der am Beispiel des Trockenjahres 1996 die täglichen Werte der Entziehung (= Exports) dargestellt sind, zeigt neben der hohen Variabilität des Wasserexports darüber hinaus einen ausgeprägten Wochengang (Periodizität) sowie eine deutliche Saisonalität mit einem Entnahmemaximum im Sommer. Diese statistischen Zusammenhänge werden seit einigen Jahren genutzt, um mit Hilfe eines auf Fuzzy-Logic-Regeln basierenden Vorhersagemodells den Wasserbedarf für 1 bis 5 Tage vorauszusagen [11].

Die Genauigkeit der Vorhersagen, die nicht unmaßgeblich von der Güte der Temperaturvorhersage des Deutschen Wetterdienstes abhängt, hat sich im Laufe der Anwendung deutlich verbessert, da inzwischen ein größeres Spektrum der den Wasserbedarf im Einzugsgebiet beeinflussenden Größen bei der Kalibrierung des Modells eingegangen ist. Ein Vergleich zwischen gemessenen und vorhergesagten Tageswerten zeigt, dass bei Zugrundelegen eines 95 %-Signifikanzniveaus im Regelfall eine Vorhersagegenauigkeit von < 5 % erreicht wird [10, 11].

Das Modell hat sich in Niedrigwassersituationen als sehr hilfreich erwiesen und ist damit ein wichtiger Baustein zur Sicherung der Wasserversorgung eines der dichtest besiedelten Gebiete in Deutschland.

3.3 Bewirtschaftung während Hochwasserzeiten

Im Einzugsgebiet der Ruhr gibt es insbesondere an der Lenne, dem Hauptnebenfluss der Ruhr, Hochwasserprobleme.

Da die vorhandene Abflussleistung der Lenne in diesem Bereich zur schadlosen Abführung größerer Hochwasser zu gering ist, kommt dem Rückhalt in der oberhalb gelegenen Biggetalsperre bei Hochwasserereignissen große Bedeutung zu. Erfahrungen bei den letzten großen Hochwassern haben gezeigt, dass durch gezieltes Hochwassermanagement die Abflussspitze im hochwassergefährdeten Altena bis zu $170 \text{ m}^3/\text{s}$, das sind ca. 1,7 m Wasserstand, reduziert werden kann.

Zur Optimierung dieses Steuerungsproblems wurde im Auftrag des Ruhrverbands vom Institut für Hydrologie und Wasserwirtschaft der Universität Karlsruhe das adaptive Hochwasser-Vorhersagemodell VMOD entwickelt und implementiert, mit dessen Hilfe on-line während eines Hochwasserereignisses durch Variantenrechnungen eine optimale Abgabestrategie entwickelt werden kann [9].

Die Güte des Modells dokumentieren die Ergebnisse von Modellvorhersagen für Altena während des letzten großen Hochwassers im Oktober 1998 (siehe Bild 4). Neben der Ganglinie der gemessenen, tatsächlich abgelaufenen Hochwasserwelle (violette Linie) sind zu verschiedenen Zeitpunkten erstellte Vorhersageganglinien unter Berücksichtigung zeitlich aktualisierter Niederschlagsvorhersagen dargestellt (grüne Ganglinie = 1. Vorhersage v. 28.10.98, 5.00 h, rote Ganglinie = 2. Vorhersage v. 28.10.98, 13.00 h, blaue Ganglinie = 3. Vorhersage v. 28.10.98, 17.00 h). Das Maximum des Durchflusses ($418 \text{ m}^3/\text{s}$ gemessen) konnte mit hoher Präzision vorhergesagt werden ($429 \text{ m}^3/\text{s}$); ebenso der zugehörige Zeitpunkt (s. Bild 4). Eine so geringe Abweichung liegt im Bereich der Modell- und Messgenauigkeit [10].

Diese Beispiele zeigen, dass mit Hilfe geeigneter Modellwerkzeuge ein Talsperrensystem so gesteuert werden kann, dass Hochwasserscheitelwerte signifikant redu-

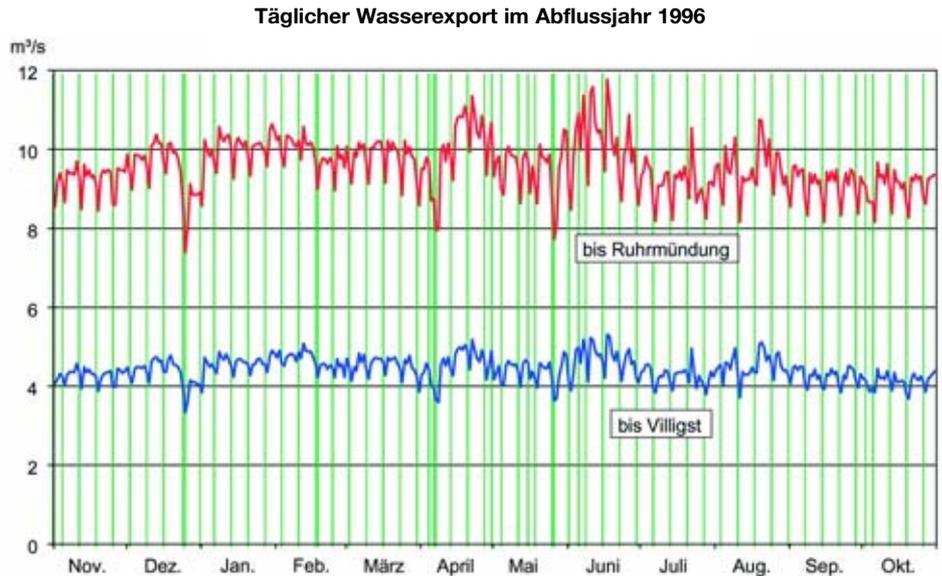


Bild 3: Tageswerte des täglichen Wassereexports (Entziehung) im Trockenjahr 1996
Fig. 3: Daily export values during the dry year 1996 at different control sections

ziert und Überschwemmungen in unterhalb gelegenen Flussabschnitten verhindert oder zumindestens vermindert werden können.

4 Modelle zur Echtzeitbewirtschaftung eines Einzugsgebiets

4.1 Allgemeines zur Modellentwicklung

Wie im vorhergehenden Kapitel dargestellt, sind entsprechend den verschiedenen Betriebszuständen (Niedrig- und Hochwasser) unterschiedliche Modelle in unterschiedlichen Raum- und Zeitskalen im Einsatz.

Die Entwicklung begann Anfang der 70er Jahre mit Simulationsmodellen zur Langzeitbewirtschaftung mit vorwiegend stochastischen Elementen, ging über on-line Hochwasservorhersagemodelle (s. Kap. 3.3) bis zur Erstellung eines Echtzeit-Steuerungsmodells, das zurzeit im Aufbau ist. Das Langzeitbewirtschaftungsmodell, das im Wesentlichen für Planungszwecke im Einsatz ist und die Grenzleistungsfähigkeit des Systems bei sich verändernden Randbedingungen simulieren lässt, wurde in Zusammenarbeit mit dem Leichtweiß-Institut der TU Braunschweig (Prof. Dr. U. Maniak) erarbeitet [1].

Die dagegen für den täglichen Entscheidungsprozess benötigten Modelle werden seit Mitte der 90er Jahre in enger Zusam-

menarbeit mit dem Institut für Hydrologie und Wasserwirtschaft (IHW) bzw. Institut für Wasserwirtschaft und Kulturtechnik (IWK) der Universität Karlsruhe vorange-
trieben.

4.2 Echtzeit-Bewirtschaftungsmodell RRM

Nach den positiven Erfahrungen mit dem Hochwasservorhersagemodell kam im Zusammenhang mit der außergewöhnlichen winterlichen Trockenperiode im Wasserwirtschaftsjahr 1996, in der das Ruhraltsperrrensystem an seine Leistungsgrenzen stieß, die Forderung nach einem Softwaresystem, das über die Simulation hinaus Entscheidungshilfen für die tagtägliche Steuerung des Talsperrensystems sowohl in Niedrig- und Mittel- als auch Hochwasserzeiten liefert. Solche Echtzeitbewirtschaftungsmodelle zeichnen sich im Gegensatz zu Simulationsmodellen, die die mittleren Gebieteigenschaften eines Einzugsgebietes beschreiben und in eine Langzeitbetrachtung umsetzen, dadurch aus, dass eine kontinuierliche Anpassung der Systemzustände an das gemessene Abflussverhalten möglich ist, d.h. konkret, dass die Talsperrenabgaben so gut angepasst werden, dass die gesetzlich vorgeschriebenen Mindestabflüsse an den Kontrollpegeln Villigst, Hattingen und Oeventrop niemals unterschritten werden. Das Betriebsmodell soll das vorhandene Modell zur Wasserbedarfsvorhersage (s. Kap. 3.2) und Vorhersagen von meteorologischen Kenngrößen einbeziehen und so eine

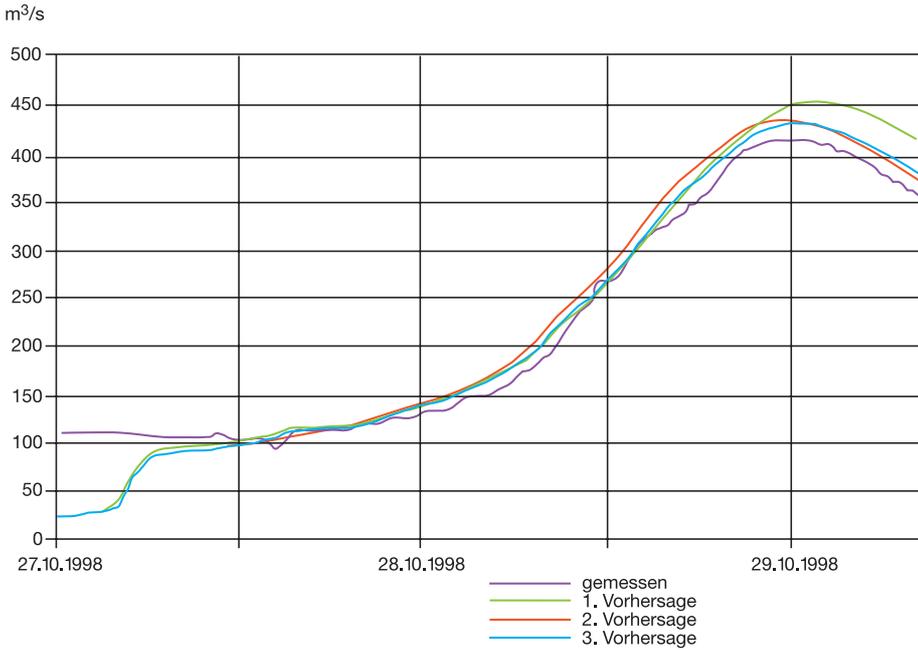


Bild 4: Ergebnisse von Hochwassermodellvorhersagen für Altena während des Oktober-Hochwassers 1998

Fig. 4: Hydrological flood forecasts for Altena during the October Flood in 1998

Vorhersage der Abflüsse an den Kontrollpegeln erstellen, die dann zur adaptiven Steuerung der Talsperrenabgaben genutzt werden kann.

Im Rahmen von Vorstudien von Delft Hydraulics (Niederlande) und dem IWK der Universität Karlsruhe wurde das in Bild 5 dargestellte Modellkonzept zur Lösung dieses Problems entwickelt.

Das Modellsystem, das kurzfristige Abflussvorhersagen in einem stark anthropogen geprägten Einzugsgebiet über das gesamte Abflussspektrum erstellen muss, soll aus einem System von „genesteten“ Teilmodellen bestehen. Das zugrundeliegende Flussgebietsmodell, das den Abfluss als eine Folge von Niederschlag-Abfluss-, Flood-Routing- und Speichermodellen (Talsperren bzw. Flusstauhaltungen) nachbildet, arbeitet in Zeitschritten von 1 Tag. Für Mittel- und Niedrigwasserbereiche ist dies ausreichend. Beim Übergang in eine Hochwassersituation wird ein gesondertes Hochwasser-Modell mit einer feineren räumlichen und zeitlichen (Stundenwerte) Diskretisierung zugeschaltet.

Den Kern des Softwaresystems bildet das Echtzeitbewirtschaftungsmodell. Es liefert Vorhersagen für den Abflussprozess und die Systemzustände im Einzugsgebiet über einen zu definierenden Vorhersagezeitraum.

Die Zuflüsse in die Speicher bzw. Gewässerstrecken werden in einem gekoppelten Wasserhaushaltsmodell berechnet. Das Entziehungswasservorhersagemodell EZVOR liefert die Belastungen des Systems, die an den Gewässerstrecken bzw. Speichern als punktuelle Wasserentnahmen angesetzt werden. Mit dem Wasserhaushaltsmodell soll insbesondere der Abfluss aus den Ein-

zugsgebietsanteilen ohne Talsperreneinfluss, die fast 2/3 des Gesamteinzugsgebietes ausmachen, vorhergesagt und so bei der Steuerung des Speichersystems angemessen berücksichtigt werden [10, 12].

4.3 Stand der Arbeiten und erste Ergebnisse

Aufbau und Kalibrierung des Wasserhaushaltsmodells sind erfolgreich abgeschlossen. Während für die detaillierte Analyse das rasterbasierte Kontinuumsmodell WASIM-ETH verwendet wurde, erwies sich für die operative Vorhersage das leichter handhabbare konzeptionelle Wasserhaushaltsmodell PRMS des US Geological Survey als praktikabler. Dieses klassische Modell arbeitet flächendetailliert mit "hydrological units". Dieses deutlich einfachere Modell lieferte insbesondere im Niedrigwasserbereich gute Simulationsergebnisse.

Parallel dazu wurde ein flächendetailliertes deterministisches Flussgebietsmodell für die Ruhr (aufbauend auf FGM) aufgebaut und mit historischen Daten kalibriert.

In Bild 6 sind die Ergebnisse am Beispiel von Zeitreihen der Abflussjahre 1992 und 1993 zusammengestellt. Es ist anzumerken, dass die Modellergebnisse für den Pegel Hattingen gelten, der 60 km oberhalb der Mündung der Ruhr in den Rhein liegt und bei dem sich erhebliche anthropogene Einflüsse auf das Abflussgeschehen, wie z. B.

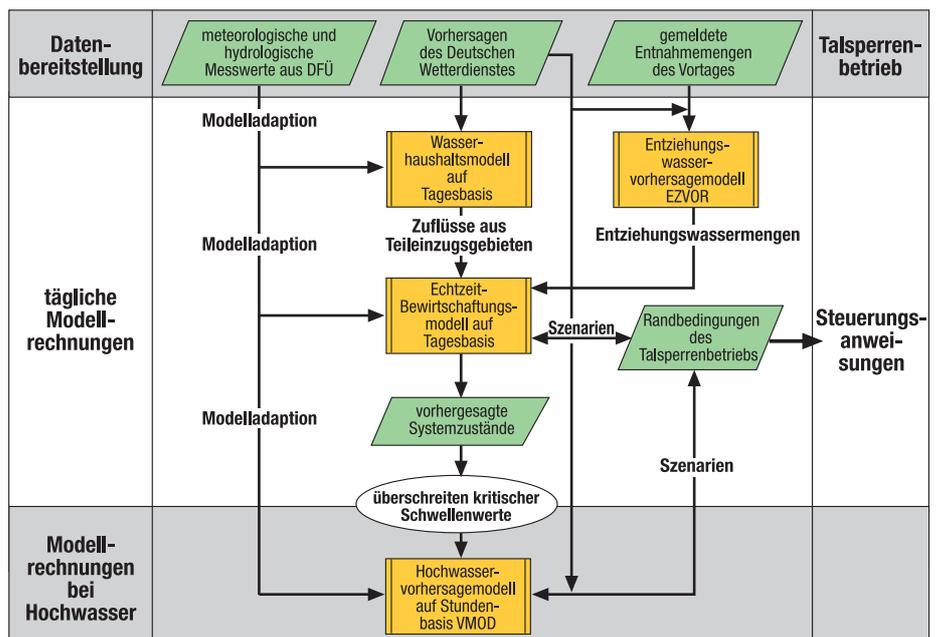


Bild 5: Modellkonzept Echtzeitbewirtschaftung

Fig. 5: Models for real-time river management

Bild 6: Kalibrierung des Flussgebietsmodells auf Tageswertbasis

Vergleich der gemessenen und berechneten Ganglinien am Pegel Hattingen

- a) Gesamtjahre 1992 und 1993
- b) Niedrigwasserperiode 1993
- c) Hochwasserperiode 1992/1993

Fig. 6: Calibration of the river basin model on the basis of daily data
Comparison of measured and calculated hydrographs at the gauging and control section of Hattingen

- a) Entire years of 1992 and 1993
- b) Low-water period 1993
- c) Flood period in 1992/1993

- über 600 Flusstauanlagen
- 14 Talsperren
- 95 Kläranlagenzu- und -abläufe
- 16 große Wasserwerke mit Flusswasserentnahme von derzeit 600 Mio. m³/a
- 2 Sumpfungswassereinleitungen

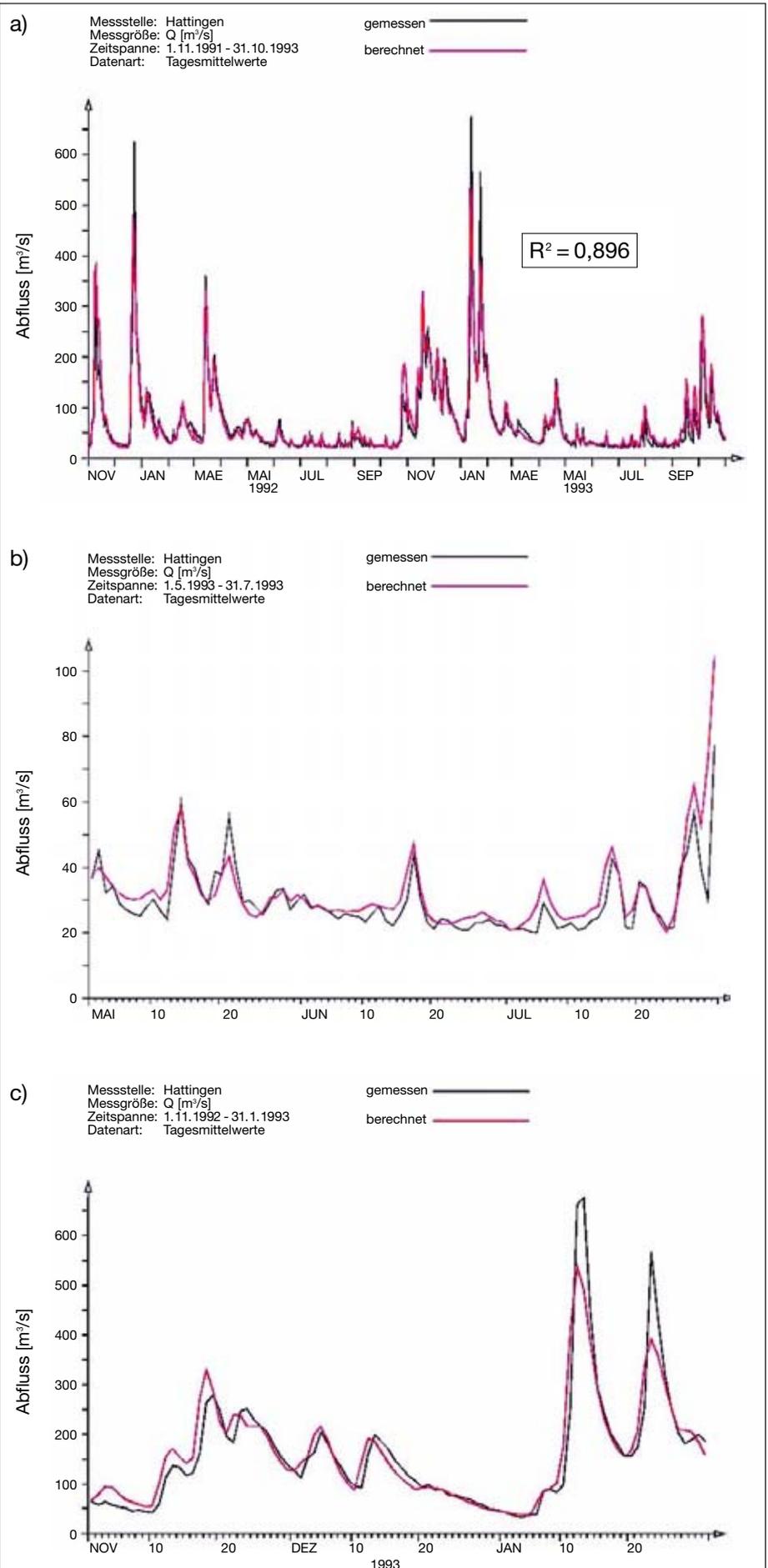
subsumieren.

Vor diesem Hintergrund ist die Anpassung des Modells als Kontinuum von 2 Abflussjahren (s. **Bild 6a**) als außerordentlich gut zu bezeichnen. Für Niedrigwasserperioden (s. **Bild 6b**) ist das Ergebnis mehr als zufriedenstellend. Dagegen sind die Ergebnisse von Hochwasserperioden (s. **Bild 6c**) nur unzureichend, da hier offensichtlich der Zeitschritt $\Delta t = 1 \text{ d}$ zu grob ist. Aus diesem Grunde soll auch der Hochwasserbereich mit einem speziellen Vorhersagemodell, das auf Stundenbasis läuft, bearbeitet werden (s. Konzept in Bild 5).

Das Gesamtsystem soll in den nächsten 2 Jahren in der Leitzentrale des Ruhrverbands für Mittel- und Niedrigwasserzeiten implementiert und anschließend für Hochwasservorhersagen analog zu dem schon im Einsatz befindlichen Lenne-Modell (s. Kap. 3.3) eingesetzt werden.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Ziel der laufenden Arbeiten ist ein Real-Time River Management System (RRM), das die optimierte Steuerung eines komplexen wasserwirtschaftlichen Systems über das gesamte Abflussspektrum und für das gesamte Flusseinzugsgebiet ermöglicht unter Einbeziehung aller denkbaren heute oder in Zukunft



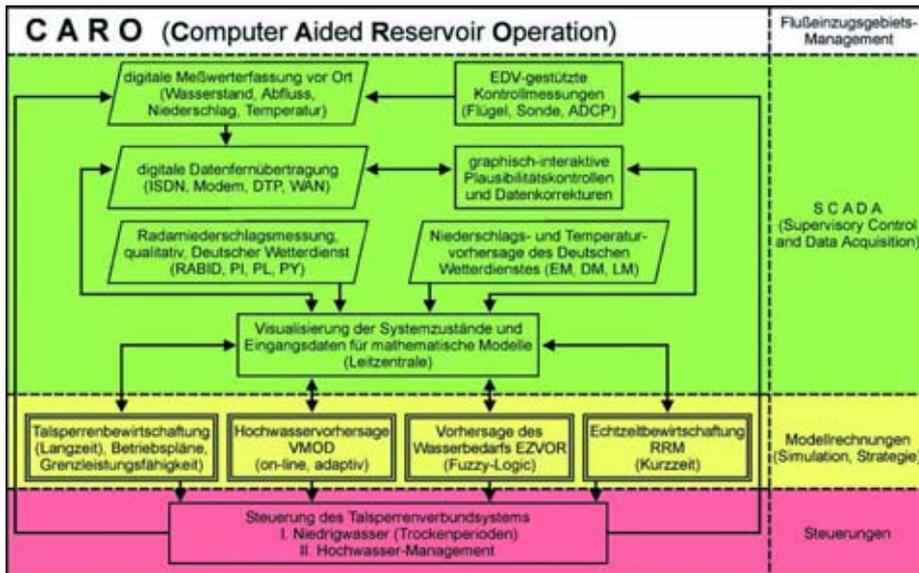


Bild 7: CARO als ganzheitliches Konzept zur Steuerung eines Talsperrensystems
 Fig. 7: CARO, a comprehensive concept for the operation of a reservoir system

verfügbaren Teilmodelle. Schnittstellen für die Einbindung eines Gewässergütemodells (QSIM, ATV) für eine integrative Menge-Gütemanagement sind vorgesehen.

Da die Modelle mit ihren Eingangs- und Ausgangsdaten engen Bezug zu den räumlichen Strukturen des Einzugsgebietes haben, ist die Implementierung aller Modellteile in das Geographische Informationssystem ArcView vorgesehen. Dies erleichtert es dem Anwender in der Leitzentrale, eine räumliche Vorstellung des Systemzustandes des Gesamtgebietes zu gewinnen.

Die vorgestellten Teilprojekte werden unter dem Namen CARO zusammengefasst (s. Bild 7), nicht um Associationen an einen bekannten Kindercafé zu erzeugen, sondern mit dem Gedanken – analog zu CAD oder CAL – eine EDV-gestützte Entscheidungshilfe, ein Decision Support System, zu schaffen, mit dessen Hilfe die Steuerung eines Talsperrenverbundsystems weiter objektiviert und optimiert werden soll [10]. Auch im Hinblick auf Anforderungen der EU-Wasser-Rahmenrichtlinie zum Flussgebietsmanagement messen wir diesem Werkzeugpool eine wichtige Bedeutung zu.

Anschrift des Verfassers:

Prof. Dr. rer. nat. Gerd Morgenschweis
 Ruhrverband Essen
 Abt. Mengenwirtschaft und Morphologie
 und Stabsstelle Flussgebietsmanagement
 Kronprinzenstr. 37, 45128 Essen



DK-Nr. 556.155 (282.243.163)

Literatur

- [1] Renz, F.-W. und Maniak, U.: Das Talsperrensystem Ruhr – 1. Fortbildungslehrgang Wasserwirtschaft des DVWK, München, 1985, E., S. 1 - 51.
- [2] Rissler, P.: Der Weg hin zum Ruhralsperrenverein. In: Ruhrverband (Hrsg.): 100 Jahre ganzheitliche Wasserwirtschaft an der Ruhr. – Perspektiven und Chancen. Parey-Verlag Berlin, 2000, S. 89 - 102.
- [3] Imhoff, K.: Die Reinhaltung der Ruhr. Verlag Haarfeld, Essen, 1912.
- [4] Bode, H.: Flussgebietsmanagement, dargestellt am Beispiel der Ruhr: Historie und zukünftige Notwendigkeit. In: Ruhrverband (Hrsg.): 100 Jahre ganzheitliche Wasserwirtschaft an der Ruhr. – Perspektiven und Chancen. Parey-Verlag, Berlin, 2000, S. 35 - 48.
- [5] Imhoff, K.R. und Morgenschweis, G.: Der Beitrag von Talsperren zur Deckung der Bedürfnisse von Mensch und Umwelt – Wasserwirtschaft, 81, 1991, Heft 7/8, S. 315 - 321.
- [6] Morgenschweis, G.: Bewirtschaftung der Talsperren im Einzugsgebiet der Ruhr. GeoCongress, 3, 1997, S. 205 - 212.
- [7] RuhrVG: Gesetz zur Änderung wasserverbandsrechtlicher Vorschriften für das Einzugsgebiet der Ruhr: Gesetz über den Ruhrverband (RuhrVG), 7. Februar 1990, Gesetz und Verordnungsblatt für das Land Nordrhein-Westfalen Düsseldorf (44), Nr. 21.
- [8] Morgenschweis, G.: Einsatz eines Monitoring-systems zur Steuerung von Verbundspeichern. Mitt. des Instituts für Wasserbau und Wasserwirtschaft der TU Darmstadt 103, 1998, S. 73 - 95.
- [9] Göppert, H. G., Morgenschweis, G., Ihringer, J. und Plate, E. J.: Flood Forecast Model for the Improved Reservoir Management in the Lenne Catchment, Germany. Hydrological Sciences Journal 43, 1998, pp. 215 - 242.
- [10] Morgenschweis, G.: CARO (Computer Aided Reservoir Operation) am Beispiel der Talsperren im Einzugsgebiet der Ruhr. Aktuelle Reihe 4.1/2000 der Brandenburgischen Techn. Universität Cottbus, Fakultät Umweltwissenschaften und Verfahrenstechnik, 2000, S. 114 - 120.
- [11] Morgenschweis, G.: Kurzfristige Vorhersage der Wasserentnahme aus einem Flussgebiet. – Proceedings der 8. Wiss. Tagung des DVWK an der Ruhr-Universität Bochum, 1995, 15 S.
- [12] Ihringer, J. & Brudy-Zippelius, T.: Echtzeitbewirtschaftung der Talsperren im Einzugsgebiet der Ruhr. Karlsruhe, 2000, unveröffentlicht, Zwischenbericht zum Proj. Nr. HY 98/10.