

ZUFLUSSVORHERSAGE IM VERBUND

Martin Bachhiesl und Otto Pirker

1. Die Bedeutung hydrologischer Vorhersagen für ein wasserkraftdominiertes EVU

1.1 Allgemeine Situation

Am Beispiel des Verbund wird die Bedeutung und der Einsatz hydrologischer Vorhersagemodelle für ein wasserkraftdominiertes Elektrizitätsversorgungsunternehmen dargestellt. Der Verbund, Österreichs größter Stromproduzent, verfügt über insgesamt 71 Wasserkraftanlagen (14 Speicherkraftwerke, 20 Laufschwellokraftwerke, 37 Laufkraftwerke) und 5 kalorische Kraftwerke.

1.2 Erzeugungsstruktur

Im Mittel liegt der Erzeugungsanteil der Wasserkraft im Verbund bei rund 90 %. Im Jahr 1999 (siehe Abbildung 1) lag der Wert aufgrund der guten Wasserführungsverhältnisse bei 92,5 % (Laufkraftwerke 58,3 %, Laufschwellokraftwerke 14,3 % und Speicherkraftwerke 19,9 %).

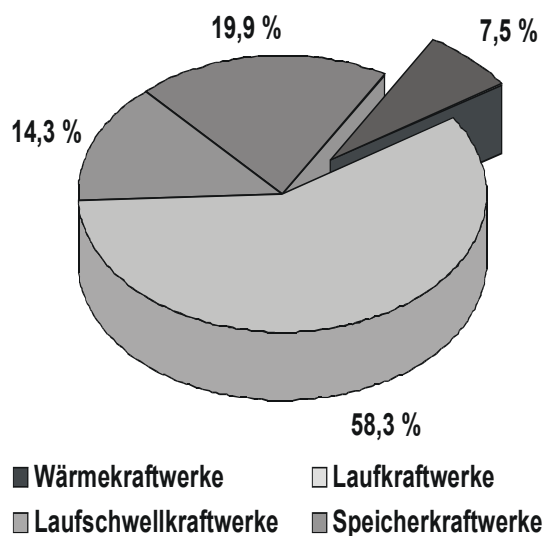


Abb. 1: Erzeugungsanteile an der Stromerzeugung des Verbund 1999.

Das Regelarbeitsvermögen der Wasserkraftwerke des Verbund beträgt rund 23.200 GWh (siehe Tab. 1). Eine Besonderheit dieses Systems ist, dass rund 84 % der Regelerzeugung auf Lauf- und Laufschwellokraftwerke entfallen, also auf jene Kraftwerkstypen, deren Erzeugung unmittelbar vom Wasserdargebot abhängt. Der Anteil der Laufkraftwerke beträgt rund 65 %, wobei 55 % auf die Donaukraftwerke entfallen. Aufgrund des hohen Wasserkraftanteils an der Gesamterzeugung an elektrischer Energie im Verbund, ist eine große Variabilität in der Erzeugung gegeben.

Tab. 1: Engpassleistung und Regelarbeitsvermögen der Wasserkraftwerke des Verbund.

| Wasserkrafttypen | EPL | | RAV | |
|-----------------------------------|---------|-------|----------|-------|
| | [MW] | [%] | [GWh] | [%] |
| Laufkraftwerke | 2.605,6 | 43,0 | 15.138,8 | 65,3 |
| Laufkraftwerke mit Schwellbetrieb | 995,0 | 16,4 | 4.305,6 | 18,6 |
| Tagesspeicher | 188,7 | 3,1 | 710,7 | 3,1 |
| Jahresspeicher | 2.276,5 | 37,5 | 3.029,2 | 13,1 |
| Summe Lauf- Laufschnellkraftwerke | 3.600,6 | 59,4 | 19.444,4 | 83,9 |
| Summe Speicherkraftwerke | 2.465,2 | 40,6 | 3.739,9 | 16,1 |
| Summe Wasserkraftwerke | 6.065,8 | 100,0 | 23.184,3 | 100,0 |
| Laufkraft - Donau | 2.126,9 | 35,1 | 12.786,2 | 55,2 |

1.3 Zuflussvorhersagen für den Kraftwerksbetrieb

Die Wasserkrafterzeugung des Verbund unterliegt kurzfristigen sowie saisonalen Schwankungen. Der Einsatz hydrologischer Vorhersagemodelle ist daher für das Unternehmen schon seit 1969 (1. Zuflüßvorhersage für die Draukraftwerke) ein wichtiges Thema. Durch die Strommarktliberalisierung in der Europäischen Union ist die Notwendigkeit zuverlässiger, operationeller Vorhersagen sogar gestiegen. Im Zusammenhang mit dem Klimaschutz hat die Elektrizitätserzeugung aus erneuerbarer Energie zusätzlich an Bedeutung gewonnen. Ein möglichst effizienter Einsatz der Wasserkraftwerke ist ein Beitrag zur Substitution fossiler Energieträger.

Zuflussvorhersagen werden sowohl für den unmittelbaren Kraftwerksbetrieb als auch bei der übergeordneten energiewirtschaftlichen Planung benötigt. Beim Kraftwerksbetrieb liegt der Schwerpunkt in der kurzfristigen Abflussvorhersage, insbesondere für die geordnete Abfuhr einer Hochwasserwelle. Um beim Durchgang einer Hochwasserwelle entlang einer Staukette die Wasserspiegellagen optimal zu steuern, sind zuverlässige Zuflussvorhersagen sowohl aus Gründen der Sicherheit als aus hinsichtlich einer effizienten Energieerzeugung ein wichtiges Instrument. Für die kurzfristige Planung des erforderlichen Personaleinsatzes im Hochwasserfall (Besetzung von Leitstellen) sind Vorhersagemodelle hilfreich. An den Kraftwerksketten der Drau, der Enns und der Salzach sind derartige Modelle bereits im Einsatz.

1.4 Zuflussvorhersage für die energiewirtschaftliche Planung

Für die energiewirtschaftliche Planung sind die Anforderungen vielfältiger und beschränken sich nicht ausschließlich auf den Hochwasserfall. Anwender von Zuflussvorhersagen sind in erster Linie der Hauptlastverteiler, der für die Kraftwerkseinsatzplanung verantwortlich ist, aber auch der Stromhandel, wobei zwischen den beiden Bereichen ein enger Zusammenhang gegeben ist. Im Verbund wird als Entscheidungsunterstützung für diese Bereiche ein energiewirtschaftliches Planungswerkzeug entwickelt. Als Input für das Optimierungssystem sind Zufluss- bzw. Erzeugungsvorhersagen unbedingt erforderlich.

Die einzelnen Wasserkraftwerkstypen erfüllen verschiedene Aufgaben im Gesamtsystem, unterliegen aber auch unterschiedlichen hydraulischen und hydrologischen Randbedingungen. Einige der wichtigsten Kriterien sind in Tab. 2 angeführt.

Tab. 2: Energiewirtschaftliche Kriterien bei Wasserkraftwerken.

| Kraftwerkstyp | Laufkraftwerke | Laufkraftwerke mit Schwellbetrieb | Tagesspeicher | Jahresspeicher |
|------------------------------------|----------------|-----------------------------------|-----------------------|----------------------|
| Abhängigkeit vom momentanen Zufluß | sehr hoch | hoch | weitgehend unabhängig | praktisch unabhängig |
| Verlagerungsmöglichkeit | keine | wenige Stunden | Tage | saisonal |
| Leistungsverfügbarkeit | zuflußabhängig | zuflußabhängig | kurzzeitig hoch | hoch |
| Regelzwecke | Primärregelung | Primärregelung | - | Sekundärregelung |
| Reservehaltung | nein | nein | kurzfristig | ja |
| Grundlastbereich | ja | ja | nein | nein |
| Abdeckung Lastspitzen | nein | nein | kurzfristig | ja |
| spezifische Kosten* | gering | mittel | mittel | hoch |

Aufgrund der Dominanz der Laufwasserkrafterzeugung im Verbundsystem haben für die Einsatzplanung die Erzeugungsprognosen für Donau und Inn oberste Priorität. Die große Variabilität der Zuflüsse und damit auch der Erzeugung ist aus Abb. 2 ersichtlich. Seitens der Anwender besteht daher die Forderung nach einer möglichst stabilen Online-Prognose mit einer Prognosefrist bis zu 4 Tagen, die sowohl im „Alltagsbetrieb“, als auch im Hochwasserfall zufriedenstellende Vorhersagen liefert. Darüber hinaus besteht der Wunsch zumindest die Abflusstendenzen bis zu einer Woche zu prognostizieren. Die Vorhersagen dienen als Entscheidungsgrundlage für die tägliche „Fahrplanerstellung“, beim Abschluss kurzfristiger Energieimporte oder -exporte (Spotmarktgeschäfte) sowie für kurzfristige Entscheidungen bei Revisionsplanungen.

Hohe Abflüsse bedeuten für eine Kraftwerkskette nicht unbedingt eine hohe Energieerzeugung. Wird die Ausbauwassermenge (beim Donaukraftwerk Ybbs-Persenbeug beispielsweise bei rund 3.150 m³/s) überschritten, so kommt es aufgrund der geringeren Fallhöhe durch den höheren Unterwasserspiegel zu einem Rückgang der Kraftwerksleistung. Die in Abbildung 2 dargestellten Ganglinien zeigen, dass die Leistungseinbrüche Ende Februar und Anfang März sowie in der zweiten Maihälfte durch Hochwasserereignisse verursacht wurden. Diese Erzeugungsminderung muss durch andere Aufbringungskomponenten wie z.B. Speicherenergie, kalorischer Kraftwerkseinsatz oder Zukauf von Energie kompensiert werden. Auch im Stromhandel müssen entsprechende Strategien in solche Situationen angewendet werden. In Abb. 3 ist der Zusammenhang zwischen Durchfluss und Leistung für das Kraftwerk Ybbs-Persenbeug dargestellt. Je genauer die Entwicklung des Abflusses und somit der Erzeugungsverlauf vorhergesagt werden kann, desto besser kann auf die jeweilige Situation, die auch vom Energieangebot am Markt und vom Preis abhängt, reagiert werden. Daraus kann sich ein Vorteil im Wettbewerb ergeben.

Auch eine Vorhersage der Zuflüsse zu den Jahresspeichern wäre für den Lastverteiler von Bedeutung. Vor allem in Hinblick auf den Pumpeinsatz können kurzfristige Vorhersagen auf Tagesbasis als Entscheidungsgrundlage verwertet werden. Längerfristige Vorhersagen würden die saisonale Speicherbewirtschaftung unterstützen.

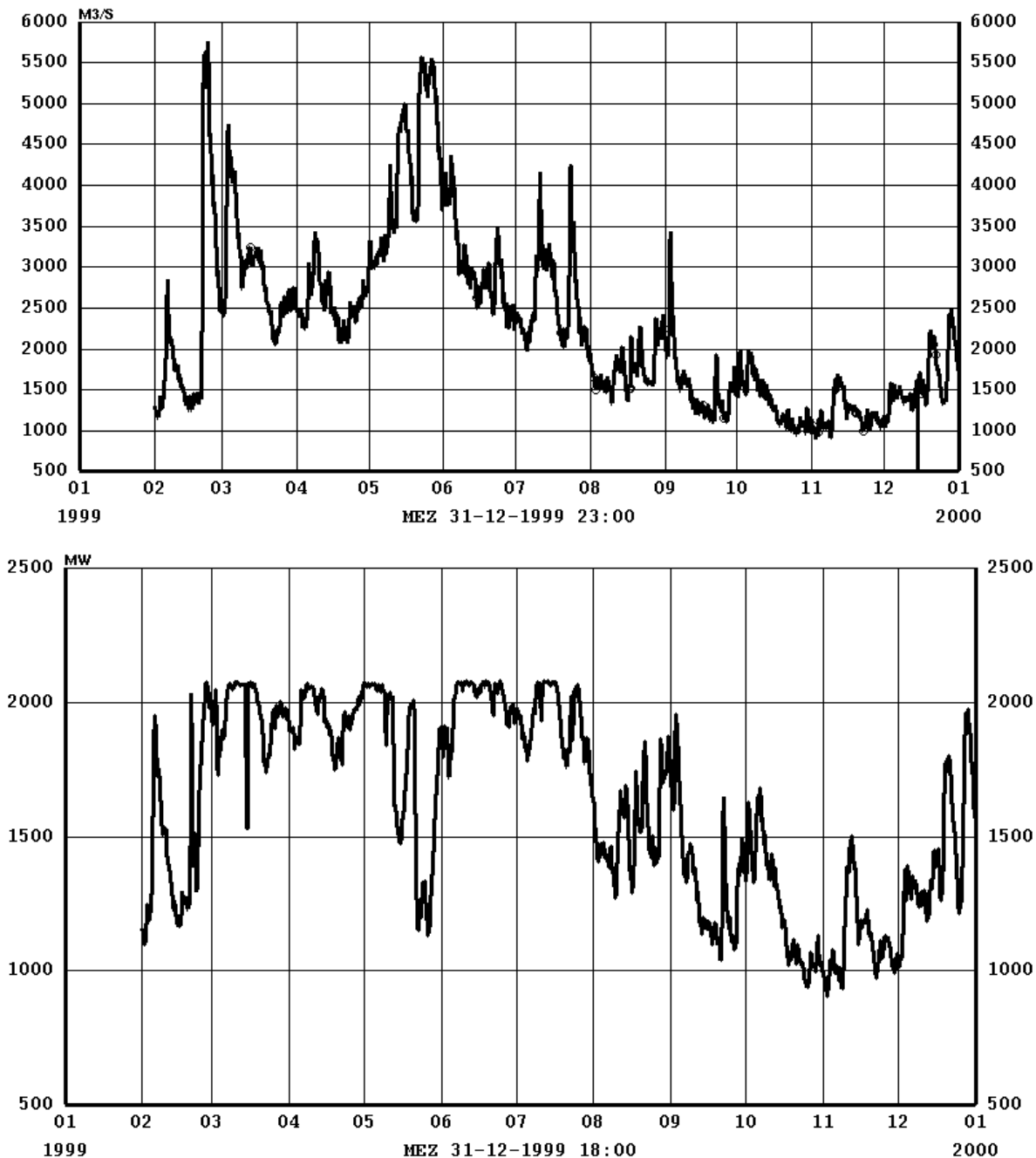


Abb. 2: Abfluss Kraftwerk Greifenstein (oben) und Wirkleistung (unten) der österreichischen Donaukraftwerke (Februar bis Dezember 1999).

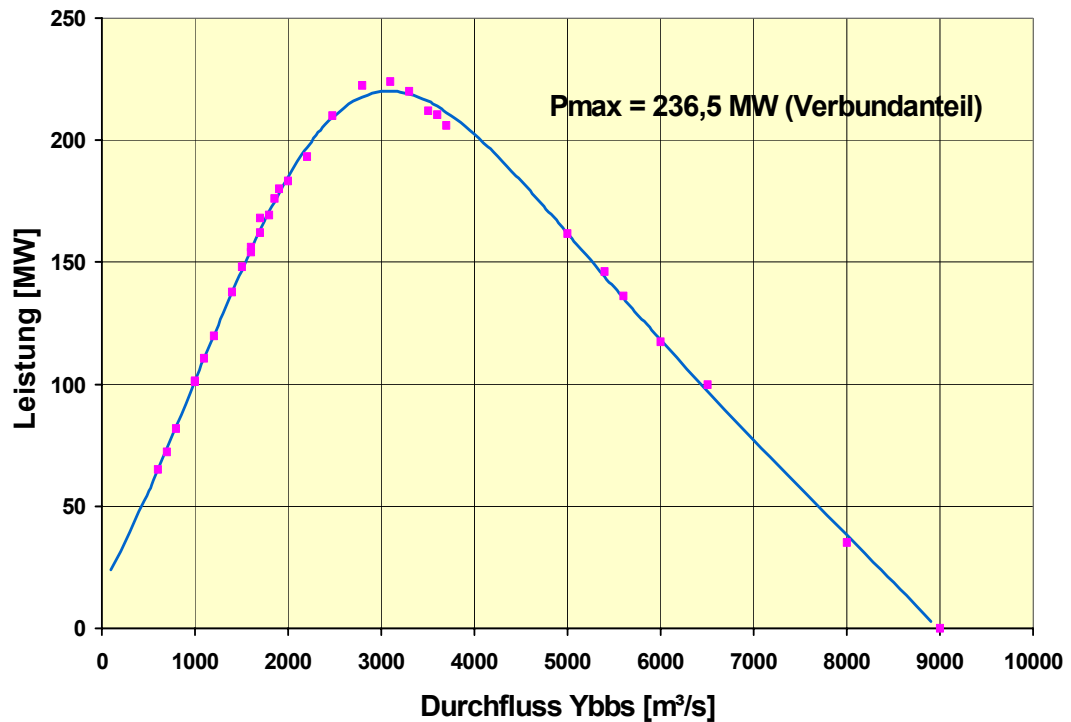


Abb. 3: Zusammenhang zwischen Durchfluss und Leistung beim Kraftwerk Ybbs-Persenbeug.

2. Zuflussvorhersagen für den Kraftwerksbetrieb und energiewirtschaftliche Planung

2.1 Motive für die Entwicklung und den Einsatz von Zuflußprognosen

Folgende Gründe können angeführt werden, welche den Aufbau eines operationellen Zuflussvorhersagesystems für den Verbund rechtfertigen:

⇒ Vorteile für den Kraftwerksbetrieb

- Erfüllung von Behördenauflagen
- Optimierung bei der Steuerung der Kraftwerksketten
- Planung des Personaleinsatzes im Hochwasserfall

⇒ Vorteile bei der energiewirtschaftlichen Planung

- Kraftwerkseinsatzplanung (Fahrplanerstellung)
- Fahrplanerstellung durch den Lastverteiler
- Planung des Speichereinsatzes; Pumpeinsatz
- Kurzfristige Revisionsplanungen
- Vorteile für den Stromhandel im liberalisierten Markt
- Entscheidungsgrundlage für den Abschluss kurzfristiger Geschäfte
- Unterstützung für die mittelfristige Planung

2.2 Aufgabenstellung / Zielsetzung

Aufgrund der dargestellten Situation wurde im Verbund der Entschluss gefasst, ein energiewirtschaftliches Planungssystem im Verbund (EPV) zu entwickeln, welches sowohl die Anforderungen der Kraftwerkseinsatzplanung als auch jene des Stromhandels erfüllen soll. Die Zuflussvorhersage der Laufkraftwerkserzeugung an Donau und Inn stellt für dieses Planungswerkzeug eine wichtige Eingangsgröße dar. Unabhängig davon wird eine möglichst genaue Zuflussvorhersage auch direkt von den Entscheidungsträgern verwendet. Aus dieser Aufgabenstellung ergaben sich somit folgende Forderungen bzw. Vorgaben an das Zuflussvorhersagesystem:

- ⇒ Vorhersage der Zuflüsse an Donau und Inn für ausgewählten Kraftwerken
- ⇒ rasch verfügbare operationelle Vorhersagen
- ⇒ hohe Zuverlässigkeit des Vorhersagesystems
- ⇒ Vorhersagefrist bis 4 Tage
- ⇒ Verwendung von im Verbund vorhandener Modellbausteine

2.3 Hydrologische Situation/Einzugsgebiet

Das zu modellierende Einzugsgebiet weist beim Kraftwerk Greifenstein eine Größe von ca. 100.000 km² mit einer sehr heterogenen hydrologischen Charakteristik auf. Es umfasst sowohl alpine Bereiche als auch weite Bereiche des Alpenvorlandes. Um über das gesamte Einzugsgebiet ein besseres hydrologisches Verständnis zu erhalten, wurde das Institut für Hydrologie, Gewässerkunde und Wasserwirtschaft der TU Wien mit einer räumlichen Analyse der Durchflussentwicklung beauftragt. Dabei konnten typische hydrologische Situationen, wie beispielsweise Regen auf Schnee, Weihnachtstauwetter, usw. in ihrer Entstehung charakterisiert werden.

2.4 Modell-Konzept

Aufgrund der Vorgaben wurde ein generelles Konzept – siehe Abb. 4 - für die Datenbeschaffung und Modellkonfiguration erstellt. Dabei zeigte sich, dass für eine 4 Tagesvorhersage die Einbeziehung meteorologischer Vorhersagen unbedingt erforderlich ist. Weiters zeigte sich, dass die Forderungen nur durch eine Kombination unterschiedlicher Modellansätze (Wellenablaufmodell, Niederschlag-Abflussmodell und Regressionsmodell) erfüllt werden können.

Entsprechend der Zielsetzung und der Vorgabe, möglichst auf im Konzern bereits vorhandene Modelle zurückzugreifen, wurde folgende Aufgabenteilung für die Entwicklung gewählt:

- Verbund: Projektleitung, Datenbeschaffung, -organisation und Integration in das Gesamtsystem
- ZAMG: Berechnung und Bereitstellung meteorologischer Daten (Gebietswerte und Vorhersagen)
- BOKU: Regressionsmodell und NA-Modell bis 72 Std.

TU Wien: räumliche Analyse der Durchflussentwicklung, Wellenablauf- und Niederschlag-Abfluss-Modell mit adaptiver Parameternachführung bis 36 Stunden, Zusammenführung der Modellergebnisse

2.5 Gebietsaufteilung

Aufgrund der Einzugsgebietsgröße sowie der Möglichkeiten zur Bereitstellung von meteorologischen Daten für ein so großes Gebiet, erfolgte eine Unterteilung in Teileinzugsgebiete entsprechend der Abb. 5, die nach hydrologischen und meteorologischen Gesichtspunkten bestimmt wurden. Dadurch konnte auch erreicht werden, dass die aktuelle Situation im Gesamtgebiet für den Anwender überschaubar blieb, und die Datenmenge, aber auch die Kosten für den laufenden Betrieb reduziert werden konnten.

2.6 Meteorologische Eingangsgrößen

Für diese Teileinzugsgebiete werden von der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG) Gebietsmittelwerte der wesentlichen meteorologischen Größen wie Niederschlag, Lufttemperatur in unterschiedlichen Höhen und Schneefallgrenze, sowohl aus Messwerten als auch aus Vorhersagen berechnet. Basis für die Vorhersageberechnung sind die Modelle ECMWF und ALADIN-Vienna. Die Modellvorhersagen für die einzelnen Teilgebiete werden mittels statistischer Verfahren verbessert. Die Datenübertragung von der ZAMG zur Verbund erfolgt im operativen Betrieb automatisiert.

3. Hydrologische Modelle

Das Zuflussvorhersagesystem, das zur hydrologischen Modellierung verwendet wird, setzt sich aus verschiedenen Teilkomponenten zusammen, die den unterschiedlichen zeitlichen Anforderungen und Genauigkeitsansprüchen gerecht werden. Im folgenden werden die nun eingesetzten Modelle und das Gesamtsystem kurz dargestellt.

3.1 Wellenablauf- Niederschlagabflussmodell

Das für die Drau gemeinsam mit der TU (Institut Prof. Gutknecht) entwickelte Flussgebietsmodell HYSIM bildet die Basis für die Modellierung der Transformation der Wellen entlang der Flusstrecken und des Verhaltens kleinerer Seitenzubringer mit dem integrierten Niederschlags-Abflussmodul.

Das Modell ist so aufgebaut, dass die wesentlichen zu beschreibenden Phänomene durch entsprechende Bausteine modelliert werden. Je nach herrschender hydrologischer Situation werden die einzelnen Modellbausteine so kombiniert, dass aus ihnen eine dem natürlichen Geschehen adäquate Modellkonfiguration entsteht. Folgende Prozesse können mit dem modular aufgebauten System HYSIM beschrieben werden: Wellenablauf, Wellenablauf mit Berücksichtigung des Niederschlages im Zwischeneinzugsgebiet, Niederschlags-Abflussverhalten von Zubringern, Überlagerung mehrerer Zuflüsse, Modellierung der Abstauvorgänge bei Hochwasser (Kraftwerksmodul) und Leistungsberechnung für die einzelnen Kraftwerke.

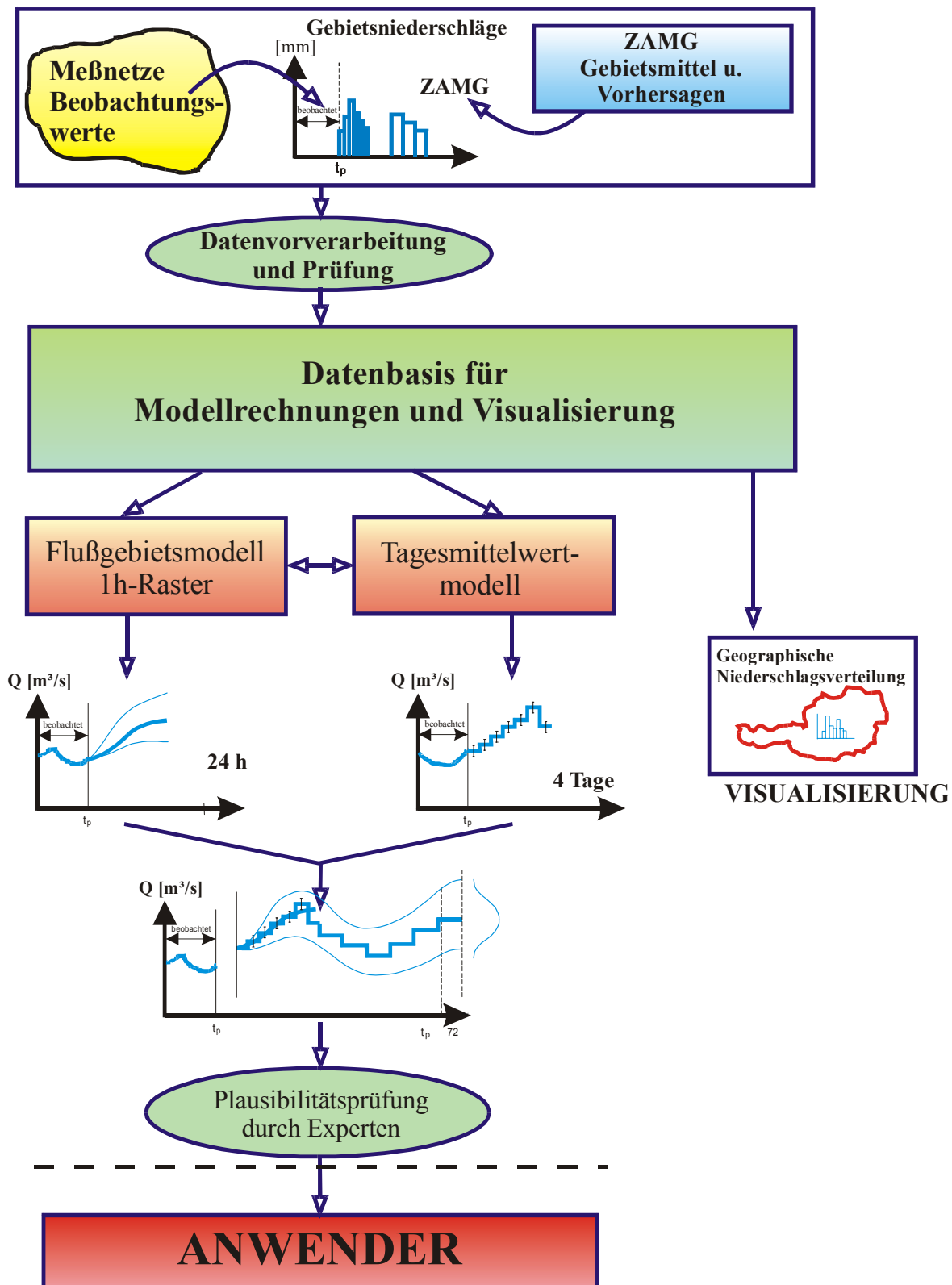


Abb. 4: Generelles Konzept für Datenbeschaffung und Modellkonfiguration.

Das Modell eignet sich besonders gut zur Vorhersage der Abflüsse für die unmittelbare Zukunft von 24 bis 36 Stunden im 1-h-Raster, da eine rekursive Online-Schätzung der Systemparameter für jedes Modul mittels Kalmanfilter erfolgt und so dynamische Veränderungen im Einzugsgebiet gut erfasst und in der aktuellen Vorhersage auch berücksichtigt werden.

Der bestehende Algorithmus wurde entsprechend den Anforderungen erweitert bzw. adaptiert, sodass zum Beispiel externe Prognosen an einzelnen Pegeln in das System übernommen werden können. Mit historischen Abflussreihen und den von der ZAMG zur Verfügung gestellten meteorologischen Daten konnten für die einzelnen Teilsysteme die Parameter kalibriert werden. Diese Teilsysteme sind durch geeignete Kombinationen zu einem Gesamtsystem zusammengefügt.

Durch den Einsatz eines neu entwickelten Glättungsmoduls für die zum Teil sehr stark anthropogen beeinflussten Abflussreihen konnte eine deutliche Verbesserung (Beruhigung) der Vorhersagen erreicht werden.

3.2 Niederschlagabflussmodell

Das Abflussprognosemodell P2R (Precipitation to Runoff) ist ein kontinuierliches, deterministisches Niederschlags-Abflussmodell (N/A-Modell). Es handelt sich um ein konzeptuelles Modell mit einer physikalisch basierten Struktur unter Berücksichtigung der physikalischen Grundregeln und der Prozesse im Einzugsgebiet.

Das Einzugsgebiet jedes Pegels wird durch eine Reihe von linearen Speichern repräsentiert, mit denen die Abflussanteile Oberflächenabfluss, Interflow (= oberflächennaher Abfluss) und Basisabfluss (= Grundwasserabfluss) simuliert werden, die in Summe den Gesamtabfluss ergeben. Die Bodenzone wird ebenfalls einbezogen. Das Einzugsgebiet des zu berechnenden Pegels wird somit im Modell durch eine einheitliche, vertikale Gebietssäule ersetzt. Alle diese Gebietssäule kennzeichnenden Größen sind mittlere Gebietskennwerte. Die Summe der Abflüsse aus den 3 Speichern ergibt den Abfluss am Prognosepegel. Wenn eine Schneedecke vorhanden ist, wird sie auf die Bodenzone aufgesetzt. Zur Berücksichtigung der Höhenabhängigkeit von Niederschlag und Temperatur und den damit verbundenen Konsequenzen für die hydrologischen Prozesse kann das Modell mehrere Höhenzonen für die Berechnung unterscheiden.

3.3 Schnee- und Bodenabflussmodell

Das Tagesmittelwertmodell setzt sich aus zwei Modulen zusammen. Ein Schnee- und Bodenfeuchtemodul ergänzt das multiple lineare Regressionsmodell und ermöglicht durch Einbeziehung von Systemzuständen in die Regression das „Modellgedächtnis“ entscheidend. Das Schnee- und Bodenfeuchtemodell ermöglicht die Berechnung der raschen (oberflächigen) Abflusskomponente, des Zwischenabflusses und des langsamen Basisabflusses. Das System ist durch zwei Speicher beschrieben, wobei der erste den Mulden- und Bodenspeicher, der zweite den Grundwasserspeicher charakterisiert.

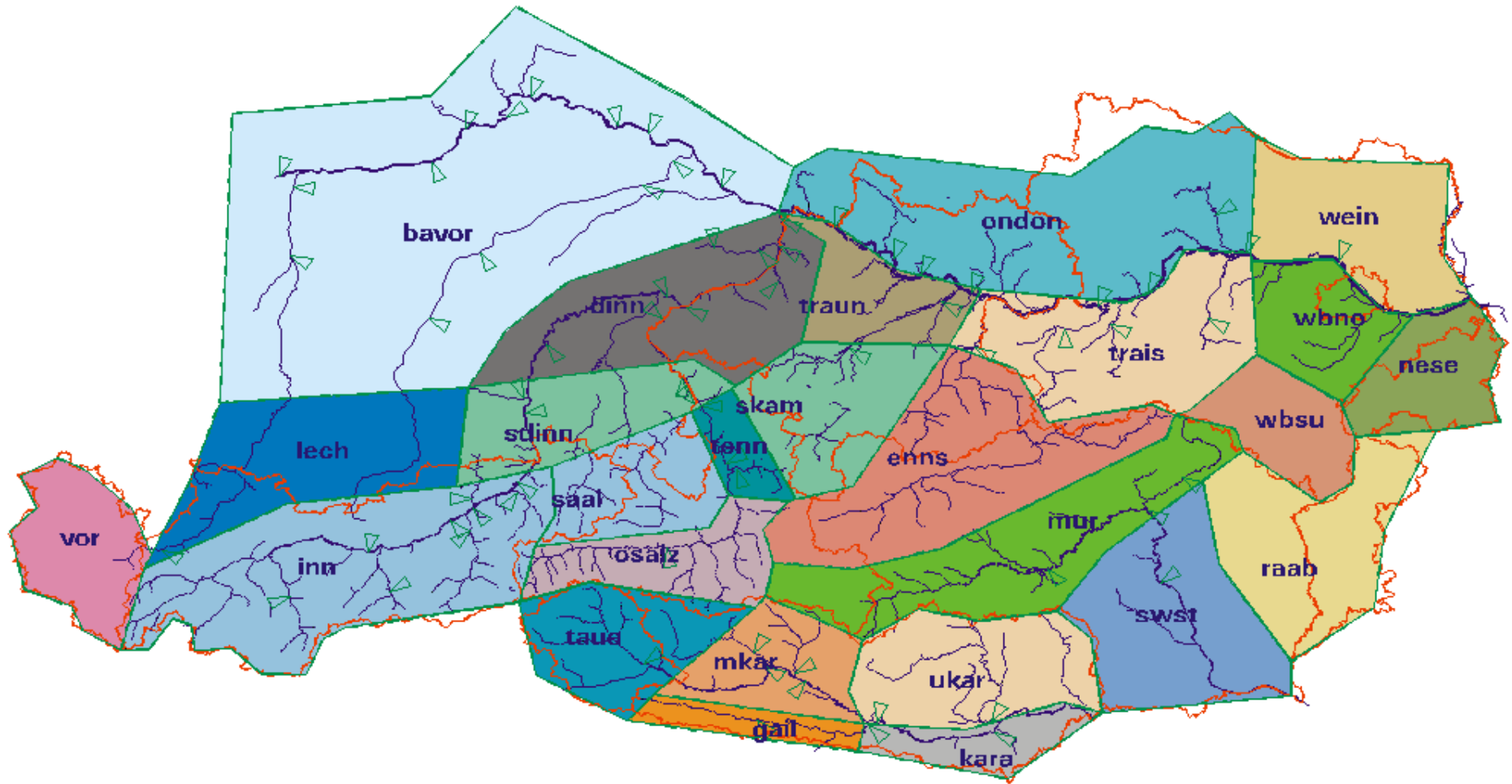


Abb. 5: Gebietseinteilung für die Vorhersagemodelle.

3.4 Regressionsmodell

Für die Regressionsrechnung werden sowohl die Summenwerte wie auch optional die Einzelkomponenten als Eingangswerte verwendet.

Der gewählte Modellansatz ist die lineare Mehrfachregression. Dieses Verfahren basiert auf der Beschreibung von statistischen Zusammenhängen zwischen der modellierten Größe und den verschiedenen Eingangsgrößen, den Prediktoren. Diese Zusammenhänge werden über die Regressionskoeffizienten quantifiziert. Die Schätzung der Regressionskoeffizienten erfolgt nach der „Methode der kleinsten Fehlerquadrate“.

3.5 Gesamtmodell

Durch geeignete Kombination der einzelnen Modelle wurde ein System konfiguriert, in dem abhängig von meteorologischen und hydrologischen Größen und dem Zustand des Einzugsgebietes verschiedene Prozesse beschrieben werden. Die Modellierung des Wellenablaufes entlang der Hauptflüsse ist Grundgerüst des Systems und daher durchgehend aktiv (in Abb.5 durch Rechtecke dargestellt). Im Ereignisfall werden an einzelnen Seitenzubringern bzw. Zwischeneinzugsgebieten mit Hilfe des NA-Moduls (grüne Dreiecke) zusätzlich Vorhersagen berechnet, die an das Wellenablaufmodell übergeben werden. An einigen Kopfstationen bzw. großen Seitenzubringern berechnet das P₂R-Modell (orange Dreiecke) kontinuierliche Vorhersagen, die über die Schnittstelle Datenbank an das Wellenablaufmodell weitergeleitet werden.

4. Ergebnisse

Die Abb. 7 und 8 zeigen beispielhaft, wie die Ergebnisse des Vorhersagesystems bei den Anwendern visualisiert werden.

Abb. 7 stellt die Durchflussvorhersage für das KW Greifenstein dar, die beiden kürzeren Prognosen sind Ergebnisse des Kurzfristmodells HYSIM, die 4-Tagesprognose jenes des Regressionsmodells. Äquivalent dazu zeigt das zweite Bild (Abb. 8) die prognostizierte Summe der Wirkleistungen an der Donau.

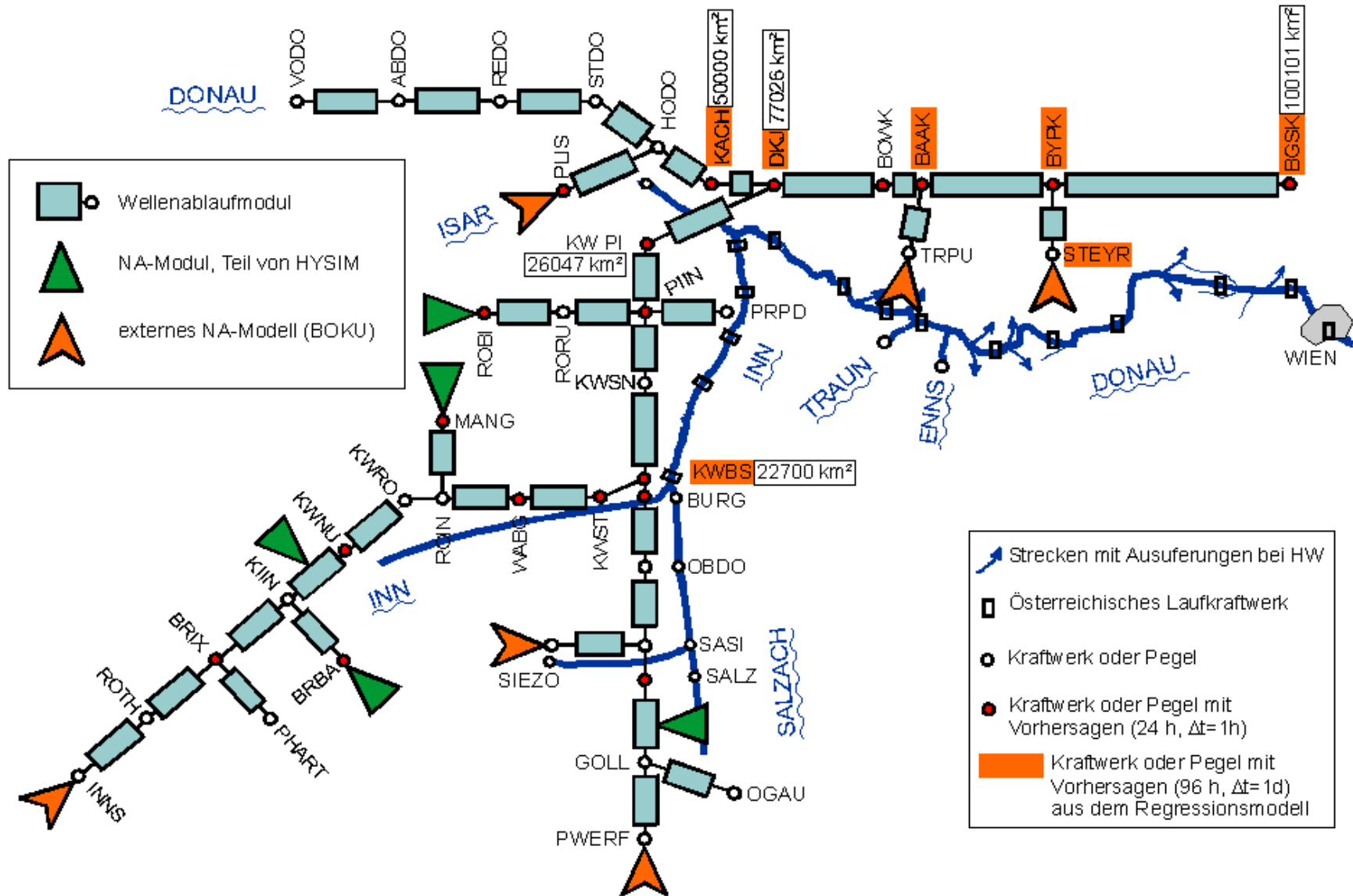


Abb. 6: Konfiguration des gesamten Vorhersagesystems.

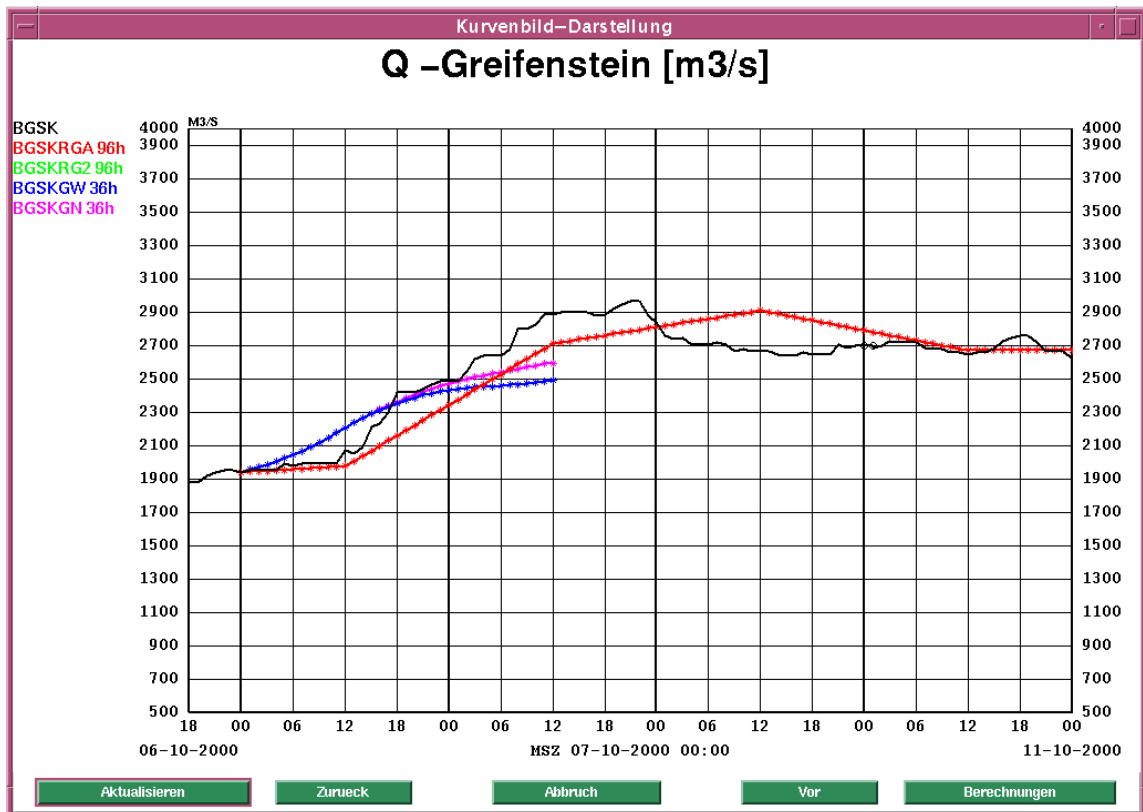


Abb. 7: Beispiel Zuflußvorhersage KW Greifenstein.

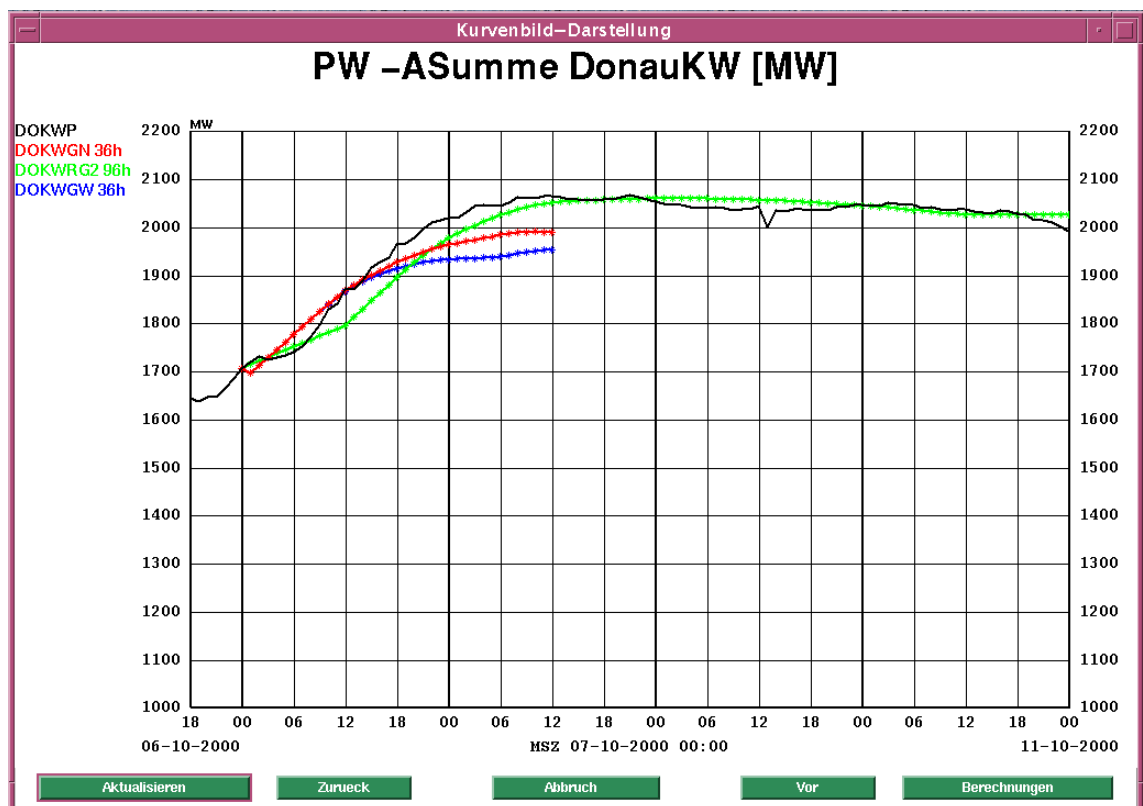


Abb. 8: Vorhersage der Wirkleistung für Σ Donau.

5. Zusammenfassung und Ausblick

Das im Rahmen des EPV-Projektes entwickelte Zuflussvorhersagesystem wurde im Gesamtsystem EPV integriert und auf einer dafür vorgesehenen Hardwareplattform implementiert. Für die Berechnung von Zuflussvorhersagen sind neben den Durchflussdaten auch meteorologische Messwerte und Vorhersagen der Niederschlagssummen sowie der Lufttemperaturen notwendig. Diese werden für 26 Teileinzugsgebiete von der ZAMG zyklisch berechnet und vom Verbund automatisiert abgerufen. Damit werden für die Flussgebiete, an denen der Verbund Lauf- und Laufschnellkraftwerke betreibt, die Zuflüsse bis zu vier Tage voraus berechnet. Diese Modelle berechnen für ausgewählte Kraftwerksstandorte mehrere Vorhersagevarianten mit unterschiedlicher Diskretisierung und Vorhersagefrist (1 Stundenrastr bis 36 Std. und Tagesmittelwerte bis 4 Tage). Mit einem nachgeschalteten Modell wird automatisch, abhängig von der jeweiligen hydrologischen und meteorologischen Situation (es können auch energiewirtschaftliche Situationen definiert werden) aus verschiedenen Vorhersagevarianten eine mit der größten Treffsicherheit kombiniert. Weiters werden für diese Varianten auch Unsicherheiten in Abhängigkeit von der Vorhersagefrist berechnet. Damit steht dem Anwender eine „beste“ Vorhersage mit einer Unsicherheitsangabe als Ergebnis zur Verfügung. Dieses wird auch als Eingangsgröße für die Optimierungsrechnungen verwendet. Die Detailergebnisse können für spezielle Betrachtungen selbstverständlich abgerufen werden. Aus den Zuflussvorhersagen wird für die Kraftwerke am Inn und an der Donau eine Wirkleistungsprognose ermittelt und als Summe für Inn und Donau zusammengefasst. Diese Ergebnisse stellen eine wesentliche Hilfe bei der Fahrplanerstellung im Hauptlastverteiler dar.

Die grafische Darstellung der Ergebnisse und der Inputdaten erfolgt mit einer modifizierten Version der Visualisierung, die bereits für die „Drau-Zuflussvorhersage“ entwickelt worden ist.

Die Zuflussvorhersage wurde bereits während der Entwicklung von den Anwendern im praktischen Einsatz getestet, sodass Wünsche und Anregungen bereits berücksichtigt werden konnten.

Anschrift der Verfasser:

Mag. Martin Bachhiesl
Dipl.-Ing. Dr. Otto Pirker
VERBUND-Austrian Hydro Power AG
Am Hof 6A
A-1010 Wien
Tel. +43 1 / 531 13 – 52592
E-Mail: martin.bachhiesl@verbund.at

