

FRANZ BOROVIČZÉNY

Fließgewässer am Beispiel der österreichischen  
Donau



VERLAG  
DER ÖSTERREICHISCHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

# Fließgewässer am Beispiel der österreichischen Donau

FRANZ BOROVICZÉNY

Im Wasserkreislauf dient das Fließgewässer dazu, aus dem Einzugsgebiet das überschüssige Niederschlagswasser, das nicht verdunstet bzw. nicht in den Untergrund eingesickert ist, abzuführen.

Wenn man die abiotischen Faktoren des Ökosystems betrachtet, die mit dem Fließgewässer zusammenhängen, sind seine Funktionen vielfältig.

- Abführen des Wassers aus dem Einzugsgebiet.  
In Abhängigkeit von der Wasserführung kommt es zur Alimentation des ufernahen Grundwassers, meist bei höherer Wasserführung. Bei Niedrigwasser fließt Grundwasser in den Fluß ab. Die Wasserstandsschwankungen, verursacht durch die unterschiedliche Wasserführung, werden mit einer zeitlichen Verzögerung auf den Grundwasserstand übertragen. Durch diese Grundwasserspiegelschwankungen wird der Sauerstoffaustausch im Boden und in weiterer Folge im Grundwasser unterstützt. Dies wirkt der Bildung von anaeroben Verhältnissen im Grundwasser entgegen. Anaerobe Zustände im Grundwasser setzen chemische Reaktionen in Gang, die z. B. die Nutzung des Grundwassers für Trinkwasserzwecke beeinträchtigen.
- Transport und Ablagerung von Geschiebe.  
Hier wird der Wasserkreislauf in das System Erosion, Transport und Sedimentation der Gesteine eingebunden.

Im folgenden werden diese Funktionen am Beispiel der österreichischen Donau betrachtet.

Zuerst werden kurz und skizzenhaft das Einzugsgebiet und der österreichische Stromabschnitt beschrieben.

Die Donau ist der zweitgrößte Strom in Europa mit einem Einzugsgebiet von 817.000 km<sup>2</sup> und einer Länge von 2900 km.

Der österreichische Donauabschnitt gehört zur oberen Donau, die sich vom Quellgebiet im Schwarzwald bis zur Porta Hungarica erstreckt. In diesem Stromabschnitt wird der Abflußcharakter durch die Zuflüsse aus den Alpen geprägt. An der Porta Hungarica durchbricht die Donau die aufeinanderstoßenden Ausläufer der Alpen und Karpaten und tritt in die Kleine Ungarische Tiefebene ein.

Das Einzugsgebiet der Donau beim Verlassen des österreichischen Staatsgebietes beträgt 131.423 km<sup>2</sup>, d. h. 16% des Gesamteinzugsgebietes.

Die geographisch-geologische Struktur des Einzugsgebietes der oberen Donau, zu dem ja auch der österreichische Stromabschnitt gehört, kann man folgendermaßen beschreiben:

Nördlich der Donau umfaßt er die Gebiete der großteils aus verkarstungsfähigen mesozoischen Kalken aufgebauten Schwäbischen und Fränkischen Alb, das Kristallin des Oberpfälzer Waldes, Bayerischen Waldes und Böhmerwaldes sowie das Mühl- und Waldviertel und zuletzt das Böhmischo-Mährische Hügelland mit seinen tertiären Sedimenten.

Südlich der Donau erstrecken sich das Alpenvorland und die Alpen. Dieser Teil des Einzugsgebietes wird vorwiegend aus kristallinem Schiefer der Zentralalpen, aus dem Mesozoikum der Kalkalpen und der den Kalkalpen vorgelagerten Flyschzone und dem Tertiär der Molasse aufgebaut.

Der Donaulauf im österreichischen Staatsgebiet hat eine Länge von 350 km. Der Stromabschnitt von Passau bis Krems ist charakterisiert durch die epigene-tischen Durchbruchstrecken in den südlichen Ausläufern des Kristallins der Böh-mischen Masse. Zwischen diesen Durchbruchstrecken liegen Talabschnitte, die aus feinkörnigen Sedimenten des Tertiärs aufgebaut sind, mit einer Überdeckung von quartären Terrassensedimenten, meist Schottern. Diese Beckenlandschaften zwischen den Durchbruchstrecken sind die nördlichen Ausläufer der Molassezone (z. B. Eferdinger Becken). Ab Krems fließt die Donau im Tullner Becken, das zur Gänze zur Molassezone gehört. Ab der Wiener Pforte, einer Durchbruchstrecke in der Flyschzone bei Klosterneuburg, fließt die Donau im Wiener Becken. Dieses ist ein z. T. noch heute aktives, jungtertiäres Senkungsgebiet innerhalb des Alpen-Karpatenbogens. Die Donau fließt hier im Bereich von quartären Schot-tern, deren Mächtigkeit im Uferbereich 10 bis 20 m beträgt. Bei Hainburg erreicht die Donau die Durchbruchstrecke zwischen den Hainburger Bergen und den Kleinen Karpaten, die Porta Hungarica, und verläßt das österreichische Staatsgebiet.

Von der 350 km Donaustrecke in Österreich sind 275 km, von der Staatsgrenze bei Passau bis Greifenstein, mit Kraftwerken und den dazugehörigen Stauhaltungen ausgebaut (Tab. 1). Von diesen 275 km sind 24 km freie Fließstrecke in der Wachau. Hier wurde wegen der einzigartigen Stromlandschaft in der Kraftwerkskette eine „Lücke“ übriggelassen. Ab der Staustufe Greifenstein bis zur Staatsgrenze beträgt die freie Fließstrecke 76 km. Das Gefälle beträgt hier im Mittel 40 cm auf 1 km. Die 44 km lange Strecke ab Wien ist die noch am natürlichsten erhaltene Fließstrecke der Donau in Österreich.

Tabelle 1: *Bestehende Staustufen* (nach „Strom aus dem Strom“, Österr. Donaukraftwerke A.G., Wien 1987 und PRAZAN 1990)

Staustufe	Strom-km	Ausbaufallhöhe m	Stauraumlänge km
Jochenstein	2203,33	9,1	27
Aschach	2162,67	15,0	40
Ottensheim-Wilhering	2146,73	9,1	16
Abwinden-Asten	2119,45	7,9	27
Wallsee-Mitterkirchen	2094,50	9,1	24
Ybbs-Persenbeug	2060,42	10,6	33
Melk	2037,96	8,2	22
Altenwörth	1979,83	14,0	34
Greifenstein	1949,27	10,9	31

Die Donau ist zu 72% mit Kraftwerken mit Stauhaltungen ausgebaut. Mit der geplanten Staustufe Freudenau in Wien bei Strom-km 1921 steigt die Ausbaurate auf 80%.

Der Wasserbau an der Donau hat bereits lange Tradition. Zwecks Hochwasserschutz und Verbesserung der Schifffahrt wurden lokal schon seit langem Regulierungsarbeiten durchgeführt. Ende 1848 waren bereits 70% der österreichischen Donaustrecke mit Ufersicherungen versehen (BEHR & RETINGER 1978). Der größte Eingriff war der in der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts durchgeführte 26 km lange Durchstich in Wien. Ihr Ziel war der Hochwasserschutz und die Verbesserung der Schifffahrtsverhältnisse. Zuletzt wurde die Donau im letzten Jahrzehnt zwecks Hochwasserschutzes für das größtmögliche Hochwasserereignis umgebaut. Die Neue Donau und die Donauinsel wurden geschaffen. Die Neue Donau dient für die Hochwasserabfuhr.

Die größte Umgestaltung erfuhr die Donau durch den Ausbau für die Energiegewinnung (Tab. 1). Es wurden dadurch die Bedingungen für die Schifffahrt und der Hochwasserschutz verbessert.

### Abflußverhältnisse

Aus der Tab. 2 sind die charakteristischen Abflußdaten von Donau, Inn und March ersichtlich. Es wurden bei dieser Tabelle die Werte von einem Jahresabfluß angegeben. Diese genügen, um das Abflußgeschehen zu illustrieren.

Der Abflußcharakter der Donau in Österreich wird von den Zubringern aus den Alpen geprägt. Dies ist u. a. aus den Abflußspenden ersichtlich. Alpine Einzugsgebiete haben eine hohe Abflußspende. Dies ist bedingt durch die Nieder-

Tabelle 2: *Abflüsse der österreichischen Donau, Inn und March im Jahre 1984* (aus Hydrogr. Jb., Bd. 92/1990; Donau – Hofkirchen aus Deutsche Gewässer kundl. Jb.)

Gewässer Strom-km	Einzugs- gebiet km <sup>2</sup>	MQ	Abfluß m <sup>3</sup> /s		Abflußspende l/s.km <sup>2</sup>
			NQ	HQ	
Donau – Hofkirchen 2256	47.496	583	290	1500	12,3
Inn – Schär ding 16,5	25.663	608	247	1686	23,7
Donau – Aschach 2162	78.190	1219	620	2580	15,6
Donau – Kienstock 2015,2	95.970	1586	664	3720	16,5
Donau – Wien 1929	101.731	1622	770	3697	16,0
March – Angern 31,9	25.623	73,6	24,6	233	2,9

Die Jahresabflüsse im Jahre 1984 waren um ca. 10% niedriger als das langjährige Mittel.

schlagshöhen, die im Hochgebirge über 2000 mm erreichen. Morphologisch bedingt ist, daß wegen der Steilheit der Hänge weniger Wasser im Boden versickert, sondern abfließt. Auch ist wegen der Höhenlage die Verdunstung geringer als in tieferen Einzugsgebieten. Die zwei großen Zubringer aus den Alpen, die Enns und die Traun, haben in ihrem Einzugsgebiet Abflußspenden um 30 l/s.km<sup>2</sup>. Die Abflußspende der aus Norden stammenden Zubringer, die ihr Einzugsgebiet in der Böhmisches Masse und im Böhmisches-Mährisches Mittelgebirge haben, liegen unter 10 l/s.km<sup>2</sup>. In diesen Einzugsgebieten sind die Niederschlagshöhen um 500 bis 600 mm.

Die hohen Abflußspendenwerte der alpinen Einzugsgebiete sind noch an dem Pegel Wien mit 16 l/s.km<sup>2</sup> maßgebend.

Die Auswirkungen des Ausbaues der Donau und der Zubringer ist auch an dem Hochwasserabflußgeschehen zu beobachten.

An den Messungen und Daten der Wasserstraßendirektion wurden die charakteristischen Merkmale des Hochwasserabflusses wie der Höchststand des Hochwassers, die Geschwindigkeit des Hochwasseranstieges und die Laufgeschwindigkeit der Hochwasserquelle analysiert (PRAZAN 1989).

Diese Untersuchungen ergaben:

1. Die Höchststände der Hochwässer am Pegel Wien-Reichsbrücke sind im Zeitraum 1893 bis 1988 stark streuend, bis 866 cm. Im Mittel aber zeigen sie keine deutlichen Anzeichen einer Veränderung der Hochwasserstände.

## 2. Geschwindigkeit des Hochwasseranstieges.

An Hochwässern von 1897 bis 1975 wurde bei Geschwindigkeit des Anstieges die Anstiegshöhe in cm innerhalb von 24 Stunden als Maß gewählt. Das Ergebnis: „Die Jahre 1897 bis 1975 zeigen Anstiegshöhen zwischen 32 cm (im Jahr 1944) und 303 cm (im Jahr 1928), wobei von diesen 23 Hochwässern 21 unter 240 cm blieben. Wohingegen die drei Hochwässer der Jahre 1977, 1981 und 1985 eine 24-Stunden-Anstiegshöhe von 453, 365 und 410 cm aufwiesen“ (PRAZAN 1989, S. 214).

## 3. Laufgeschwindigkeit der Hochwasserwelle.

Hier wurde der Zeitpunkt des Hochwasserscheitels an den einzelnen Pegeln erfaßt und dadurch die Laufzeit festgestellt. Die Hochwässer von September 1920 und Juli 1975 zeigen besonders charakteristische Merkmale. Das Hochwasser des Jahres 1920 ist im großen und ganzen repräsentativ für den Ablauf der Hochwässer der noch freifließenden Donau. Die Laufdauer beträgt bei diesem Hochwasser von Engelhartzell bis Krems (197 km) 33 Stunden und von Krems bis Wien (74 km) 26 Stunden. Das Hochwasser von Juli 1975 zeigt dagegen ein anderes Bild. Die Donaukraftwerke Ybbs, Wallsee, Ottensheim und Aschach waren bereits in Betrieb. Es war bei diesem Hochwasser auffällig, daß die Hochwasserscheitel in Engelhartzell und Krems praktisch gleichzeitig auftraten, während von Krems bis Hainburg die bisher bei Hochwässern beobachteten Laufgeschwindigkeiten festgestellt wurden.

Zusammenfassend wurde festgestellt:

„Die Ergebnisse der angeführten Untersuchungen über

- die Geschwindigkeit des Hochwasseranstieges und
- die Laufgeschwindigkeit des Hochwasserscheitels

zeigen, daß die Hochwässer der letzten 15 Jahre gegenüber den Hochwässern der davorliegenden 75 Jahre vermehrt wesentlich höhere Werte dieser charakteristischen Merkmale aufweisen“ (PRAZAN 1989, S. 216).

Im direkten Zusammenhang mit dem Abfluß steht der Wasserstand (Wasserspiegelschwanke) des Flusses. Bei ansteigendem Wasserstand wird Donauwasser dem Grundwasser zugeführt, der Grundwasserstand im Uferbereich steigt an. Bei fallendem Donauwasserstand wird bei sinkendem Grundwasserstand Grundwasser an den Strom abgegeben. Es gibt auch Fließstrecken, wo nahezu dauernd bei jedem Wasserstand des Flusses das Grundwasser alimentiert wird, z. B. im Bereich Langenzersdorf oberhalb Wiens.

Die Grundwasserspiegelschwankungen, deren Antriebskraft im Uferbereich die Donau ist, begünstigen, wie schon erwähnt, den Sauerstoffaustausch im Boden und im Grundwasser. Am Donauabschnitt Wien-Hainburg wurde das Verhältnis der Wasserspiegelschwankungen der Donau zu dem des Grundwassers am linken Uferbereich untersucht (BOROVICZĚNY et al. 1987).

Im Jahr 1981 waren die Wasserspiegelschwankungen an der Donau:

Wien Reichsbrücke	612 cm
Fischamend	544 cm
Deutsch-Altenburg	558 cm
Hainburg	603 cm

Die Grundwasserspiegelschwankungen im Bereich zwischen dem Marchfeldschuttdamm und der Donau (sechs Grundwassersonden) betragen im Mittel 292 cm. An den fünf Grundwassersonden außerhalb des Schuttdammes waren die Grundwasserspiegelschwankungen im Mittel 173 cm.

Eine Studie über das Grundwassergebiet Marchfeld hat gezeigt, daß entlang der Donau in einem 2 bis 3 km breiten Streifen der Gang des Grundwasserspiegels – wenn auch mit geringerer Ausprägung – dem Verlauf des Donauwasserspiegels folgt (DREHER et al. 1985).

Diese Untersuchungen zeigen die enge Verknüpfung der Donau mit dem Uferbegleitgrundwasser im Bereich der freien Fließstrecke.

Auch im Bereich der durch Kraftwerke ausgebauten Donau wurden zahlreiche Untersuchungen durchgeführt. Über die Auswirkungen des Stauraumes Altenwörth wurde eine ausführliche Studie angefertigt (HARY & NACHTNEBEL 1989). Es wurde dabei festgestellt: „Das Grundwassersystem zeigt im Vergleich zum Zustand vor Kraftwerkserrichtung eine deutlich reduzierte Dynamik. In einem etwa 2000 bis 2500 m breiten Uferstreifen sind eine Reduktion der hohen Spiegellagen und ein Anstieg in den niedrigen Grundwasserständen zu erkennen. Die Veränderungen im Mittelwert sind als gering zu bezeichnen. Im unmittelbaren Einflußbereich von Zubringern können andere Einflüsse in den Vordergrund treten. Die Grundwasserqualität zeigt im nördlichen Aubereich, für dieses Gebiet liegen ausreichend Daten vor, eine sauerstoffarme bis sauerstofffreie Zone. Gleichzeitig wurden erhöhte Eisen- und Mangankonzentrationen beobachtet, die mit einer mehrjährigen Verzögerung gegenüber dem Kraftwerksbau auftreten“ (HARY & NACHTNEBEL 1989, S. 91 f.).

Dieser Zustand wird durch die Entkoppelung des Stromes vom Uferbegleitgrundwasser verursacht, dies geschieht durch die bis zum Grundwasserstauer dichten Dämme an den Stauhaltungen.

Diese oben beschriebenen, durch anaerobe Verhältnisse verursachten Eisen- und Mangankonzentrationen wurden auch bei Wasserversorgungsanlagen in Zusammenhang mit Stauhaltungen öfter beobachtet.

### Geschiebetransport

Die Donau führt im Raum Wien jährlich im Schnitt ca. 300.000 m<sup>3</sup> Geschiebe mit sich. Durch Kraftwerksbauten an der Donau und an ihren Zubringern wurde

der Geschiebebetrieb unterbunden. Folge davon ist die stetige Eintiefung des Donaubettes im Bereich der freien Fließstrecke unterhalb der Kraftwerke. Hier blieb bei gleichbleibender Schleppkraft des Fließgewässers (die Fähigkeit, eine bestimmte Geschiebemenge zu transportieren) die Geschiebezufuhr aus. Dadurch beginnt die Erosion an der Stromsohle in der Strecke unterhalb der Kraftwerke. In den Stauräumen erfolgt wegen der verminderten Fließgeschwindigkeit kein Geschiebebetrieb, sondern Sedimentation von Feinsedimenten.

Die Eintiefung beträgt in dem Strombereich unterhalb von Greifenstein bis in den Raum Hainburg im langjährigen Mittel größenordnungsmäßig 2 bis 3 cm im Jahr. Auch die Baggerungen im Strombett tragen zur Eintiefung bei. In den letzten drei Jahren z. B. wurden jährlich zwischen 140.000 m<sup>3</sup> bis 210.000 m<sup>3</sup> Geschiebe gebaggert und an Land eleviert.

Diese stetige Eintiefung hat auch Auswirkungen auf das Grundwasser im Uferbereich, dieses folgt zeitlich verzögert der Absenkungstendenz des Donauwasserspiegels, der mit der Eintiefung parallel läuft.

Zusammenfassend kann man feststellen, daß das Fließgewässer Donau im Laufe der Zeit anthropogen größtenteils umgestaltet wurde. Die österreichische Donau wurde zu rund drei Vierteln durch Kraftwerksbauten mit Stauhaltungen verändert. Diese anthropogene Umgestaltung an der Donau und in ihrem Einzugsgebiet hat auch Auswirkungen auf das Abflußverhalten. Die Fließgeschwindigkeiten in den Stauhaltungen wurden stark reduziert. Der Charakter des Hochwasserdurchganges wurde in dem verbauten Teil der Donau verändert. Der hydraulische Kontakt des fließenden Stromes mit dem Begleitgrundwasser wurde auf langen Strecken in den Stauhaltungen unterbunden, was sich meist nachteilig auf das Grundwasser auswirkt.

Der Geschiebebetrieb wurde unterbunden. Dies bewirkte eine langsame Absenkung der Donausohle und damit auch die des Wasserspiegels.

## Literatur

- BEHR, O. & REITINGER, J. (1978): Charakteristika des Einzugsgebietes der Donau in Österreich. Forschungsber. 2. TU Wien, Inst. f. Hydraulik.
- BOROVICZÉNY, F., LAZOFSKI, W., LÖFFLER, H. & SPITZENBERGER, F. (1987): Kriterien für die Erhaltung des Ökosystems Au. Ökologiekommision der Bundesreg., Arbeitspapier 2.
- DREHER, J., PRAMBERGER, F. & REZABEK, H. (1985): Faktorenanalyse – eine Möglichkeit zur Ermittlung hydrographisch ähnlicher Bereiche in einem Grundwassergebiet. Mitt. Hydrogr. Dienst Österr. Nr. 54, S. 1–12.
- Österr. Donaukraftwerke (1987): Strom aus dem Strom.



- PRAZAN, H. (1989): Hydrographie, Schwebstoffe und Hochwasserschutz an der Donau. Österr. Ing. u. Arch. Zschr. (ÖIAZ) 134. Jg., H. 4, S. 213–217.
- PRAZAN, H. (1990): Über Schwebstoffablagerungen in den Stauräumen der Donaukraftwerke in Österreich. Österr. Wasserwirtschaft. Jg. 42, H. 3/4, S. 73–74.
- Regionale Zusammenarbeit der Donauländer (1986): Die Donau und ihr Einzugsgebiet. Teile 1, 2 u. 3.

**Adresse des Autors:** Dr. FRANZ BOROVICZÉNY, Geologische Bundesanstalt, Rasumofskygasse 23, 1031 Wien.