

---

DIGITALES MODELL DES OBERFLÄCHENENTWÄSSERUNGSSYSTEMS  
VON ÖSTERREICH

O. BEHR, F. HOCHSTÖGER, TU Wien

---

### Zusammenfassung

Das Oberflächenentwässerungssystem von Österreich wurde durch digitale Erfassung des *Grundrißverlaufs der Fließgewässer* und der *Einzugsgebietsgrenzen* beschrieben. Die Datenaufnahme umfaßt das gesamte Bundesgebiet von Österreich und beruht auf Kartenmaterial im Maßstab 1 : 50 000. Die *numerische Verschlüsselung* der digitalisierten graphischen Datenelemente erfolgte mittels eines die hydrologische Ordnung der Gewässer beschreibenden Zahlenschemas. Dieses Ordnungsprinzip ermöglicht die automatisierte Fließwegverfolgung in und entgegen der Fließrichtung. Die ebenfalls digital erfaßten *Gewässernamen* sind hauptsächlich zur Erleichterung der Handhabung der Daten bei interaktiven Anwendungen vorgesehen.

In dem Beitrag werden zunächst Probleme der *Datenerfassung* und *Datenorganisation* behandelt. Daran schließen einige grundsätzliche Überlegungen zur *Anwendung* dieser Daten. Im Bereich der Hydrologie und Wasserwirtschaft eröffnet die digitale Behandlung des Oberflächenfließvorgangs im Verein mit weiteren digitalen Gebietsmodellen neue Möglichkeiten zur Analyse des Wasserkreislaufs. In Kombination mit anderen digitalen Datenbeständen ergibt sich schließlich auch eine Reihe von Anwendungen in verschiedenen Disziplinen der Geowissenschaft und Geotechnik.

### 1. Aufgabenstellung

Die Arbeiten entstanden aus der Aufgabenstellung, mögliche künftige Entwicklungen des Wasserhaushalts durch Umweltveränderungen und klimatische Tendenzen modellmäßig zu simulieren. \*) Im Zuge dieser Aufgaben ist es auch erforderlich, die Ergebnisse der gebietsorientierten Auswertung auf das Gewässernetz zu beziehen und Abläufe im Gewässernetz auszuwerten.

Die digitale Handhabung des Gewässernetzes ist nicht nur für verschiedenste Aufgaben der Hydrologie und Wasserwirtschaft, sondern auch für andere geowissenschaftliche Disziplinen von Bedeutung. Dadurch veranlaßt ergab sich eine interdisziplinäre Zusammenarbeit, die es ermöglichte, die Arbeiten umfassender und vielseitiger zu gestalten.

---

\*) Forschungsprojekt "Langfristentwicklung des Wasserhaushalts von Österreich" des Forschungsprogramms "Hydrologie Österreichs" im Rahmen der Österreichischen Akademie der Wissenschaften

Im Vordergrund der Arbeiten standen *methodische Aspekte*, die sich mit der konsequenten digitalen Handhabung der Gewässerinformation ergeben. Diese Fragen lassen sich nicht allein theoretisch behandeln, sondern erfordern praktische Arbeiten mit solchen Daten. So entstand schließlich der Entschluß, das System der "Oberflächenentwässerung" von Österreich digital zu erfassen. Damit soll es möglich werden, den Weg des Wassers - unter idealisierten Bedingungen - entlang des Geländes und im Gewässernetz zu verfolgen. Notwendige Elemente sind neben der digitalen Geländedarstellung die digitale Erfassung der Flußeinzugsgebietsgrenzen und des Gewässernetzes. Die Erfassung dieser Datenelemente, die Codierung und Strukturierung der digitalen Information, und schließlich ihre Anwendung sind nachfolgend kurz dargestellt. Eine umfassende Dokumentation der vorhandenen Daten mit besonderer Berücksichtigung der hydrologischen und wasserwirtschaftlichen Aspekte der Anwendung ist in *Behr (1989)* enthalten.

## 2. Erfasste Dateninhalte

Die digital aufgenommenen Dateninhalte sind so ausgelegt, daß sie - gemeinsam mit einer digitalen Geländedarstellung - die wesentlichsten geomorphologischen Bedingungen des Oberflächenabflusses beschreiben. Die Datenaufnahme umfaßt das gesamte Bundesgebiet von Österreich. Der Maßstab der Datenerfassung ist generell 1 : 50 000.

Folgende Komponenten sind digital erfaßt:

- Flußeinzugsgebietsgrenzen
- Ordnungsnummern der Flußeinzugsgebiete
- Gewässernetz
- Gewässernamen

Der Entwurf der *Einzugsgebietsgrenzen* stammt vom Hydrographischen Dienst (*Flächenverzeichnisse Österreichischer Flußeinzugsgebiete, Hydrographisches Zentralbüro, 1949-1984*). Es sind die Grenzen von etwa 19 000 *Einzugsgebieten* erfaßt. Die mittlere Gebietsgröße beträgt somit etwa 4 km<sup>2</sup>. Zur Beschreibung dieser Gebiete ist ein geschlossenes Netzwerk von etwa 60 000 Linienelementen erforderlich. Die Punktfolgen sind mittels eines Interpolationsverfahrens optimiert. Sie sind bei Krümmungen dichter als in geraden Bereichen. Durchschnittlich werden etwa 12 Punkte je Linienelement benötigt. Der mittlere Punktabstand beträgt etwa 100 m in der Natur.

Die Flußeinzugsgebiete werden mittels *Ordnungsnummern* codiert. Jede Ordnung (Verzweigung) wird von der Quelle abwärts durchnummeriert. Es werden insgesamt 9 Ordnungen benötigt. Die Nummern der einzelnen Ordnungen sind maximal 3-stellig. Die Codierung beschreibt gleichzeitig das Fließschema. Auch mehrere nationale Netze eines Flußgebiets können innerhalb dieses Systems vereinigt werden. Für praktische Arbeiten können gleichbleibende Teile der Ordnungsnummern zu einer Kurznummer zusammengefaßt werden.

Das erfaßte *Gewässernetz* (Kartenprojektion) ist so ausgelegt, daß zu jedem Einzugsgebiet zumindest ein, meist aber noch zusätzliche Gewässer erfaßt sind. Es ergaben sich etwa 30 000 Fließgewässerabschnitte mit einer Gesamtlänge von ungefähr 60 000 km. Der mittlere Punktabstand beträgt etwa 100 m in der Natur. Zusätzlich zum Gewässernetzwerk wurden bei Strömen beide Ufer erfaßt. Weiters sind die Seen aufgenommen; diese sind, wo es den Verhältnissen entspricht, in das Gewässernetz eingebunden. Ebenfalls erfaßt ist die Berandung von Gletschern.

Die digital gespeicherten *Gewässernamen* umfassen den Namen des Hauptgewässers (einschließlich allfälliger Doppelbenennungen) für jedes Gebiet sowie einen kurzen Kommentarartext.

Die Genauigkeit der erfaßten Grundrisse ergibt sich aus

- der Genauigkeit der Kartendarstellung,
- der Digitalisiergenauigkeit,
- und den Abweichungen aus der Polygonzugsoptimierung.

Die Genauigkeit des Gewässernetzes ist durch den derzeitigen Zustand der Kartennachführung der Österreichkarte im Maßstab 1 : 50 000 vorgegeben. Bei Einzugsgebietsgrenzen sind zusätzlich die dem manuellen Entwurf anhaftenden Unsicherheiten vorhanden, die sich aus der Beurteilung der Grenzen in der Natur ergeben. Die Digitalisiergenauigkeit dürfte in Anbetracht der relativ dichten Punktregistrierung zu maximalen Lageabweichungen von  $\pm 1$ mm, entsprechend etwa  $\pm 50$  m in der Natur, führen. Für die Polygonzugsoptimierung ist der maximale seitliche Abstand vom Polygonzug mit 1 mm exakt vorgegeben. Der Fehler durch die Transformation der Tischkoordinaten in das Landeskoordinatensystem dürfte im Rahmen der Genauigkeit eher vernachlässigbar sein.

### 3. Anwendungsbereiche

#### *Wasserhaushaltsmodelle*

Aufgabe ist die Simulation historischer, aktueller und möglicher künftiger Systemzustände des Wasserhaushalts. Besondere Bedeutung hat die Nachbildung möglicher Entwicklungen unter dem Einfluß anthropogener, ökologischer und klimatischer Einwirkungen. Die Anwendung des digitalen Oberflächenentwässerungssystems ist hier vor allem in der Verknüpfung gebietsorientierter Auswertungen mit dem Gewässernetz gegeben.

#### *Abflussauswertungen*

Charakteristische Anwendungen betreffen die Schätzung der Abflußverhältnisse in nicht oder nur unzureichend beobachteten Einzugsgebieten sowie generell die Interpolation der Abflußangaben für das Kontinuum des Gewässernetzes. Besondere Bedeutung besitzt das digitale Modell für rechnerische Abschätzungen der Niederwasserverhältnisse.

#### *Bestimmung von Parametern für hydrologische Modelle*

Das digitale Oberflächenentwässerungssystem kann für sich allein genommen oder im Zusammenhang mit anderen Gebietsmodellen dazu dienen, verschiedene physiographische Parameter von Flußeinzugsgebieten zu ermitteln. Diese sind für die Anwendung von hydrologischen Modellen von großer Bedeutung. Es besteht jedoch auch die Möglichkeit der Integration der digitalen Daten in physikalische Modelle.

#### *Anwendungen in der Wassermengen- und Wassergütwirtschaft*

Das digitale Gewässernetz kann als Grundlage der Auswertung und laufenden Aktualisierung der wasserwirtschaftlichen Beeinflussung der Oberflächengewässer ("Wasserwirtschaftsbilanz") dienen. Die grundsätzliche Bedeutung des digitalen Gesamtsystems liegt darin, daß jegliche mit Ortsbezug gespeicherte digitale Information mit Hilfe der Einzugsgebietsgrenzen dem Gewässernetz und somit dem Abflußvorgang zugeordnet werden kann.

Die zuletzt genannte Möglichkeit ist für die Erfassung potentieller Gefahrenherde für die Gewässergüte und deren Zuordnung zum Gewässernetz von Bedeutung. Das digitale Gewässernetz erlaubt eine übersichtliche, leicht aktualisierbare Dokumentation des Gütezustands der Oberflächengewässer.

### *Anwendungen in der digitalen Kartographie und physischen Geographie*

Sowohl die Einzugsgebietsgrenzen, als auch die Gewässer sind für die Geländedarstellung in der Regel markante Strukturlinien oder Kanten. Die Kombination solcher Strukturen mit gerasterter Geländeinformation erlaubt eine effiziente Darstellung der physiographischen Verhältnisse. Das numerisch codierte Gewässernetz erlaubt über die rein kartographischen Aufgabenstellungen hinaus intelligente Anwendungen im methodischen Umfeld geographischer und kartographischer Aufgabenstellungen.

#### **4. Datenstrukturen und ihre Verarbeitung**

Im Stadium des Aufbaus der Datenbestände wurden eigens entwickelte Datenstrukturen verwendet. Dies war erforderlich, um verschiedene Sonderaufgaben der Datenkontrolle und Konsistenzprüfung durchführen zu können. Grundprinzip ist dabei, daß neben der aus der Datenaufnahme stammenden kartenblattorientierten Speicherung der Daten auch eine nach Ordnungsnummern adressierte Speicherung erforderlich ist. Dies führte zur Gliederung der bearbeiteten Daten in folgende Datensätze:

- "Gebietssteuerfile" (nach Ordnungsnummern adressiert); dieses File beinhaltet zu den durch die Ordnungsnummern definierten Gebieten neben einigen Grundinformationen auch Zeiger zu den Linienelementen der Gebietsgrenze und des Gewässernetzes
- "Gebietstextfile" (nach Ordnungsnummern adressiert); Dieses File enthält die Namen der Hauptgewässer der Gebiete und Kommentartext
- "Gebietsgrenzenfile" (kartenblattadressiert); dieses File enthält die Polygonzüge der Gebietsgrenzen
- "Gewässerabschnittsfile" (kartenblattadressiert); dieses File enthält die Polygonzüge der Gewässerabschnitte

Mit diesem Informationsbestand lassen sich prinzipiell alle mit Ortsbezug gespeicherten Daten verknüpfen. Es können dies Informationen zu Einzelpunkten, Profilen, offenen oder geschlossenen Polygonzügen oder gerasterte Informationen sein.

Der Datenbestand enthält alle Informationen, die zur Installierung in den verschiedenen geographischen Informationssystemen erforderlich sind.

## 5. Zusammenfassung

Mit der digitalen Erfassung von Flußeinzugsgebieten und Gewässernetz für das Bundesgebiet von Österreich konnten wesentliche Grundlagen für die Bearbeitung hydrologischer und wasserwirtschaftlicher Fragestellungen, sowie auch für Aufgabenstellungen verschiedener umweltrelevanter Wissenszweige geschaffen werden.

Die konsequente, dem Fließschema entsprechende numerische Kennzeichnung von Einzugsgebieten und Gewässernetz bietet verschiedenste Auswertemöglichkeiten. Die digital gespeicherten Namen der Gewässer erleichtern die Orientierung und den Zugriff zu den Daten.

Eine wünschenswerte Weiterentwicklung betrifft die Erfassung des Höhenverlaufs der Fließgewässer. Dies ist für die Einbindung des Gewässernetzes in digitale Höhenmodelle von grundlegender Bedeutung. Für hydrologische und wasserwirtschaftliche Aufgaben ist der Höhenverlauf zur Abschätzung von Fließgeschwindigkeiten sehr wesentlich.

## Literaturverzeichnis

*Akima, H. (1970):*

Journal of the Association for Computing Machinery 17, pp. 589-602

*Bálint, G., Fekete, B. (1988):*

Spezialisiertes geographisches Informationssystem in der Hydrologie und Flußgebietsmodelle mit räumlich verteilten Parametern. - Informationsschrift des Forschungszentrums für Wasserwirtschaft (VITUKI), Budapest

*Behr, O. (1989):*

Digitales Modell des Oberflächenentwässerungssystems von Österreich. - Forschungsbericht Nr. 11 der Institutes für Hydraulik, Gewässerkunde und Wasserwirtschaft, Technische Universität Wien

*Blöser, F., Überhuber, C. (1976,1977):*

Bericht Nr. 22/76 und 28/77 der Projektgruppe Mathematische Software des Instituts für Numerische Mathematik, Technische Universität Wien

*Haitzmann, H. (1983):*

Ein digitales Höhenmodell für Österreich. - Geodätische Arbeiten Österreichs für die internationale Erdmessung, Neue Folge, Band III, pp. 147-152, Österreichische Kommission für die Internationale Erdmessung, Graz

*Hydrographisches Zentralbüro im Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft (1949-1984):*

Beiträge zur Hydrographie Österreichs Nr. 22, 24, 28, 33, 36, 41, 49 und 50.

*Kuratorium für Wasser- und Kulturbauwesen*

*Deutscher Verband für Wasserwirtschaft (1976):*

Richtlinie zur Verschlüsselung von Beschaffenheitsdaten in der Wasserwirtschaft und Empfehlungen für deren elektronische Verarbeitung. - KWK-DVWW Regeln zur Wasserwirtschaft, Heft 104, Verlag Paul Parey

*Kuratorium für Wasser- und Kulturbauwesen*

*Deutscher Verband für Wasserwirtschaft (1977):*

Empfehlungen zum Aufbau wasserwirtschaftlicher Datenbanken. - KWK-DVWW Regeln zur Wasserwirtschaft, Heft 105, Verlag Paul Parey

*Österreichische Staubeckenkommission, Österreichischer Wasserwirtschaftsverband, Österreichisches Nationalkomitee für Talsperren (1985):*

Hydro power schemes and large dams in Austria. - Schriftenreihe "Die Talsperren Österreichs", No. 29, Wien

*Rieger, W. (1986):*

Methoden zur Bestimmung von Einzugsgebieten und Abflußlängen aus dem digitalen Höhenmodell. - Diplomarbeit am Institut für Photogrammetrie und Fernerkundung der Technischen Universität Wien