

# Arbeiten des Institutes für Hydraulik, Gewässerkunde und Wasserwirtschaft der Technischen Universität Wien im IHP 1975–1980

## 1. Projekt: Grundwasserhaushaltsmodelle

### Inhalt

1.	Einleitung .....	30
2.	Zielsetzung des Projekts .....	30
3.	Arbeiten im Südlichen Wiener Becken .....	31
3.1.	Beobachtung und Auswertung hydrologischer Elemente .....	31
3.1.1.	Beobachtungen in der hydrologischen Forschungsstation Mitterndorf/Fischa .....	31
3.1.2.	Grundwasserbeobachtungen .....	31
3.1.3.	Niederschlagsbeobachtungen .....	31
3.1.4.	Durchführung von Abflußmessungen .....	31
3.1.5.	Durchführung von Tritiummessungen .....	31
3.1.6.	Durchführung von Bodenfeuchtemessungen .....	32
3.2.	Erstellung des Wasserhaushaltsmodells .....	32
3.2.1.	Datenspeicherung und Datenorganisation .....	32
3.2.2.	Methoden zur rechnerischen Behandlung von Grundwasserleitern .....	32
4.	Arbeiten im Marchfeld .....	34
4.1.	Durchführung hydrologischer Beobachtungen sowie Ausbau des Beobachtungsnetzes .....	34
4.2.	Sammlung und Auswertung von Daten .....	34
	Literatur .....	34

### 1. Einleitung

In den letzten Jahren ergeben sich zunehmend Schwierigkeiten in den Grundwassergebieten im Umfeld von Ballungsräumen. Dies gilt in Österreich in besonderem Maße für das südliche Wiener Becken und für das Marchfeld. Die großen Probleme in den genannten Grundwassergebieten beruhen u.a. auf den vielfältigen Nutzungen für Industrie, Landwirtschaft und kommunale Wasserversorgung. Weitere quantitative Einbußen entstehen durch die Verringerung von Versickerungen aus den Flüssen und Bächen in der Folge von Regulierungsmaßnahmen, durch Umleitungen der Gewässer sowie durch Verschlechterung der Wassergüte dieser Gewässer.

Als Folge all dieser Maßnahmen zeigt sich in den letzten Jahren ein stets deutlicher werdendes Absinken des Grundwasserspiegels in Teilen des Südlichen Wiener Beckens und im Marchfeld. Wenn sich keine Trendumkehr dieses Vorgangs erzielen läßt, muß es früher oder später zu einer bedrohlichen Situation in der Beckenlandschaft um Wien kommen. Überdies ist durch die zahlreichen Ablagerungen von Abfällen neben der quantitativen auch eine qualitative Bedrohung der Grundwasservorkommen gegeben.

### 2. Zielsetzung des Projekts

Die Zielsetzung des Projekts liegt in der Untersuchung des langjährigen Grundwasserhaushalts in aus-

gedehnten Grundwassergebieten. Auf Grund des Einblicks in das Grundwassergeschehen sollen Möglichkeiten der Sanierung, geregelten Verbesserung und Bewirtschaftung untersucht werden.

Konkret besteht das Ziel des Projekts darin, praktisch anwendbare quantitative Grundwassermodelle für die Grundwassergebiete

- Südliches Wiener Becken  
(Flächenausdehnung ca. 1000 km<sup>2</sup>)
- Marchfeld  
(Flächenausdehnung ca. 1100 km<sup>2</sup>  
und später auch für das
- Tullner Feld  
(Flächenausdehnung ca. 500 km<sup>2</sup>  
zu erstellen.

Die Aufgabe dieser Modelle besteht in der Beschreibung der natürlichen Einflüsse (Flußversickerungen, Zutritt aus dem Grundwasser zu den Oberflächengewässern, Niederschlag) und künstlichen Einflüsse (z.B. Grundwasserentnahmen) auf den Grundwasserhaushalt. Des weiteren sollen diese Modelle die Möglichkeiten geben, in den genannten, wasserwirtschaftlich intensiv genutzten Gebieten konkrete Aussagen über die quantitativen Auswirkungen von Maßnahmen, die in den Wasserhaushalt eingreifen, vornehmen zu können.

Die Arbeiten umfassen sowohl die Erstellung der theoretischen Grundlagen und ihre rechentechnische Implementierung, als auch ihre praktische Anwendung. Hinsichtlich der benötigten Daten werden in erster Linie die vom Hydrographischen Dienst auf Datenträgern zur Verfügung gestellten Beobachtungsergebnisse verwen-

det. Teilweise erfolgen jedoch auch eigene ergänzende Beobachtungen und Auswertungen.

### **3. Arbeiten im Südlichen Wiener Becken**

Die Arbeiten wurden bereits während der IHD begonnen und im Rahmen des IHP fortgesetzt.

#### **3.1. Beobachtung und Auswertung hydrologischer Elemente**

##### **3.1.1. Beobachtungen in der hydrologischen Forschungsstation Mitterndorf/Fischa**

In der Forschungsstation werden laufend 17 Beobachtungselemente erfaßt, die der Erkundung des Zusammenhanges Niederschlag – Grundwassererneuerung – Verdunstung dienen.

Im einzelnen sind dies nachstehende Beobachtungselemente:

- Lufttemperatur in 2,0 m über Gelände
- Luftfeuchte in 2,0 m über Gelände
- Bodentemperatur in 0,1 m unter Gelände
- Bodentemperatur in 0,2 m unter Gelände
- Niederschlagshöhe in 1,2 m über Gelände
- Grundwasserstand

Diese sechs Elemente werden schreibend aufgezeichnet, während die Erhebung aller übrigen nachstehend angeführten Größen einmal wöchentlich erfolgt:

- Niederschlag (2 Meßgeräte in 0,2 m bzw. 1 Meßgerät in 1,2 m über Gelände)
- Boden- bzw. Grundwassertemperaturen in den Tiefen 0,5 m – 1,0 m – 2,0 m – 8,0 m – 20,0 m – 38,0 m – 59,0 m – 110,0 m und 128,0 m

Außerdem sind in dieser Station spezielle, in den Boden gerammte Rohre vorhanden, die der Feuchtemessung dienen.

Bezüglich des Niederschlagschreibgerätes ist anzumerken, daß seit Juli 1981 ein neues Gerät als Ersatz für den alten Schreiber in der Station aufgestellt ist. Dieses Gerät beruht auf dem Prinzip der Wippe und die bisher gemachten Erfahrungen sind sehr zufriedenstellend. Der wesentliche Teil der in der Forschungsstation erhobenen Daten sind in (6) veröffentlicht. Für einen Teil der Meßwerte erfolgte eine rechnerische Auswertung. Diese Bearbeitung zeigte sehr deutlich auf, wie komplex der Zusammenhang zwischen der Niederschlagsverteilung auf der einen Seite und der Grundwasserstandsänderung auf der anderen Seite ist.

##### **3.1.2. Grundwasserbeobachtungen**

Mehrere mit Schreibgeräten ausgestattete Grundwassermeßstellen wurden betreut und die Beobachtungen laufend ausgewertet. Mit Hilfe dieser Stationen ist eine Kontrolle über die Grundwasseranreicherung im Hauptnährgebiet des Südlichen Wiener Beckens möglich. Der Hauptzweck der in diesen Meßstellen erhobenen Daten liegt aber insbesondere in der ständigen Erarbeitung des großräumigen und langzeitlichen Ganges des Grundwasserstandes. Dadurch können Veränderungen

verhältnismäßig rasch erfaßt und für die wasserwirtschaftlichen Belange im Südlichen Wiener Becken kurzfristig herangezogen werden.

Selbstverständlich werden die gewonnenen Daten auch dem Hydrologischen Dienst von Österreich laufend übermittelt.

Eine Spezialaufgabe erfüllt das bei Eggendorf nahe der Fischa-Dagnitz-Quelle abgeteufte Grundwassersondenpaar: während die mit einem Kiesmantel umgebene Sonde für die genaue Messung des Grundwasserspiegels dient, ist die zweite knapp daneben liegende Sonde speziell für die Messung der Bodenfeuchte ausgebaut.

##### **3.1.3. Niederschlagsbeobachtungen**

In Zusammenarbeit mit der geophysikalischen Kommission und dem Hydrographischen Dienst konnten zwei neue Niederschlagsschreibstationen im Südlichen Wiener Becken eingerichtet werden, wodurch die Erfassung der Niederschlagsverteilung verbessert werden konnte. Die Betreuung dieser Stationen erfolgt durch den Hydrographischen Dienst.

##### **3.1.4. Durchführung von Abflußmessungen**

An insgesamt acht Meßstellen im System der Warmen Fischa werden seit einigen Jahren jährlich einige Abflußmessungen durchgeführt und ausgewertet. Dieses Gewässersystem spielt eine wesentliche Rolle im hydrologischen Geschehen des Südlichen Wiener Beckens. Zum Teil charakterisieren diese Fließgewässer die Zuströmung von Oberflächenwasser aus dem Südwesten in die Beckenlandschaft, zum Teil zeigen sie die Grundwasseraustritte aus der Mitterndorfer Senke auf. Insbesondere letztere Größe ist ein ganz wesentliches Merkmal für das Grundwasservorkommen Mitterndorfer Senke.

Ferner wurde eine Meßserie von simultanen Abflußmessungen im Gewässersystem der Piesting durchgeführt. Die Ergebnisse zeigen ständige Flußversickerungen in der Größenordnung von etwa 1 m<sup>3</sup>/s. Dies stellt einen beträchtlichen Anteil am gesamten unterirdischen Durchfluß der Mitterndorfer Senke dar. Damit konnte der Nachweis erbracht werden, daß die Piesting ein wesentliches Element für das Grundwasservorkommen Mitterndorfer Senke darstellt und somit etwaige flußbauliche Maßnahmen an der Piesting nur mit äußerster Vorsicht vorgenommen werden dürfen. In einem konkreten Fall wurde auf diese Erkenntnis bereits Rücksicht genommen.

##### **3.1.5. Durchführung von Tritiummessungen**

Die Erhebung von Tritiumdaten wurde nach Vorliegen einer etwa 10-jährigen Beobachtungsreihe bereits abgeschlossen. Die Ergebnisse brachten zusätzliche Information über die Grundwasserdynamik im Südlichen Wiener Becken. Insbesondere bewiesen jedoch diese Messungen erneut die äußerst gute Eignung der Messung des Tritiumgehalts für spezielle hydrologisch-wasserwirtschaftliche Untersuchungen. Leider zeigten die Untersuchungen aber auch, daß nur durch ein längerandauerndes umfangreiches Meßprogramm verlässliche Aussagen zu erzielen sind. Dadurch stellt die Kostenfrage einen begrenzenden Faktor für den Einsatz von Tritiumuntersuchungen bei solchen Aufgaben dar.

### 3.1.6. Durchführung von Bodenfeuchtemessungen

Die Bedeutung der ungesättigten Bodenzone für den gesamten Wasserhaushalt und insbesondere ihre Schutzfunktion für die Grundwasservorkommen ließen schon vor längerer Zeit die unbedingte Notwendigkeit der Erforschung der Wasserbewegung und des Stofftransportes unter ungesättigten Bedingungen erkennen.

Angesichts der grundsätzlichen Schwierigkeiten der praktisch nicht unmittelbar beobachtbaren Vorgänge im Boden entschloß sich das Institut bereits vor etlichen Jahren, eine Neutronentiefensonde anzuschaffen.

Durch den Einsatz der Neutronentiefensonde besteht die Möglichkeit, die Wasserbewegung in Böden unter den natürlichen Lagerungsverhältnissen selbst bis in größere Tiefen zu beobachten und dadurch an Ort und Stelle Aussagen über den Bodenwasserhaushalt zu erhalten.

Die bisher mit der Neutronentiefensonde vorwiegend im Südlichen Wiener Becken vorgenommenen Untersuchungen lassen sich in zwei Abschnitte teilen.

Im ersten Abschnitt ging es um den prinzipiellen Nachweis der Einsatzmöglichkeiten einer solchen Sonde und um die Erarbeitung der erforderlichen Eichverfahren. Dieser erste Arbeitsabschnitt fand seinen Abschluß in einer zugehörigen Veröffentlichung (3).

Im zweiten Abschnitt des Einsatzes der Sonde stand bereits die Erzielung konkreter Ergebnisse über den Wasserhaushalt in der ungesättigten Bodenzone im Vordergrund. Die verschiedenen Feldmessungen, Feldexperimente und theoretische Untersuchungen führten schließlich zu der Arbeit (12).

Die zugehörigen Felduntersuchungen wurden an zwei Meßstellen im Bereich der Mitterndorfer Senke (Südliches Wiener Becken) durchgeführt. Die Flurabstände in den genannten Meßstellen betragen acht bzw. vierzehn Meter.

Die Meßergebnisse unter den natürlichen Bedingungen zeigten den konkreten Einfluß des Niederschlages bzw. der Verdunstung auf den Gang des Bodenwassergehaltes. Mit Ausnahme von sehr niederschlagsreichen Abschnitten im Winterhalbjahr war der Einfluß der Niederschläge erwartungsgemäß nur im obersten Bodenbereich beobachtbar.

Bedingt durch die nahezu semiariden klimatischen Verhältnisse ist die jährliche niederschlagsbedingte Grundwasserneubildung eher gering und weist – wie auch andere Wasserhaushaltsuntersuchungen ergaben – eine Größe bis nur 100 mm auf.

Durch die Untersuchungen des Versickerungsvorganges unter künstlichen Niederschlagsbedingungen (Beregnungsversuche) konnten für ein geschichtetes Bodenprofil Aussagen über die Abhängigkeit der Versickerungstiefe von der Beregnungshöhe und von der Zeit ab Beregnungsbeginn gemacht werden. Weiters erbrachten die Versuchsergebnisse – ausgewertet in Form von Bodenwassergehaltsprofilen und Bodenwassergehaltsganglinien in ausgewählten Tiefen – Aufschluß über den zeitlichen Verlauf des Versickerungsvorganges bei verschiedenen Beregnungshöhen.

## 3.2. Erstellung des Wasserhaushaltmodells

### 3.2.1. Datenspeicherung und Datenorganisation

Die Erstellung und Handhabung eines Wasserwirtschaftsmodells setzt die Verwendung großer Daten-

mengen voraus. Es war daher unbedingt notwendig, ein Konzept für elektronische Datenspeicherung von Niederschlags-, Abfluß- und Grundwasserdaten zu erarbeiten und schließlich zu realisieren. Im Rahmen dieser benutzerorientierten Datenbank können die Daten des Hydrographischen Dienstes direkt auf einem elektronischen Datenträger übernommen und weiterverarbeitet werden, sodaß die zeit- und arbeitsaufwendige Erhebung dieser Daten entfällt. Es soll hier ausdrücklich betont werden, daß die Bereitstellung hydrologischer Daten auf Datenträgern seitens des Hydrographischen Dienstes eine wesentliche Erleichterung für die Gesamtbearbeitung bedeutet.

Im einzelnen wurden folgende Dateien erstellt:

- Grundwasserdatei  
Diese Datei umfaßt die Grundwasserbeobachtungen des Hydrographischen Dienstes der Jahre 1966 – 1979. Ein Großteil der Daten wurde direkt vom Hydrographischen Dienst übernommen, ein kleinerer Teil mußte erst abgelocht, kontrolliert und schließlich dem elektronischen Datenbestand einverleibt werden.
- Niederschlagsdatei  
Die Daten umfassen tägliche Niederschlagshöhen, Schneehöhen und Neuschneehöhen der Jahre 1971 – 1976. Auch diese Daten wurden direkt vom Hydrographischen Dienst übernommen.
- Programmbibliothek  
Alle bisher im Rahmen der Internationalen Hydrologischen Dekade bzw. des Internationalen Hydrologischen Programms entwickelten Computerprogramme wurden in einer einheitlichen, direkt abrufbaren Programmbibliothek zusammengefaßt. Neben gewissen Standardaufgaben der quantitativen Hydrologie können insbesondere folgende Aufgaben gelöst werden:
  - + Interpolation von Grundwasserganglinien
  - + Berechnung gespeicherter Grundwasservolumina und Gefälle aus Sondenmeßwerten.
  - + Eichung linearer großräumiger Grundwassermodele und Prognose künftiger Grundwasserverhältnisse mittels dieser Modelle.
  - + Eichung und Prognose von Grundwasserverhältnissen im Rahmen detaillierter Finite-Elemente-Modelle.Die Programme sind ausführlich getestet und dokumentiert und stehen auf Magnetband gespeichert zur Verfügung.

### 3.2.2. Methoden zur rechnerischen Behandlung von Grundwasserleitern

Die bereits in IHD begonnene Arbeit „Methoden zur rechnerischen Behandlung von Grundwasserleitern“ wurde fertiggestellt und veröffentlicht (1). Diese ca. 160 Seiten umfassende Publikation behandelt die Methodik zur Berechnung von Grundwasserproblemen im Rahmen von Finite-Elemente-Modellen und gliedert sich in zwei Teile.

Die Arbeiten des ersten, vornehmlich den Grundlagen gewidmeten Abschnittes waren vorerst auf die Frage ausgerichtet, ob sich aus Grundwasserspiegelmessungen allein die wesentlichen Parameter von Grundwasserfeldern ableiten lassen. Es zeigte sich jedoch bald, daß dies zwar theoretisch möglich, praktisch aber kaum erfolgversprechend ist. Die Fragestellung konzentrierte

sich daraufhin auf Verfahren, die eine rechnerische Verbesserung näherungsweise bekannter Grundwasserparameter zum Ziele haben. Dazu wurden entsprechende Verfahren entwickelt und in EDV-Programmen der praktischen Anwendung zugänglich gemacht.

Im einzelnen erbrachte der 1. Teil die nachstehenden Ergebnisse:

- 1) Erstellung eines EDV-Programmes, das im Wege der Interpolation oder Ausgleichung aus einzelnen Sondermeßwerten die Ganglinie für die betreffenden Sonden ermittelt und numerisch und graphisch aus gibt.
- 2) Entwicklung eines Verfahrens, daß die Ermittlung einer genäherten Spiegellage in den Punkten eines Quadratgitters auf Grund von Sondenmessungen erlaubt. Das zugehörige EDV-Programm liefert diese Spiegellage nicht nur numerisch sondern auch graphisch in Form eines Schichtenplanes. Erarbeitung eines EDV-Programmes, mit dessen Hilfe bei bekannten Eigenschaften des Grundwasserleiters (Stauerlage, Durchlässigkeit) Spiegellagen aus vorgegebenen Randwerten berechnet werden können.
- 3) Angabe eines Verfahrens, daß es bei bekannter Spiegellage gestattet, eine Nährungsverteilung des Transportvermögens zu verbessern. Ein EDV-Programm für diesen Zweck wurde erstellt.

Im zweiten Abschnitt sind die mit den entwickelten Rechenmethoden gewonnenen Erfahrungen dargestellt. Auf Grund der Ergebnisse des ersten Abschnittes sowie im Zuge der praktischen Anwendung ergaben sich mehrere neue Fragestellungen, die entsprechende Berücksichtigung fanden. Damit waren auch in diesem Abschnitt gewisse theoretische Überlegungen bzw. die Darstellung weiterer Verfahren erforderlich.

Aufbauend auf den 1. Teil konnten folgende praktische Aufgaben, z.T. an Hand konkreter Beispiele, behandelt werden:

- Rechnerische Ermittlung von Grundwasserspiegellagen aus Sondenbeobachtungen: Dabei erfolgte die Diskussion einer Reihe von Aufgaben, deren Lösung mit Hilfe des automatischen Spiegelausgleichs auf Grund der praktischen Erfahrungen sinnvoll erscheint.
- Prognose von Grundwasserverhältnissen: Es ließen sich ergänzende Aussagen über die Genauigkeit von Grundwasserspiegelprognosen ableiten. Eine Methode zur Prognose von Grundwasserstromlinien wurde entwickelt und ebenfalls an einem praktischen Beispiel demonstriert. Zum Vergleich unterschiedlicher Prognoseverfahren erfolgte die Testung eines aus der Literatur übernommenen Prognosenprogramms.
- Bestimmung von Transportvermögen und Durchlässigkeit aus dem Spiegellagenverlauf: Es wurde die Frage untersucht, inwieweit sich das Transportvermögen bei näherungsweise bekannter Grundwassermächtigkeit aus dem Spiegelverlauf gewinnen läßt. Es zeigte sich dabei, daß bei der Behandlung als Ausgleichsproblem diese Berechnungsart nicht nur im theoretischen Fall, sondern auch bei praktischen Anwendungen einen eini germaßen befriedigenden Erfolg bringt.
- Methoden der Eichung von Grundwassermodellen: Die Vor- und Nachteile der Methode der iterativen Verbesserung von Nährungsverteilungen

des Transportvermögens konnten auf Grund praktischer Erfahrungen abgeschätzt werden. Es erfolgte eine zusammenfassende Darstellung weiterer Möglichkeiten zur Parameteridentifikation.

- Finite-Elemente-Modell für den Neunkirchner Schotterkegel: Auf Grundlage der Ergebnisse eines summarisch-quantitativen Grundwassermodells erfolgte die Eichung eines Finite-Elemente-Modells. Dabei gelangten verschiedene Methoden zur Anwendung. Mit einer rekursiven Eichprozedur, die von bekannten Randdurchflüssen ausgeht, ließen sich Verteilungen von Transportvermögen und Durchlässigkeit ermitteln, welche genau zu der vorgegebenen Spiegellage passen und die gemessenen bzw. geschätzten Randdurchflüsse in befriedigender Weise nachbilden.
- Erstellung von Grundwasserspeichermodellen: Für das Gebiet zwischen Wr. Neustadt und Neunkirchen („Neunkirchner Schotterkegel“) wurde parallel zu den oben angeführten Arbeiten ein quantitatives Grundwasserspeichermodell erstellt (2). Dieses Modell erlaubt die Simulation des hydrologischen Geschehens auf Basis von Monatsabschnitten, wobei die Modellvorstellung darin besteht, ein geeignet abgegrenztes Grundwassergebiet als Speicher zu betrachten. Dieser kann in völliger Analogie zu einem Oberflächenspeicher gesehen werden. Der Zufluß zum Speicher kann ein unterirdischer Zufluß, Versickerung aus Oberflächengewässern oder Einsickerung des Niederschlags sein. Das Speichervolumen ist das für die Grundwasserdurchströmung zur Verfügung stehende Porenvolumen des Bodens. Der Abfluß aus dem Speicher kann ein unterirdischer Abfluß, ein Grundwasseraustritt in Oberflächengewässer, ein durch Evapotranspiration bedingter Wasserentzug oder eine überörtliche Entnahme aus dem Grundwasser sein. Das erstellte Grundwasserspeichermodell erlaubt es, aus dem Verlauf der Zuflüsse zum Speicher den Verlauf des Speicherinhalts und der Abflüsse aus dem Speicher näherungsweise zu ermitteln. Das Modell besitzt einen relativ einfachen mathematischen Aufbau. Die Modellerstellung und Eichung setzt lediglich gewisse Grundkenntnisse der Regressionsrechnung und der Zeitreihenanalyse voraus. Der Umfang der Berechnungen – insbesondere bei der Ermittlung der Speicherinhalte und der Grundwasserspiegelgefällswerte aus Grundwassersondenmessungen – ist jedoch sehr erheblich und ohne Zuhilfenahme elektronischer Rechanlagen praktisch nicht zu bewältigen. Die Möglichkeiten, die durch das Speichermodell eröffnet werden, bestehen vor allem darin, daß den Grundwasserhaushalt verändernde Maßnahmen simuliert und deren Auswirkungen studiert werden können. Somit ist die Möglichkeit gegeben, Grundlagen für eine planvolle Bewirtschaftung von Grundwasservorkommen zu erarbeiten.
- Rechenalgorithmen für ein umfassendes quantitatives Grundwassermodell: Um ein das ganze Südliche Wiener Becken umfassendes Grundwassermodell erstellen zu können, müssen die in Teilbereichen erfolgten Einzelbearbeitungen mittels einer entsprechenden „Rechenvorschrift“ zu einem komplexen Ganzen zusammengefügt werden. Dafür wurde ein Rechenprogramm erstellt (11).

Mit Hilfe des genannten Rechenprogramms kann unter Zugrundelegung verschiedener Annahmen über die maßgebenden Randbedingungen (wie z.B. Niederschlag, Grundwasserentnahmen, Versickerungsfähigkeit der Oberflächengewässer) das Grundwassergeschehen quantitativ simuliert werden. Damit ist es möglich, die voraussichtliche längerfristige Entwicklung des Grundwassergeschehens auf Grund von Eingriffen in die natürlichen Kreisläufe zu prognostizieren.

- **Modell für die Grundwasserneubildung aus dem örtlichen Niederschlag:** Die Grundwasserneubildung aus dem örtlichen Niederschlag ist eine wichtige Eingangsgröße in das Wasserwirtschaftsmodell für das Südliche Wiener Becken. Für diesen Fragenkomplex wurde eine Modellvorstellung entwickelt, die in einem allgemein anwendbaren Computerprogramm niedergelegt wurde. Unter Zugrundelegung eines Rasternetzes wird dabei die Grundwasserneubildung für jedes Rasterelement ermittelt und anschließend summiert. Die Berechnung erfolgt jeweils für Monatsabschnitte. Das Gesamtmodell besteht aus zwei Teilmodellen. Das erste Teilmodell hat die Ermittlung der monatlichen Infiltration in den Boden zum Inhalt. Eingangsgröße ist der Niederschlag, Parameterwerte sind Temperatur und Bewuchs der Bodenoberfläche. Das zweite Teilmodell dient zur Nachbildung des Bewegungsablaufs in der ungesättigten Bodenzone und damit der Bestimmung der von der ungesättigten Bodenzone in das Grundwasser abgegebenen Wassermenge. Für das erste Teilmodell wurde eine Eichung des Zusammenhanges zwischen Niederschlag, Temperatur und Verdunstung vorgenommen. Für das zweite Teilmodell konnte ein für bindige Böden gültiger empirischer Ansatz für die Sickergeschwindigkeit im Boden auf seine Anwendbarkeit auf die im Untersuchungsgebiet anstehenden Schotterböden untersucht werden. Experimentelle Laboruntersuchungen erwiesen die Gültigkeit des Ansatzes auch für Schotterböden.

#### 4. Arbeiten im Marchfeld

Die Arbeiten betreffend das Marchfeld wurden im Jahre 1978 begonnen. Sie konzentrierten sich bisher auf Erhebung und Sammlung grundlegender Daten sowie auf die Untersuchung des Trendverhaltens des Grundwasserspiegels.

##### 4.1. Durchführung hydrologischer Beobachtungen sowie Ausbau des Beobachtungsnetzes

- **Durchführung von Abflußmessungen:** An den Gewässern Rußbach, Stempfelbach und Weidenbach wurden simultane Abflußmessungen durchgeführt. Die bisherigen ersten Meßergebnisse zeigen Grundwasseraustritte, die für die Erfassung des hydrologischen Geschehens von Wichtigkeit sind.
- **Konzept für Grundwasserbeobachtungen:** Die bisherigen Bearbeitungen zeigen deutlich, daß das vorhandene Grundwasserbeobachtungsnetz für

eingehende hydrologische Bearbeitungen nicht ausreichend ist. Es wurde daher ein Konzept für die Intensivierung des Grundwasserbeobachtungsnetzes ausgearbeitet.

#### 4.2. Sammlung und Auswertung von Daten

- **Klassifikation der Grundwasserstände:** Als Vorarbeit für die Untersuchung des Trendverhaltens des Grundwasserspiegels wurden die jährlichen mittleren, minimalen und maximalen Grundwasserstände einer etwa 10-jährigen Reihe in allen Beobachtungsstationen untersucht. Die relative Klassifikation der Grundwasserstände in der Jahresreihe zeigt eine beträchtliche Tendenz zum Absinken des Grundwasserspiegels auf.
- **Bearbeitung der Geologie:** Die für Grundwasserbearbeitungen maßgebende Lage der undurchlässigen Schicht des Untergrund (Grundwasserstauer) wurde aus vorhandenen Unterlagen neu bearbeitet und die Stauerhöhe in einem Rechnernetz herausgelesen.
- **Erstellung charakteristischer Grundwasserschichtenpläne:** Nach Fertigstellung eines Lageplanes sämtlicher Grundwasserbeobachtungsstellen erfolgte die Erstellung von Grundwasserschichtenplänen für zwei charakteristische Zeitpunkte. Anschließend daran wurde mit Hilfe der Stauerhöhen ein Lageplan der Grundwassermächtigkeit erstellt.
- **Untersuchung der landwirtschaftlichen Bewässerung:** Die Größe der landwirtschaftlichen Bewässerung wurde auf Grund von örtlichen Erhebungen und der Abschätzung des Wasserbedarfes der im Marchfeld gebauten Kulturarten für die letzten Jahre näherungsweise ermittelt (4).

#### Literatur

- 1) BARON, W., HEINDL, W., BEHR, O. & REITINGER, J.: Methoden zur rechnerischen Behandlung von Grundwasserleitern. – Wr. Mitteilungen, **23**, Wien 1977.
- 2) BEHR, O.: Grundwassermodelle und ihre Anwendung am Beispiel des Neunkirchner Schotterkegels. – GWF, **117**(1976), H. 3.
- 3) BEHR, O., MÜLLER, W. & REITINGER, J.: Praktische Aspekte und Ergebnisse der Bodenfeuchtemessung mittels Neutronensonde. – ÖWW, **28**(1976), H. 7/8.
- 4) BEHR, O., REITINGER, J. et al.: Die landwirtschaftliche Bewässerung im Marchfeld. – Forschungsbericht Nr. 5 des Instituts für Hydraulik, Gewässerkunde und Wasserwirtschaft, TU Wien 1984.
- 5) BEHR, O.: Experimentelle Untersuchung und rechnerische Simulation des Sickervorgangs in nichtbindigen Böden. – Wiener Mitteilungen, **30**, Wien 1979.
- 6) HAIDINGER, G. & REITINGER, J.: Hydrologische Forschungsstation Mitterndorf an der Fischa, Zusammenstellung der Beobachtungsdaten. – Forschungsbericht Nr. 3 des Instituts für Hydraulik, Gewässerkunde und Wasserwirtschaft, TU Wien, 1978.
- 7) HAIDINGER, G.: Bericht über die Ergebnisse der Bodenfeuchtemessungen in der Hydrologischen Forschungsstation Mitterndorf a. d. Fischa. – Wr. Mitteilungen, **30**, Wien 1979.
- 8) KRESSER, W. & REITINGER, J.: Erforschung des Wasserhaushaltes. – ÖHZ, **28**(1976), H. 6.

- 9) KRESSER, W. & REITINGER, J.: Grundwasserhaushalt des Südlichen Wiener Beckens. – Almanach der österreichischen Forschung, Wien (Verband der wissenschaftlichen Gesellschaften Österreichs) 1978.
- 10) KRAUTSCHNEIDER, H.: Umfassende wasserwirtschaftliche Datenbibliothek. – Arbeitsbericht, 1977.
- 11) KRAUTSCHNEIDER, H.: FORTRAN-Rechenalgorithmen für Prognoserechnungen in einem umfassenden linearen Grundwasserhaushaltsmodell. – Arbeitsbericht, 1976.
- 12) PRAMBERGER, F.: Felduntersuchungen zur Wasserbewegung in der ungesättigten Zone nichtbindiger Böden mit einer Neutronen-Tiefensonde. – Dissertation Universität für Bodenkultur, 1981.

## 2. Projekt: Wasserhaushalt von Österreich

### Inhalt

1. Einleitung	35
2. Zielsetzung des Projekts	36
3. Methodik der Durchführung	36
4. Erfassung der benötigten Daten	36
4.1. Erfassung festbleibender Gebietsinformationen	36
4.1.1. Digitales Geländemodell von Österreich	36
4.1.2. Digitales Modell der Bodennutzung von Österreich	37
4.1.3. Modell der Flußeinzugsgebietsgrenzen von Österreich	37
4.1.4. Modell der potentiellen Sonnenscheindauer	37
4.1.5. Modell der Fließgewässer	37
4.2. Erfassung von Beobachtungsdaten	37
4.2.1. Niederschlagsdaten	38
4.2.2. Abflüsse	38
4.2.3. Schneedichtewerte	38
4.2.4. Tageswerte ausgewählter Klimaelemente der Klimastationen	38
4.2.5. Monatswerte ausgewählter Klimaelemente	38
4.2.6. Erfassung der Speicherung in den Talsperren	38
5. Bearbeitung des mittleren langjährigen Wasserhaushaltes von Österreich	38
5.1. Charakterisierung des Abflußregimes	38
5.2. Die Flächenverteilung der Wasserhaushaltskomponenten	39
5.3. Die automatische Ermittlung der Flächenverteilung von Wasserhaushaltskomponenten	39
5.4. Die mittlere langjährige Wasserbilanz	39
6. Bearbeitung des monatlichen Wasserhaushalts von Österreich	40
6.1. Rechensystem für gebietsbezogene Monatsbilanzen	40
6.2. Bisherige Ergebnisse	40
6.2.1. Auswertung festbleibender Gebietsparameter	40
6.2.2. Auswertung monatlicher Wasserhaushaltskomponenten	40
7. Weitere Auswertungen im Zusammenhang mit dem Wasserhaushalt	41
7.1. Rechnerische Ermittlung der tatsächlichen Niederschläge aus den beobachteten Niederschlägen	41
7.2. Untersuchungen des Langfristverhaltens der Niederschläge	42
7.3. Prognose von Monatsniederschlägen	42
8. Zusammenfassung und Ausblick	42
Literatur	42

### 1. Einleitung

Die Notwendigkeit von umfassenden, nationalen Wasserhaushaltsuntersuchungen kann heute als unbestritten gelten. Wesentliche Aufgabenstellungen der Wasserwirtschaft setzen solche Untersuchungen voraus:

- Bei steigendem Bedarf wird selbst unter der Voraussetzung gleichbleibenden Dargebots an Wasser eine Situation erreicht, in der Einzelmaßnahmen nicht mehr für sich allein betrachtet werden können, sondern in der Gesamtsituation und in ihren gegenseitigen Wechselwirkungen gesehen werden müssen.

- Möglicherweise vorhandene langfristige negative Tendenzen müssen rechtzeitig erkannt werden, damit die Möglichkeit von Gegenmaßnahmen offen bleibt. Eine längerfristige Prognose von Wasserhaushaltskomponenten ist nicht nur für die Energiewirtschaft, sondern für viele Belange der Wasserwirtschaft von wachsender Bedeutung.
- Die historisch gewachsenen Wasserrechte haben heute oft schon ein Ausmaß erreicht, welches das Dargebot, zumindest in seiner zeitlichen Verteilung, beträchtlich übersteigt. Für die Schaffung klarer rechtlicher Verhältnisse sind umfassende quantitative Aufschlüsse über den Wasserhaushalt unabdingbare Voraussetzung.

Die Erstellung des Österreichischen Beitrags zur Internationalen „Hydrologischen Monographie der Donau“, in welchem die langjährige mittlere Wasserbilanz des österreichischen Anteils am Einzugsgebiet der Donau enthalten ist, bildete die Grundlage und gab auch den Anlaß, eine auf die Erfordernisse des Landes ausgerichtete, umfassende, ausreichend detaillierte Untersuchung des Wasserhaushalts von Österreich in Angriff zu nehmen.

Da die Lösung einer solchen Aufgabe heute die Beherrschung einer ganzen Reihe von Spezialdisziplinen erforderlich macht, erwies sich die Zusammenarbeit mit der Zentralanstalt für Meteorologie sowie mit dem Hydrographischen Dienst als wertvolle Grundlage für die Durchführung des Projekts. Weitere wesentliche Unterstützung erhielt das Projekt durch das Institut für Photogrammetrie der Technischen Universität Wien sowie durch das Interuniversitäre Rechenzentrum.

## 2. Zielsetzung des Projekts

Das Ziel einer umfassenden Wasserhaushaltsuntersuchung kann es heute nicht mehr allein sein, den Zustand eines gewissen Zeitabschnitts zu dokumentieren. Zumindest ebenso wichtig ist es geworden, eine laufende Kontrolle über die Entwicklung des Wasserhaushalts zu erlangen, um die Entwicklung – in den unseren Möglichkeiten entsprechenden Grenzen – steuerbar oder zumindest vorhersehbar zu machen.

Die heute gegebenen Möglichkeiten der elektronischen Datenverarbeitung eröffnen erstmals die Möglichkeit, umfassende und einigermaßen detaillierte Untersuchungen zum Wasserhaushalt durchzuführen. Das Projekt hat daher zum Ziel, ein Rechensystem zu schaffen, mit welchem auf der Grundlage der vorhandenen Daten rasch und verarbeitungstechnisch sichere Wasserbilanzen erstellt und nach verschiedenen Gesichtspunkten ausgewertet werden können. Eine weitere Zielsetzung liegt in der Ermöglichung von längerfristigen Prognosen.

Gleichzeitig steht jedoch auch die Frage im Vordergrund, inwiefern das vorhandene Material an Meß- und Beobachtungsdaten in Umfang und Inhalt ausreicht, um die verschiedenen Aufgabenstellungen in ausreichender Weise zu lösen.

## 3. Methodik der Durchführung

Die flächenmäßig detaillierte Bearbeitung des langjährigen Wasserhaushalts wird im Rahmen eines Rechenetzes von 1 km Maschenweite durchgeführt. Für das gesamte Bundesgebiet, einschließlich ausländischer Randgebiete, ergeben sich damit etwa 100.000 Rastereinheiten.

Aufbauend auf den langjährigen Mittelwerten werden zeitlich detaillierte (monatliche) Wasserbilanzen für die einzelnen Einzugsgebiete ermittelt.

Die voll automatisierte Durchführung der Bilanzrechnung erfordert es, daß sowohl die praktisch festbleibende Gebietsbeschreibung (Flußeinzugsgebietsgrenzen,

Gewässernetz und Geländekonfiguration) sowie die Lage der Beobachtungs- und Meßstellen in einem einheitlichen Koordinatensystem erfaßt werden. Dafür wurde die Lambert'sche konforme Kegelprojektion mit 2 Bezugsparallelen herangezogen. Dies erforderte die Umrechnung von Informationen, die in Gauß-Krüger Koordinaten oder in geographischen Koordinaten vorliegen.

Für die Ausgabe der Ergebnisse ist sowohl Listenform, als auch graphische Ausgabe sowie elektronische Abspeicherung der Ergebnisse für die weitere Bearbeitung vorgesehen.

## 4. Erfassung der benötigten Daten

Die Durchführung umfassender Wasserhaushaltsuntersuchungen setzt eine Vielzahl von Beobachtungsdaten und auch von festbleibender oder wenig veränderlicher Gebietsinformation voraus. Bezüglich der Beobachtungsdaten standen datenorganisatorische Probleme im Vordergrund, während bei der Erfassung von Gebietsinformation sowohl das Organisationskonzept entwickelt, wie auch die Datenaufnahme selbst durchgeführt werden mußten.

### 4.1. Erfassung festbleibender Gebietsinformation

Die zugrundegelegte Methodik der Wasserhaushaltsuntersuchung macht es erforderlich, die Gebietsinformation in Form von Modellen so zu erfassen, daß die Auswertung sowohl für vorgegebene Einzugsgebiete, als auch für die Elemente eines regelmäßigen Rasters möglich ist.

#### 4.1.1. Digitales Geländemodell von Österreich

Für die Erfassung der Geländeverhältnisse von Österreich wurde ein Rastermodell gewählt, in welchem die Geländehöhen in 1-km Abstand erfaßt sind. Für das gesamte Bundesgebiet, einschließlich ausländischer Randgebiete, ergeben sich damit etwa 100.000 Einzelpunkte, an denen die Geländehöhen zu ermitteln sind. Zur Erarbeitung dieser Werte wurde der folgende Weg eingeschlagen:

- Auf der Basis einer Vergrößerung der Österreichkarte im Maßstab 1 : 500.000 wurden die Geländeschichtenlinien (Schichtenlinienabstand 200 m bzw. in flachen Gebieten 100 m) durch graphische Datenaufnahme (Digitalisierung) in Form von koordinativ und höhenmäßig gegebenen Einzelpunkten erfaßt. Auf diese Weise wurden mehrere Millionen Einzelpunkte erzeugt.
- In Gebieten mit nicht ausreichender Flächendichte der Schichtenlinien wurde zusätzliche Information aus Kartenblättern im Maßstab 1 : 200.000 aufgenommen.

Die genannten Einzelpunkte („Massenpunkte“) wurden anschließend mittels eines Interpolationsverfahrens auf die Gitterpunkte eines 1 km-Netzes umgerechnet.

Das beschriebene Verfahren bietet den Vorteil, daß das Modell durch Einspeicherung weiterer Information beliebig verbessert werden kann. Ferner besteht die Möglichkeit, das Modell durch Verfeinerung der Ma-

schonweite weiter zu detaillieren. So ist es vorgesehen, in weiterer Folge ein Modell mit 500 m Maschenweite zu erstellen.

Bei der Aufnahme einer derartigen Menge von Einzelinformationen sind Fehler auch bei sorgfältiger Arbeit praktisch unvermeidbar. Die deshalb erforderliche Kontrolle der Daten erfolgte in 2 Schritten.

- **Plausibilitätskontrolle der Daten**  
Bevor Genauigkeitsuntersuchungen angestellt werden konnten, mußten die Daten im Hinblick auf Datenaufnahmefehler untersucht werden. Zu diesem Zweck wurde ein Rechenprogramm zur graphischen Ausgabe der aus dem Raster interpolierten Schichtenlinien entwickelt. Mit Hilfe dieses Programms wurde eine vollständige Computerkarte der Geländeschichtenlinien von Österreich erzeugt. Durch Vergleich dieser Karte mit der Kartengrundlage konnten die erkennbaren Datenfehler verhältnismäßig rasch gefunden und beseitigt werden.  
Das genannte Computerprogramm, welches Schichtenliniendarstellungen in beliebiger Schichtenlinienabstufung und beliebigem Maßstab gestattet, ist selbstverständlich auch für die Darstellung von Isolinen verschiedener Wasserhaushaltskomponenten geeignet.
- **Genauigkeitsuntersuchungen**  
Um Aufschlüsse über die Genauigkeit des vorliegenden Modells zu erhalten, wurden an etwa 1000 über das gesamte Bundesgebiet verteilten Einzelpunkten die Geländehöhen aus dem Modell ermittelt und mit den vorgegebenen Höhen verglichen. Es ergibt sich eine mittlere Abweichung in der Größe von etwa 40 m. Durch Verfeinerung der Maschenweite und Aufnahme weiterer Geländeinformation läßt sich die Genauigkeit noch entsprechend steigern.

#### **4.1.2. Digitales Modell der Bodennutzung von Österreich**

Dieses Modell erfaßt die vorherrschende Bodennutzung des Bundesgebiets in einem 1-km Raster. Die Rastereinteilung ist mit jener des Geländemodells voll kompatibel.

Die Grundlage ist die Karte „Vorherrschende Landnutzung“ aus dem Österreichatlas, welche folgende Klassifizierungen unterscheidet:

- Ackerbaugebiete mit besonders hohem Ackeranteil
- Ackergebiete und Acker-Weinbaugebiete
- Acker- Grünlandgebiete
- Grünlandgebiete
- Reine Grünlandwirtschaftsgebiete
- Waldgebiete
- Feuchtwiesen
- Weinbaugebiete
- Verbaute Flächen
- Reines Felsland
- Gewässer
- Gletscher

Zur weiteren Detaillierung des Modells ist eine Unterteilung der Gebietsspezifikationen grundsätzlich möglich.

#### **4.1.3. Modell der Flußeinzugsgebietsgrenzen von Österreich**

Für die systematische Untersuchung des Wasserhaushalts ist die Erfassung der Flußeinzugsgebiets-

grenzen notwendig. Auf der Basis der längerfristig vorhandenen Abflußmeßstellen ergeben sich für das gesamte Bundesgebiet etwa 270 Flußeinzugsgebiete. Da die Einzugsgebietsgrenzen nur teilweise mit der Staatsgrenze identisch sind, ergeben sich überdies etwa 50 Restgebiete innerhalb bzw. außerhalb von Österreich, welche für die Erstellung von auf das Staatsgebiet bezogenen Bilanzen ebenfalls erfaßt werden müssen.

Die Aufnahme der Einzugsgebietsgrenzen erfolgte durch Approximation der Gebietsgrenzen durch polygonale Linienzüge, deren Eckpunkte koordinativ erfaßt wurden. Als Kartengrundlage diente das Verzeichnis der Einzugsgebietsgrenzen des Hydrographischen Dienstes.

Die erfaßten Koordinaten mußten in einem weiteren Schritt zunächst auf die für die Wasserhaushaltsuntersuchungen einheitlich verwendete Kartenprojektion der Kegelkoordinaten umgerechnet werden.

Zur Kontrolle der erarbeiteten Daten erfolgte die graphische Ausgabe der Gebietsgrenzen am Plotter. Damit konnten die vorhandenen Unstimmigkeiten rasch erkannt und beseitigt werden. Eine zusätzliche Kontrollmöglichkeit ergab sich durch automatische Ermittlung der Gebietsflächen und Vergleich mit den entsprechenden Angaben des Hydrographischen Dienstes. Die gespeicherten Daten können nunmehr als mit den Unterlagen des Hydrographischen Dienstes voll kompatibel angesehen werden.

#### **4.1.4. Modell der potentiellen Sonnenscheindauer**

Da für Arbeiten im Zusammenhang mit der Verdunstungsermittlung der Energiehaushalt der Einzugsgebiete von großer Bedeutung ist, wäre eine modellmäßige Erfassung des Energiehaushalts der Einzugsgebiete erstrebenswert. Da dieses Ziel jedoch den Rahmen dieses Projekts bei weitem sprengen würde, erschien es zweckmäßig, zunächst ein Modell der größten möglichen („potentiellen“) Sonnenscheindauer anzustreben, um zumindest gewisse Vergleichswerte für den Energiehaushalt der verschiedenen Gebiete zu erhalten. Die Rechenalgorithmen, um aus dem Geländemodell die rein geometrisch bzw. astronomisch bestimmte größte mögliche Sonnenscheindauer für jeden Rasterpunkt des Modells zu ermitteln, liegen bereits vor. Die Durchführung und Auswertung für die Flußeinzugsgebiete steht noch aus.

#### **4.1.5. Modell der Fließgewässer**

Es wurden Testuntersuchungen zur Aufnahme und elektronischen Abspeicherung des lage- und höhenmäßigen Verlaufs der Fließgewässer durchgeführt. Die bisherigen Ergebnisse lassen es zweckmäßig erscheinen, die Datenaufnahme zunächst für ein kleineres Teilgebiet von Österreich durchzuführen und die notwendige Genauigkeit der Datenaufnahme im Hinblick auf hydrologische und wasserwirtschaftliche Auswertungen einer weiteren Prüfung zu unterziehen.

### **4.2. Erfassung von Beobachtungsdaten**

Sämtliche erforderliche Daten werden in einer elektronischen Datenbank organisiert, wobei auf eine übersichtliche und benutzerfreundliche Struktur großer Wert

gelegt wird. Im einzelnen werden folgende Daten erfaßt:

#### **4.2.1. Niederschlagsdaten**

Es erfolgte die Erstellung einer Datei der Monatssummen des Niederschlags von Österreich. Dieser Datensatz enthält sämtliche beobachtete Monatssummen des Niederschlags aus dem Zeitabschnitt 1881–1970. Bei der Erstellung der Datei konnte teilweise auf vorhandene Bestände auf Datenträger zurückgegriffen werden, die jedoch vollständig kontrolliert und neu organisiert werden mußten. Ferner wurden noch ausländische Stationen entlang der Staatsgrenze aufgenommen. Der Bestand beträgt derzeit etwa 1000 Stationen mit insgesamt ungefähr 500 000 Einzeldaten.

Für jede Beobachtungsstation wird überdies eine Anzahl von Evidenzdaten mit erfaßt, u. a. die lagemäßige Fixierung mittels geographischer Koordinaten und Kegelkoordinaten. Zur Kontrolle der Lage wurde ein Lageplan der Stationen am Plotter ausgegeben. Zur vollständigen Ausschöpfung der in den Daten enthaltenen Information ist die Ergänzung der vorhandenen Datenlücken erforderlich. Zur Durchführung dieser Aufgabe wurde ein Rechenprogramm entwickelt, welches bei Vorgabe von Vergleichsstationen die Datenergänzung durchgeführt und die Ergebnisse an die zugehörenden Stellen des Datensatzes mit einer entsprechenden Kennzeichnung selbsttätig zurückschreibt, sodaß keine Datenmanipulationsfehler entstehen können. Als letzter Schritt der vollständigen Automatisierung der Datenergänzung wäre noch eine selbsttätige Auswahl der günstigen Vergleichsstation wünschenswert. Dies könnte die Resultate noch etwas verbessern.

Das Studium der Ergebnisse verschiedener Methoden der Datenergänzung zeigte, daß derzeit einfache Regressionen, nach Kalendermonaten getrennt, die besten Ergebnisse liefern. Es ergab sich dabei, daß durchschnittliche Fehler von etwa 18 mm in den Monatssummen zu erwarten sind. Insgesamt wurden etwa 30.000 Monatssummen an ungefähr 100 Beobachtungsstationen durch Relationen ergänzt.

#### **4.2.2. Abflüsse**

Tägliche Werte der Abflüsse in Österreich für den Zeitabschnitt 1951–1970 konnten vom Hydrographischen Dienst auf Magnetband übernommen werden. Aus diesem Datensatz wurde eine Datei der Monatsmittelwerte erstellt. Außerdem wurden ausländische Abflußwerte entlang der Staatsgrenze aufgenommen.

Die Ergänzung der vorhandenen Datenlücken kann derzeit noch nicht befriedigend gelöst werden. Es zeigte sich, daß mit Relationen auf der Basis von Monatswerten keine für Monatsbilanzen brauchbaren Ergebnisse erzielt werden können. Um Abhilfe zu schaffen, müßte bei der Ergänzung der Datenlücken auf Tageswerte oder Wochenwerte übergegangen werden.

#### **4.2.3. Schneedichtewerte**

Die auf Datenträger vorliegenden Meßwerte von Schneewasserwert und Schneedichte konnten in einer neuen, übersichtlichen Struktur auf Magnetband gespeichert werden. Eine ausführliche Plausibilitätskontrolle führte zur Ausschaltung bzw. Korrektur von fehlerhaften Werten.

#### **4.2.4. Tageswerte ausgewählter Klimaelemente der Klimastationen**

Seitens der Zentralanstalt für Meteorologie wurden dem Projekt Tageswerte der Beobachtungen an den Klimastationen zur Verfügung gestellt. Die Daten werden für die Abschätzung der im Schnee gespeicherten Wassermenge verwendet. Ferner dienen sie der Abschätzung der tatsächlichen Niederschläge aus den beobachteten Niederschlägen. Die für diese Untersuchungen relevanten Daten (Niederschlagshöhe, Schneehöhe, Lufttemperatur, Dampfdruck, Windgeschwindigkeit) wurden extrahiert und in einer Direktaufrufdatei neu organisiert. Für die Niederschlagshöhen wurde eine Plausibilitätskontrolle anhand der Monatssummen durchgeführt.

#### **4.2.5. Monatswerte ausgewählter Klimaelemente**

Durch Entgegenkommen der Zentralanstalt für Meteorologie können von dem Projekt ferner Monatswerte der Beobachtungen von Klimaelementen (Lufttemperatur, Dampfdruck, relative Feuchte, Sonnenscheindauer, Windgeschwindigkeit) von etwa 300 Beobachtungsstationen auf Datenträger verwendet werden.

Um diese Daten für die Zwecke der Erstellung eines Verdunstungsmodells einsetzen zu können, war eine umfangreiche Neuorganisation des Datensatzes erforderlich, die großteils bereits durchgeführt ist.

#### **4.2.6. Erfassung der Speicherung in den Talsperren**

Mit der systematischen Erfassung der monatlichen Wasserspeicherung in den größeren Talsperren von Österreich wurde begonnen. Derzeit liegen die Evidenzdaten der Talsperren sowie monatliche Speicherdaten aus der Jahresreihe 1961–1970 auf Datenträger vor.

## **5. Bearbeitung des mittleren langjährigen Wasserhaushalts von Österreich**

### **5.1. Charakterisierung des Abflußregimes**

In dem Forschungsbericht (1) ist neben einer allgemeinen Beschreibung des Gebietes und einem Überblick über die Entwicklung und den derzeitigen Stand der hydrologischen Beobachtungen eine ausführliche Charakterisierung des Abflußregimes enthalten, welche folgende Punkte umfaßt:

- Entwicklung und derzeitiger Stand der wasserbaulichen Arbeiten
- Charakteristische Werte über Wasserstände und Abflüsse (minimale, mittlere und maximale Abflüsse, Eintrittswahrscheinlichkeiten)

## 5.2. Die Flächenverteilung der Wasserhaushaltskomponenten

Die für den österreichischen Beitrag zur „Hydrologischen Monographie der Donau“ erforderliche Bearbeitung des langjährigen Wasserhaushalts des österreichischen Anteils am Donaueinzugsgebiet wurde gleichzeitig auch für österreichische Belange auf das gesamte Bundesgebiet ausgedehnt. Die Arbeit umfaßt im wesentlichen die folgenden Punkte (2).

- **Kartendarstellung der Niederschlagshöhe**  
Es wurde eine Karte mit Isolinien der mittleren jährlichen Niederschläge für die Jahresreihe 1931–1970 erstellt. Für die Entwicklung der Kartendarstellung standen etwa 500 Niederschlagsstationen mit entsprechend langen Beobachtungsreihen zur Verfügung. Überdies war es möglich, durch Vergleich mit der Zeitspanne 1951–1970, in der ein wesentlich dichteres Beobachtungsnetz vorliegt, gewisse Korrekturen vorzunehmen. Beim Entwurf der Karte war der wesentlichste Parameter die Seehöhenabhängigkeit des Niederschlags.
- **Kartendarstellung der Verdunstungshöhe**  
Die aktuelle Verdunstung eines größeren Gebiets kann nicht experimentell ermittelt werden. Mit Hilfe der Wasserbilanzgleichung eröffnet sich jedoch die Möglichkeit, Gebietsverdunstungen abzuschätzen. Diese Abschätzung der mittleren langjährigen Gebietsverdunstung wurde für etwa 200 Flußeinzugsgebiete von Österreich durchgeführt. Dazu war es notwendig, aus der Niederschlagskarte die Gebietsniederschläge der Flußeinzugsgebiete auszuwerten, sowie aus den vorhandenen Abflußmessungen die Gebietsabflüsse zu ermitteln. Da die Verdunstung, wie bereits seit langem bekannt ist, einen gewissen Zusammenhang mit der Seehöhe aufweist, ergibt sich die Möglichkeit, auf Grund der Topographie zu einer Flächenverteilung der Verdunstung zu gelangen. Die Untersuchung der Seehöhenabhängigkeit der aus der Wasserbilanz gewonnenen Gebietsverdunstung ergab ein einigermaßen befriedigendes Ergebnis. Überdies konnten die Verdunstungswerte durch Anwendung von Verdunstungsformeln einigermaßen bestätigt werden. Dies führte schließlich zur Entwicklung einer Kartendarstellung der mittleren langjährigen Verdunstung für das österreichische Bundesgebiet.
- **Kartendarstellung der Abflußhöhe**  
Die Kartendarstellung der Abflußhöhe ergab sich durch graphische Überlagerung von Niederschlags- und Verdunstungshöhe. Dabei läßt es sich natürlich nicht vermeiden, daß zufolge unvermeidbarer Ungenauigkeiten in der Bearbeitung die Abflußbilanz der Einzugsgebiete nur näherungsweise erfüllt ist.

Die genannten Kartendarstellungen wurden schließlich mit den Nachbarländern abgestimmt. Dadurch konnten gewisse Unsicherheiten im Verlauf der Wasserhaushaltskomponenten entlang der Staatsgrenze beseitigt werden. Die Karten sind in dem Bericht (2) enthalten.

## 5.3. Die automatische Ermittlung der Flächenverteilung von Wasserhaushaltskomponenten

Mit Hilfe des Geländemodells von Österreich eröffnet

sich die Möglichkeit, eine automatische Ermittlung von Wasserhaushaltskomponenten in Angriff zu nehmen. Das Ziel ist es, den im vorhergehenden Kapitel beschriebenen, äußerst arbeitsintensiven Auswertevorgang zu vereinfachen, sowie die Auswertung zu objektivieren und mögliche Fehlerquellen auszuschließen.

Zur Durchführung dieser Arbeit ist es zunächst notwendig, die mittlere langjährige Niederschlagsverteilung für ein Rechnetz zu ermitteln. Dazu wurde die folgende Vorgangsweise eingeschlagen:

- Zuerst wurde unter Verwendung sämtlicher Niederschlagsstationen eine Regression mit der Seehöhe ermittelt.
- Für die Abweichung von der Regression, d.h. die nicht seehöhenabhängigen Anteile der Niederschläge, wurde anschließend ein Flächenausgleich durchgeführt.

Die für jeden Netzpunkt des Gitters (etwa 100.000 Netzpunkte) berechnete Niederschlagshöhe setzt sich somit aus 2 Anteilen zusammen, einem aus der Geländehöhe des Netzpunktes mittels Regression bestimmten Seehöhenanteil, und einem Restanteil, der durch Flächenausgleich aus den Abweichungen von der Regression ermittelt wird.

Um die Güte des Verfahrens beurteilen zu können, wurde der Flächenausgleich testweise für die Orte der Niederschlagsstationen durchgeführt, d.h. es wurde der Versuch unternommen, die Niederschlagswerte der Stationen jeweils aus den benachbarten Stationen rückzurechnen. Es zeigte sich, daß ein mittlerer Fehler von etwa 8 % des gemessenen Niederschlags zu erwarten ist. Beim tatsächlichen Flächenausgleich an den Rasterpunkten unter Heranziehung sämtlicher Stationen ist die Stationsdichte allerdings größer, sodaß man annehmen kann, daß sich schließlich eine Genauigkeit von etwa 5 % erreichen läßt. Damit ist es möglich, praktisch die Güte der subjektiven händischen Auswertung zu erzielen.

Die Rechenprogramme, die es ermöglichen, aus dem Raster Gebietsniederschläge zu ermitteln sowie die Niederschlagsverteilung graphisch am Plotter darzustellen, sind bereits vorhanden. Obwohl die Ergebnisse im Mittel durchaus brauchbar sind, ergeben sich regional noch gewisse Schwierigkeiten, die weitere Bearbeitungen nötig machen. Jedenfalls ist jedoch mit den bisherigen Arbeiten bereits ein wesentlicher Schritt in Richtung der Automatisierung der Auswertung von Niederschlagsverteilungen getan.

Aufbauend auf diesen Ergebnissen erscheint nun auch die rechnerische Ermittlung der Verdunstungsverteilung und Abflußverteilung möglich.

## 5.4. Die mittlere langjährige Wasserbilanz

In dem Bericht (2) ist die langjährige mittlere Wasserbilanz des österreichischen Donaueinzugsgebiets (mehr als 90.% des Bundesgebiets) dargestellt. Darin sind Werte von Niederschlags-, Abfluß- und Verdunstungshöhe, aufgegliedert nach Flußgebieten, sowie die Bilanz der Oberflächengewässer für das Gesamtgebiet enthalten.

## 6. Bearbeitung des monatlichen Wasserhaushalts von Österreich

### 6.1. Rechensystem für gebietsbezogene Monatsbilanzen

Die Zielsetzung bei der Erstellung des Rechensystems war es, Wasserhaushaltsuntersuchungen für beliebige großräumige Gebiete durchführen zu können. Das bedeutet, daß das Rechensystem ganz allgemein sein muß und keine gebietsspezifischen Definitionen enthalten darf. Außerdem war zu fordern, daß das System auch langfristig ohne Änderungen betrieben werden und die jeweils neu anfallenden Daten verarbeiten kann, sowie die bereits vorliegenden Ergebnisse gemeinsam mit den neuen Ergebnissen zur Verfügung stellt.

Die genannten Forderungen führten zur Entwicklung des Konzepts der „Wasserhaushaltsdatei“. Es ist dies ein elektronisch gespeicherter Datensatz, der nach Flußeinzugsgebieten geordnet die ausgewerteten monatlichen Wasserhaushaltskomponenten sowie die Auswertungen der festbleibenden Gebietsparameter enthält. Zu diesen Gebietsparametern gehört auch die Definition der Verknüpfung der Gebiete untereinander.

Der genannte Datensatz kann schrittweise entwickelt werden, wobei die Einzelschritte entsprechend kontrolliert, modifiziert oder auch wiederholt werden können, ohne die gesamte Auswertung nochmals durchführen zu müssen. Auf diese Weise wird es überhaupt erst möglich, die Vielzahl der oft komplexen Rechenoperationen durchzuführen und den Aufwand in erträglichen Grenzen zu halten. Erst in einem weiteren Schritt werden die vorliegenden Ergebnisse selektiv nach verschiedenen Gesichtspunkten numerisch oder graphisch ausgegeben, weiter analysiert oder zu Modellen verarbeitet.

Für jedes Flußeinzugsgebiet sind die Zu- und Abflußstationen der Oberflächengewässer sowie die Verknüpfung der Einzugsgebiete in der Datei festgehalten. Dies erlaubt eine große Flexibilität in der Analyse der Ergebnisse. Über die Auswertung von einzelnen Einzugsgebieten hinaus ist die voll automatische Analyse von Einzugsgebietsketten in oder gegen die Fließrichtung der Oberflächengewässer möglich. Durch Erfassung der Resteinzugsgebiete bis zur Staatsgrenze können außerdem einigermaßen zutreffende Schätzwerte für die nationale Bilanz angegeben werden, wobei die Verknüpfung mit den einzelnen Nachbarländern mit erfaßt ist.

### 6.2. Bisherige Ergebnisse

#### 6.2.1. Auswertung festbleibender Gebietsparameter

- **Gebietsfläche:** Neben der üblicherweise angegebenen Flächenprojektion konnte mit Hilfe des digitalen Geländemodells die tatsächliche Gebietsoberfläche der Einzugsgebiete ermittelt werden. Damit gibt es erstmals Schätzwerte dieser Größe für das gesamte Bundesgebiet. Dies erlaubt es, die großräumige Verdunstungsermittlung erstmals auf eine realistische Basis zu stellen, da ja für die Verdunstung die tatsächliche Gebietsoberfläche maßgebend ist.

- **Charakteristische Geländegrößen:** Zu den für jedes Flußeinzugsgebiet ermittelten charakteristischen Geländegrößen gehören:
  - **Mittlere Geländeneigung:** Zufolge der derzeitigen 1 km-Rasterung der Geländemodells kommt es zu einer gewissen Unterschätzung der tatsächlichen Neigungsverhältnisse. Durch Übergang auf einen 500 m-Raster sind hier noch gewisse Verbesserungen zu erwarten.
  - **Zusammenhang zwischen Geländehöhe und Gebietsfläche.** Der Zusammenhang zwischen Geländehöhe und zugehörigen Flächenanteilen wurde in 50 m – Höhenstufen für sämtliche Flußeinzugsgebiete ausgewertet.
- **Bodennutzungen:** Entsprechend der im Modell der Bodennutzungen enthaltenen Klasseneinteilung der Nutzungen erfolgte deren Auswertung für die Flußeinzugsgebiete, wobei gleichzeitig die mittlere Seehöhe der Nutzungen errechnet wurde.

#### 6.2.2. Auswertung monatlicher Wasserhaushaltskomponenten

- **Gebietsniederschläge:** Wesentliche Vorarbeiten zur Ermittlung von monatlichen Gebietsniederschlägen sind bereits geleistet, indem die mittleren langjährigen Gebietsniederschläge der Flußeinzugsgebiete vorliegen. Da insgesamt etwa 12.000 Gebietsniederschläge für Einzelmonate und Einzugsgebiete ermittelt werden müssen, kann kein allzu rechenintensives Verfahren verwendet werden. Es ist vorgesehen, die Gebietsniederschläge der Einzelmonate aus den mittleren monatlichen Gebietsniederschlägen unter Verwendung von charakteristischen Niederschlagsstationen abzuleiten.
- **Abflüsse:** Für die Jahresreihe 1951–1970 sind die monatlichen Abflußhöhen bereits ausgewertet. Allerdings liegen für jene Einzugsgebiete, die von Flußüberleitungen betroffen sind, derzeit noch keine Werte vor. Ferner bedürfen jene Abflußhöhen, die Datenergänzungen beinhalten, noch einer Überarbeitung.
- **Wasseräquivalent der Schneespeicherung:** Es wurde erstmals der Versuch unternommen, auf der Basis von Monatsabschnitten die im Schnee gespeicherte Wassermenge für sämtliche Flußeinzugsgebiete von Österreich für eine längere Jahresreihe zu ermitteln. Dazu waren zunächst die folgenden Vorarbeiten nötig:
  - **Auswertung der Schneedichtebeobachtungen**  
Es erfolgte die Einteilung des Bundesgebiets in Klimazonen. Für jede Klimazone wurde nach Kalendermonaten getrennt die Höhenabhängigkeit der Schneedichte ausgewertet. Dies führte zur Erstellung von Diagrammen des mittleren Jahresverlaufs der Schneedichte in Abhängigkeit von der Seehöhe für jede Klimazone. Der Untersuchung liegen etwa 25.000 Meßwerte der Schneedichte zugrunde.
  - **Auswertung der Höhenabhängigkeit der Schneehöhe**  
Ebenfalls für jede Klimazone erfolgte die Untersuchung der Seehöhenabhängigkeit der Schneehöhe. Dieser Zusammenhang wurde als linearer

angenommen und mittels Regressionen modelliert. Die Auswertung erfolgte für Zeitpunkte im Monatsabstand getrennt.

Nachdem jedes Flußgebiet einer Klimazone zugeordnet war, ergibt sich die Möglichkeit, mittels der beiden genannten Zusammenhänge unter Verwendung des ebenfalls bereits ermittelten Zusammenhangs zwischen Seehöhe und Gebietsfläche für jeden Monat der Jahresreihe die Zu- bzw. Abnahme der im Schnee gespeicherten Wassermenge zu ermitteln. Die Berechnung wurde für das gesamte Bundesgebiet für die Jahresreihe 1951–1970 durchgeführt. Es ist allerdings zu bemerken, daß für die Berechnungen der Seehöhenabhängigkeit der Schneehöhe nur etwa ein Drittel der Beobachtungsstationen herangezogen werden konnte, weil die übrigen Werte noch nicht auf Datenträger vorhanden sind.

Die berechneten monatlichen Mengen des im Schnee gespeicherten Wassers geben einen gewissen Gesamteindruck über die Schneespeichervorgänge und ihre wasserwirtschaftliche Bedeutung, vor allem für das Abflußgeschehen. Es muß jedoch betont werden, daß diese Frage noch eingehender bearbeitet werden sollte. Neben der bereits erwähnten nur teilweisen Verwendung der Schneehöhenbeobachtungen hat dies hauptsächlich die folgenden Ursachen:

- Die langjährige mittlere Schneedichte der Kalendermonate kann die Verhältnisse des Einzelmonats nur unvollkommen wiedergeben. Hier ist insbesondere zu berücksichtigen, daß die Schneedichte zu den gesuchten Zeitpunkten von dem jeweiligen Neuschneeanteil beeinflusst wird und daher die Vorgeschichte berücksichtigt werden müßte.
- Die Abhängigkeit der Schneehöhe von der Geländehöhe gilt für ein Gebiet nicht einheitlich. Besonders in der zweiten Hälfte des Winters müßte die Orientierung des Geländes zu den Himmelsrichtungen in die Betrachtung eingehen. Wesentliche Informationen zu dieser Frage kann die Analyse der Satellitenbilder hinsichtlich der Schneegrenze liefern.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß berechnete Hoffnungen bestehen, das Wasseräquivalent der Schneebedeckung in einer für Wasserhaushaltsuntersuchungen brauchbaren Form abzuschätzen.

- Verdunstung: Monatswerte der Gebietsverdunstung können aus Wasserbilanzüberlegungen nicht gewonnen werden. Dies wäre nur dann möglich, wenn sämtliche Glieder des ober- und unterirdischen Wasserrückhalts mit ausreichender Genauigkeit bekannt wären. Hingegen ist es sehr wohl möglich, langjährige Mittelwerte der Gebietsverdunstung anzugeben, da ja bei der langjährigen Betrachtungsweise die Retentionsglieder nicht ins Gewicht fallen. Es liegt daher nahe, den Versuch zu unternehmen, die mittlere langjährige Verdunstung auf Grund der maßgebenden physikalischen Faktoren in Verdunstungswerte der Einzelmonate aufzugliedern, wobei die Gesamtsumme erhalten bleiben muß. Dadurch ist es möglich, über die Anwendung von Verdunstungsansätzen hinaus die Kompatibilität der Ergebnisse mit der Wasserhaushaltsbedingung einigermaßen sicherzustellen. Die diesbezüglichen Arbeiten sind im Gange.

## 7. Weitere Auswertungen im Zusammenhang mit dem Wasserhaushalt

### 7.1. Rechnerische Ermittlung der tatsächlichen Niederschläge aus den beobachteten Niederschlägen

Es ist bereits seit langem bekannt, daß bei der Messung des Niederschlags beträchtliche systematische Fehler auftreten, die zu einer Unterschätzung des tatsächlich gefallenen Niederschlags führen. Dies ist für Wasserhaushaltsuntersuchungen besonders unangenehm, da die bilanzmäßige Erfassung der Verdunstung dadurch praktisch unmöglich ist, oder zumindest sehr beeinträchtigt wird. Die Fehlbeträge sind im wesentlichen auf drei Ursachen zurückzuführen:

- Windbedingte Verluste
- Benetzungsverluste
- Verdunstungsverluste

Da die Fehlbeträge von der Art des Meßgeräts und den Modalitäten der Aufstellung abhängen, sind für die Abschätzung des Fehlbeträges experimentelle Untersuchungen unerlässlich. In Österreich werden derartige systematische Untersuchungen jedoch nicht durchgeführt. Es besteht daher lediglich die Möglichkeit, ausländische Untersuchungen heranzuziehen, die allerdings nur sehr bedingt auf österreichische Verhältnisse übertragbar sind. Um der Frage für Österreich zumindest etwas näher zu kommen, wurde ein Rechenprogramm erstellt, mit Hilfe dessen rechnerische Korrekturen der täglichen Niederschlagsbeobachtungen vorgenommen werden können. Dieses Modell verwendet als physikalische Parameter Werte von Lufttemperatur, Dampfdruck und Windgeschwindigkeit, sowie empirische Parameter, die ausländischen Untersuchungen entnommen sind.

Die Ermittlung der rechnerischen Fehlbeträge wurde für die täglichen Werte von etwa 100 Beobachtungsstationen für die Jahresreihe 1951–1970 durchgeführt. Im Mittel über die Jahresreihe und die Beobachtungsstationen ergibt sich ein Fehlbetrag von etwa 250 mm Niederschlag. Dieser Betrag ist sicherlich zu groß und zeigt, das ausländische Untersuchungen nicht ohne weiters übernommen werden können. Eine genauere Analyse ergibt, daß der Fehlbetrag für die Monate April bis Oktober (also näherungsweise die Monate mit flüssigem Niederschlag) etwa 90 mm und jener für die übrigen Monate 160 mm beträgt. Der erste genannte Wert entspricht etwa 8–15 Prozent des in diesen Monaten gefallenen Niederschlags und steht näherungsweise mit den Erfahrungen in Österreich im Einklang, während der Wert für den festen Niederschlag offenbar nicht den österreichischen Verhältnissen entspricht. Dies unterstreicht die Notwendigkeit, experimentelle Untersuchungen vor allem für die Erfassung des festen Niederschlags durchzuführen. Ganz grob läßt sich sagen, daß die erforderliche Korrektur des mittleren Gebietsniederschlags wohl kaum unter 150 mm anzusetzen ist. Dies bringt die Notwendigkeit mit sich, auch die bisher verwendeten Werte der Gebietsverdunstung entsprechend zu korrigieren. Dazu ist allerdings zu vermerken, daß die Gebietsverdunstung derzeit üblicherweise auf die Projektionsfläche bezogen ist. Verwendet man als Bezug die tatsächliche Gebietsoberfläche, so wird keine allzu wesentliche Änderung des auf die Fläche bezogenen Verdunstungswerts zu erwarten sein.

## 7.2. Untersuchung des Langfristverhaltens der Niederschläge

Der elektronisch gespeicherte Datensatz der Monatsniederschläge von Österreich ab 1881 gestattet es, umfassende Untersuchungen zum Langfristverhalten des Niederschlagsgeschehens anzustellen. Speziell für diesen Zweck erstellte Rechenprogramme gestatten die folgenden Auswertungen, einschließlich der graphischen Darstellung der Ergebnisse in Lageplänen und Diagrammen:

- Vergleich von langjährigen Mittelwerten der Monats- und Jahressummen.
- Berechnung von Autokorrelationskoeffizienten, getrennt nach Kalendermonaten, für die Jahressummen, oder für die gesamte Reihe.
- Seehöhenabhängigkeit des Niederschlags für die Einzelmonate, für Monatsgruppen oder für die Jahresreihe.

Die verschiedenen durchgeführten Auswertungen zeigen, daß das Niederschlagsgeschehen längerfristig keineswegs stabil ist. Beispielsweise zeigte der Vergleich der Jahresreihen 1931–1950 und 1951–1970, daß einer Zunahme der Niederschläge in Westösterreich eine nicht unbeträchtliche Abnahme in Ostösterreich gegenübersteht.

## 7.3. Prognose von Monatsniederschlägen

In Voruntersuchungen wurde die Möglichkeit einer längerfristigen Prognose monatlicher Niederschläge behandelt.

Die zunächst durchgeführte Untersuchung der Prognose der Niederschläge aus den Werten der unmittelbar vorhergehenden Monate brachte ein negatives Ergebnis.

Wesentlich besser sind jedoch die Resultate, wenn die Niederschläge eines Monats mit den Niederschlägen der gleichen Monate vorhergehender Jahre in Zusammenhang gebracht werden. Es zeigte sich, daß im Mittel etwa 10–30 Prozent der Abweichungen der einzelnen Monate von ihrem langjährigen Mittelwert vorhergesagt werden können. Praktisch keine oder nur eine sehr dürftige Prognose kann dabei allerdings für die Wintermonate, besonders für die Monate Dezember und Jänner, gegeben werden.

Die Ergebnisse lassen es erfolgversprechend erscheinen, die bisher nur stichprobenartig durchgeführte Untersuchung auf das gesamte vorliegende Datenmaterial auszudehnen, sowie zu versuchen, die Prognosemethoden zu verbessern.

## 8. Zusammenfassung und Ausblick

War noch vor einiger Zeit die Untersuchung des Wasserhaushalts eines Landes lediglich Gegenstand des wissenschaftlichen Interesses Einzelner, so wird diese Frage heute zunehmend zu einer vitalen Frage von grundsätzlicher und weitreichender Bedeutung für jedes Land.

Zur Erfassung des Wasserhaushalts ist es zunächst nötig, die grundsätzlichen Zusammenhänge und Mechanismen verstehen zu lernen. Neben der Erfassung und Dokumentation des vergangenen Zustands gewinnt jedoch die laufende Erfassung und Überwachung des Wasserhaushalts immer größere Bedeutung. Dabei ist es entscheidend, rasch und verarbeitungstechnisch einwandfrei die jeweils aktuelle Situation zu erfassen und auch – in gewissen Grenzen – Simulationen und Prognosen durchführen zu können. Nur so wird es möglich sein, das heute so notwendig gewordene großräumige Denken und Planen auch in der Praxis durchzusetzen.

An einer zusammenfassenden Darstellung des langjährigen und monatlichen Wasserhaushalts von Österreich wird derzeit gearbeitet. Zuzufolge der Fülle des Materials wird es lediglich möglich sein, die Methodik, gewisse Gesamtergebnisse, sowie Ergebnisse an Einzelbeispielen zu publizieren. Die ausführliche Bearbeitung wird als Unikat vorliegen.

### Literatur

- 1) BEHR, O., REITINGER, J. et al.: Charakteristika des Einzugsgebiets der Donau in Österreich. – Forschungsbericht Nr. 2 des Instituts für Hydraulik, Gewässerkunde und Wasserwirtschaft, TU Wien, 1978.
- 2) BEHR, O., REITINGER, J. et al.: Langjährige Wasserbilanz des Österreichischen Einzugsgebiets der Donau. – Österreichischer Beitrag zum Kapitel III der Hydrologischen Monographie der Donau, Wien, 1979.