© Österreichische
Geologische Gesellschaft/Austria; download unter www.geol-ges.at/ und www.biologiezentrum.at

Mitt. Österr. Geol. Ges.	ISSN 0251-7493	**88** (1995)	79-96	Wien, September 1997

Schlüsselwörter
Marchfeld
Kanal
Sedimentologie
Schadstoffe
Mineralogie

Aktuogeologie eines naturnahen Gerinnes
Sedimentologie und Umweltgeologie am Beispiel des Marchfeldkanals (NÖ)

J. REITNER UND M. KRALIK*)

13 Abbildungen und 10 Tabellen

Inhalt

Zusammenfassung 79
Abstract 80
1. Einleitung und Zielsetzungen 80
2. Betriebsführung und Charakteristik der Ablagerungsräume 80
3. Probenahme und Untersuchungsmethodik 82
4. Ergebnisse 83
4.1 Sedimentmächtigkeiten und -kubaturen 83
4.2 Sedimentologie der Feinsedimente und Schwebstoffe 84
4.3 Phasenanalyse 85
4.4 Sedimentchemie und Extraktionen 86
4.5 LHKW – Leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe 86
4.6 Radionuklide 88
4.7 Stabile Isotope 88
5. Diskussion 89
5.1 Sedimentäre Prozesse 89
5.2 Mineralogie – Phasenzusammensetzung – Hauptelementchemie 91
5.3 Spurenelemente und Schadstoffe 91
5.4 Karbonatneubildung 92
5.5 Quellen und Quantitäten des Materialeintrages 93
5.6 Verwertbarkeit der Feinsedimente 93
6. Schlußfolgerungen und Aussichten 94
Danksagung 95
Literatur 95

Zusammenfassung

Der zur Verbesserung der Grundwassersituation geplante und im Herbst 1992 eröffnete 19 km lange Marchfeldkanal (MFK) wird beim Einlaufbauwerk in Langenzersdorf mit Donauwasser dotiert. Sedimentologische Untersuchungen, sowie Altersabschätzungen mittels ^{7}Be an Sedimentkernen kombiniert mit Durchfluß- und Trübemessungen zeigen, daß der Großteil des Materials (70% Silt, 10% Sand und 20% Ton) im Schönungsteich, dem Abklärbecken des Kanals aus Hochwasserschwebstoffen des Sommers 1993 stammen. Die Abnahme der Sedimentationsraten im Schönungsteich von 12 cm/a auf 6 cm/a dokumentierten, daß eine verbesserte Betriebsführung (Minimierung des Schwebstoffeintrages) ab Ende 1993 zu einer weitgehenden Entkoppelung des Sedimentationsgeschehens von den Hochwasserereignissen der Donau führte.

Die Feinsedimente bestehen im Durchschnitt aus ca. 30% Quarz und Feldspat, 35% Tonminerale (Illit und Chlorit), 27% Karbonate (Calcit und Dolomit) und 2-7,5% organischer Substanz. Der für Fließgewässer ungewöhnlich hohe biogene SiO_2-Gehalt hat einen Anteil von 2-10% im Sediment. Die Untersuchung stabiler Isotope (C, O) zeigen, daß bis zu 3% des Sedimentes aus neugebildetem Calcit besteht.

Die chemischen Analysen (RFA, ICP) der Fraktion $<40\ \mu m$ belegen eine mäßige Belastung der Feinsedimente des Machfeldkanals an Blei und Zink. Die relativ hohe Bleibelastung der Sedimente der Beprobung 1993 (Durchschnitt 113 mg/kg, Maximum 215 mg/kg) konnte in den Sedimenten des Jahres 1994 nicht mehr festgestellt werden. Eine wahrscheinliche Ursache für die hohen Bleikonzentrationen liegt in der hohen Sorptionskapazität der Diatomeen, deren Schalen aufgrund der starken Algenblüte 1993 einen erhöhten Anteil am Sedimentaufbau haben.

Die Untersuchung der MFK-Sedimente auf halogenierte Kohlenwasserstoffe (LHKW) ergab eine geringfügige Kontamination an Dichlormethan (im Durchschnitt 60 μg/kg).

Eine Bilanzierung der Sedimente und Eintragsquellen im Schönungsteich seit der Erstflutung (Okt. 1991) ergibt, daß die wichtigste Materialquelle die Schwebstoffe des Donauwassers mit 58-63 kg/m^2 sind. Neugebildete Phasen wie biogenes SiO_2 (3 kg/m^2) und neugebildeter Calcit (bis zu 2 kg/m^2) haben einen signifikanten Anteil am Sedimentaufbau. Die gemessene Luftdeposition ist bezüglich des Materialeintrages in den MFK mit 0,05-0,08 kg/m^2 eine vernachlässigbare Größe.

*) Anschriften der Verfasser: JÜRGEN REITNER, Geologische Bundesanstalt, Rasumoskyg. 23, A-1030 Wien, email: reijur@cc.geolba.ac.at, MARTIN KRALIK, Abt. Wasserhaushalt v. Karstgebieten / Aquatische Ökologie, Umweltbundesamt, Spittelauer Lände 5, A-1090 Wien, email: kralik@uba.ubavie.gv.at)

© Österreichische
Geologische Gesellschaft/Austria; download unter www.geol-ges.at/ und www.biologiezentrum.at

Die Untersuchung der Feinsedimente des Schönungsteiches hinsichtlich einer Verwendung als Massenrohstoff ergab einen bedingten Einsatz als Ziegelrohstoff und als Düngungs- und Bodenverbesserungsmaterial für die Landwirtschaft. Bessere Eignung besitzen sie jedoch als Zementrohstoff und als Dichtungsmaterial für Deponien, Dämme und Schmalwände.

Recent Geology after Flooding of an Irrigation Canal Sedimentology and Environmental Geology of the Marchfeld Canal, Vienna, Austria

Abstract

The Marchfeld Canal (19 km) supplies water for underground infiltration in order to raise the ground water table of the Marchfeld, a thriving agricultural area east of Vienna. Danube water (2-15 m^3/s) is deviated into the canal north of Vienna. In order to investigate the sedimentation and the sediment quality, sediment-cores were taken four times since flooding in 1991. A retention basin (research section [RS] No. II; km 3-3.6) and an area with a small bay (RS No. V; km 12.3) were investigated in detail.

Approximately 13 cm (max. 18 cm) of sludge were deposited in the deeper part (approx. 2 ha) of the settling basin during the first two years. This represents 2100-2400 t dry weight of sediment calculated on the basis of a mean water content of 60%. The grain size distribution of the clayey-sandy silt (5-25% clay and sand) is comparable to suspended matter in the Danube during medium and high discharge, which are interpreted to be the periods of the main sediment supply. A small percentage of medium sized sand suggests local erosion of the constructed gravel-banks of the canal. The sediment (<0,04 mm) consists as a mean of 30 wt-% quartz and feldspat, 35 wt-% clay minerals (illite, chlorite), 27 wt-% carbonate (calcite, dolomite) and 2-7.5 wt-% organic matter. The unusually high biogenic silica content, calculated as SiO_2 makes up to 2-10 wt-% of the bulk sediment and occurs in the form of diatom frustules. Investigations of stable isotopes suggest that up to 3 wt-% of the fine sediment is precipitated as newly formed calcite in the riverine system.

The state of pollution with regard to Pb and Zn appears moderate in relation to other investigations. Only some local maximum (215 mg/kg) of lead indicates significant pollution. Analysis of VOC (Volatile Organic Compounds) showed an overall slight contamination of the sediment with dichlormethane (average 60 μg/kg). Flow and turbidity measurements, as well as sedimentological and mineralogical considerations, indicate that the bulk of the canal sediment consists of suspended matter from the Danube water during high discharge. The impact of lateral soil erosion and erosion of the streambed, as well as aeolian deposition, is negligible, as suggested by input-output calculations of sediment transport in the retention basin.

1. Einleitung und Zielsetzungen

Nach Jahrzehnten großer Grundwasserspiegelsenkungen (vgl. KAUPA & PESCHL, 1988; GRUBINGER, 1992) in dem nördlich und nordöstlich von Wien (Abb. 1) gelegenen Marchfeld wurde Anfang der achtziger Jahre der Marchfeldkanal (MFK) in der heutigen Fassung geplant und im Herbst 1992 fertiggestellt, wobei eine Teilflutung mit geringen Wassermengen schon seit Oktober 1991 erfolgte. Die unmittelbare Zielsetzung dieses Bauwerkes ist die Grundwasseranreicherung und die Verbesserung des Wasserangebotes in diesem Gebiet. Der Marchfeldkanal ist ein Teil des sogenannten Marchfeldkanalsystems, dessen weitere Elemente der Rußbach, der Obersiebenbrunnerkanal und der Stempfelbach sind. Die zwei zuvor genannten, zum Teil verödeten Marchfeldbäche sollten im Rahmen dieses Systems revitalisiert werden.

Der Kanal wird beim Einlaufbauwerk in Langenzersdorf mit Donauwasser dotiert (2-8 m^3/s; max. 15 m^3/s bei Vollstau des Kraftwerkes Freudenau). Zur Reduzierung der Schwebstofffracht für die punktuelle Infiltration ins Grundwasser wurde der Kanal zwischen km 3,0 und 3,6 zu einem Schönungsteich (Klärbecken, s. Abb. 1, 2) ausgeweitet. Knapp vor Deutsch Wagram, im Kapellerfeld, befindet sich die Versickerungsanlage zur Dotation des Grundwassers.

Dieser 19 km lange Kanal weist ein Gefälle von 0,2‰ auf, das bei Mindestwasserführung eine durchschnittliche Fließgeschwindigkeit von 30 cm/s (KAUPA, 1992) garantieren soll. Eine Besonderheit dieses Wasserbauwerkes ist die naturnahe Gestaltung mit wechselnden Breiten, Bermen, Buchten und Inseln, entsprechend dem Leitbild des Flachlandflusses Raab im Burgenland (vgl. KAUPA, 1989). Allerdings hat der Marchfeldkanal im Unterschied zu einem natürlichen Gerinne eine durch die Betriebsführung (Durchfluß, Wehrklappenstellungen) bestimmte Abflußdynamik (z. B. keine Hochwässer) und keine Verbindung zum Grundwasser. An der Basis ist der Kanal entweder durch eine mineralische Dichtschicht (Kies-Sand-Schluff-Mischung z. T. mit Bentonit) oder durch eine Folie (HDPE) (BRANDL, 1992) abgedichtet. Über der Dichtschicht wurde eine mindestens 0,4 m mächtige Sand-Kieslage, die begrenzte Umlagerungen zuläßt, aufgetragen.

Der Marchfeldkanal bietet somit die einmalige Chance, die Entwicklung eines Gerinnes hinsichtlich Sedimentationsdynamik seit der Erstflutung zu untersuchen. Im Rahmen dieser Arbeit waren folgende **Zielsetzungen** von Bedeutung:

- Bestimmung der Sedimentationsraten und Schwebstoffmessungen haben den Zweck, Aufschluß über die Sedimentdynamik in diesem naturnahen Gerinne zu geben. Diese Ergebnisse sollen andererseits eine Grundlage zur Optimierung der Betriebsführung sein, um letztenendes auch die vorzeitige Verlandung des Schönungsteiches sowie die Kolmation der Versickerungsanlage bedingt durch hohe Schwebstofführungen hintanzuhalten.
- Da Sedimentquellen auch potentielle Schadstoffquellen (vgl. MÜLLER, 1986) sind, wurde hier der Versuch unternommen, den qualitativen und quantitativen Beitrag von Donauschwebstoffen, Sohlumlagerung, Abschwemmung der Böschung und äolische Deposition zu ermitteln. Dies ist von besonderem Interesse, da diese Sedimente in ihrer Qualität mehr oder minder den vor der zukünftigen Donaustaustufe Freudenau (in Wien) abgelagerten entsprechen.
- Eine weitere Fragestellung besteht darin, inwieweit die abgelagerten Schwebstoffe im Schönungsteich, welche in Zukunft ausgebaggert werden müssen, einen Massenrohstoff oder einen Abfall darstellen.

2. Betriebsführung und Charateristik der Ablagerungsräume

Nachdem die rollend und überwiegend auch die springend transportierte Bodenfracht der Donau schon in der etwa im Mittel 5 m tiefen Bucht vor dem Einlaufbauwerk abgelagert

© Österreichische
Geologische Gesellschaft/Austria; download unter www.geol-ges.at/ und www.biologiezentrum.at

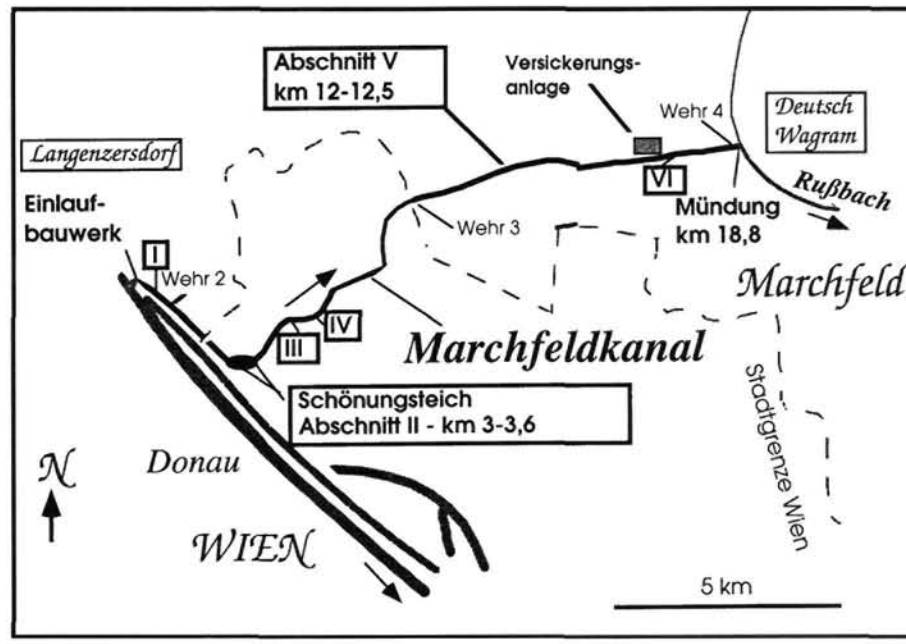

Abb. 1
Geographischer Überblick über den Marchfeldkanal mit den Untersuchungs-Abschnitten I - VI.

(RUSEK, 1995) wird (Abb. 1), gelangen nur mehr die überwiegend schluffig-tonigen Schwebstoffe in das MFK-System. Generell beträgt der Gehalt an Donauschwebstoffen im langjährigen Mittel 30 mg/l (BORS, 1990). MARINGER (1994) berechnete für das Jahr 1989 einen Mediangehalt von 12 mg/l. Die Extremwerte für den Untersuchungszeitraum liegen bei 5 mg/l (= g/m³) bei Niederwasser im Herbst 1993 und bei 130 mg/l während des Sommerhochwasser 1993 (RUSEK, 1995, sowie eigene Daten). Auf Basis der seit April 1993 vorhandenen kontinuierlichen Aufzeichnung (Abb. 3) beim Einlaufbauwerk von Pegelstand und Wasserqualität (Trübung, pH, Leitfähigkeit) wird der Durchfluß reguliert, wobei bei Hochwasser im Extremfall der Zufluß vollkommen abzuriegeln ist. Die Verbindung von Trübung – als ein mit dem Schwebstoffgehalt gut korrelierbarer Faktor (KUNERT, mündl. Mitt.) – mit dem Durchfluß zeigt, daß die Hochwässer Ende Juli und August 1993, bedingt durch hohe Durchflußraten im Kanal, einen hohen Schwebstoffeintrag (bis zu 40 Tonnen pro Tag) brachten. In Summe kam es nach KUNERT (pers. Mitt.) zwischen Mai und Dezember 1993 zur Sedimentation von 750 t Trockensubstanz im Kanal, wovon der überwiegende Teil im Schönungsteich abgelagert wurde.

Der zwischen km 3 und 3,6 gelegene und etwa 2 ha große **Schönungsteich** (Abb. 2) ist das Abklärbecken des Marchfeldkanals, in dem 50-70% der Schwebstoffe abgesetzt werden sollen (KAUPA, 1992). Der erste Teil ist eine ca. 250 m lange Tiefwasserzone (Tiefe ca. 1,6 m) gefolgt von einer etwa 200 m langen Flachwasserzone (Tiefe 0,5-0,6 m), welche als zukünftige Schilfzone eingeplant wurde, an die eine 50 m lange Anpassungsstrecke zum Ausfluß hin anschließt. Geschwindigkeitsmessungen bei Durchflüssen bis zu 6 m³/s (HABERSACK, 1993) zeigten, daß die mittlere Strömungsgeschwindigkeit beim Einlauf noch 0,5 m/s, im breiten Abschnitt (Tief- und Flachwasserzone 0,03-0,1 m/s beträgt und im Anpassungsabschnitt wieder auf 0,15 m/s ansteigt.

Beispielhaft für die naturnahe Gestaltung des restlichen Kanals ist der Abschnitt V bei km 12,3 (s. Abb 1, 4). Hier verläuft der Kanal entlang der Kante der Gänserndorfer Terrasse (FINK & MAJDAN, 1954). In der Rinne herrschen sehr turbulente Strömungen mit Geschwindigkeiten (bei Durchfluß bis 6 m³/s) von 0,5 bis 1 m/s vor. Der Übergang zur Bucht

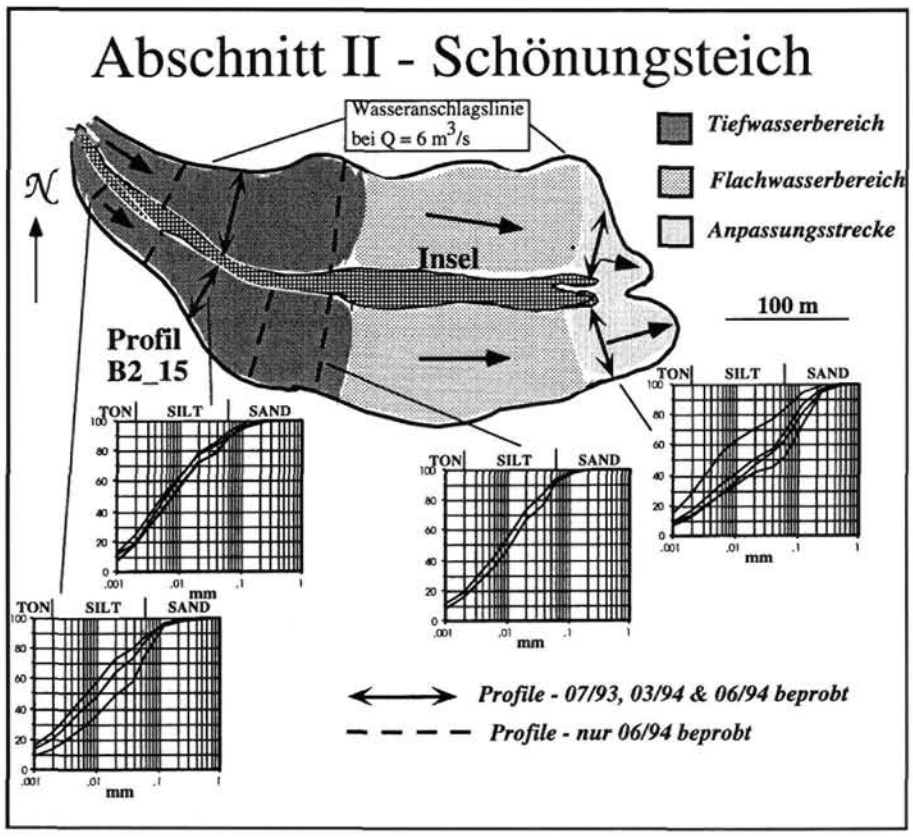

Abb. 2
Das Abklärbecken („Schönungsteich") des Marchfeldkanales mitsamt der Probenahmeprofile. Im Tiefwasserbereich liegt ein nahezu uniformes toniges Schluffsediment vor. Im Bereich des Einlasses ist ein höherer Sandgehalt bemerkbar. Etwas gröbere, sandreichere Sedimente, bilden das Substrat in der Anpassungsstrecke, nahe des Ausflusses.

© Österreichische
Geologische Gesellschaft/Austria; download unter www.geol-ges.at/ und www.biologiezentrum.at

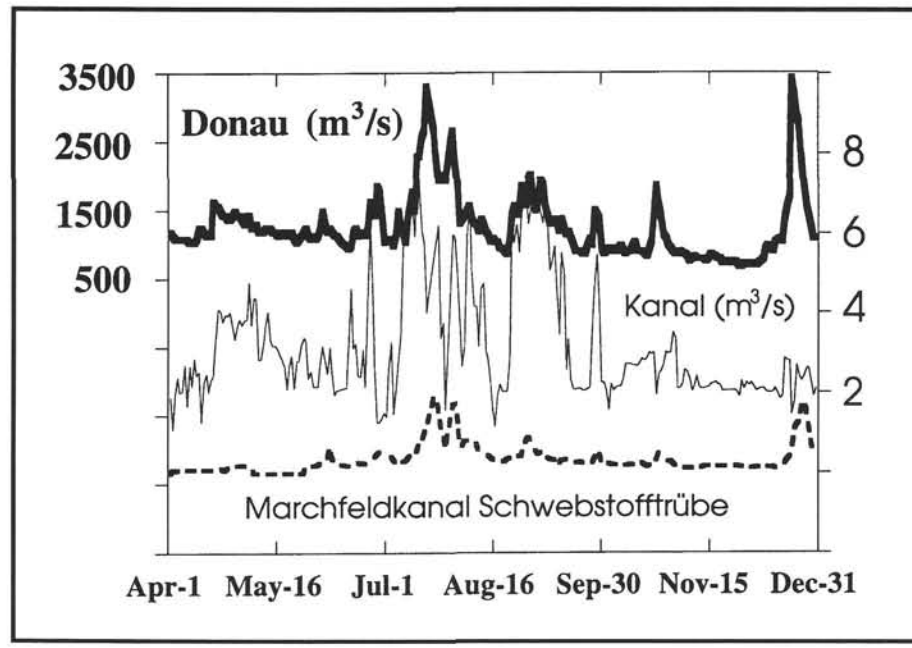

Abb. 3
Tagesmittelwerte des Donauabflußes (Q=m³/s) beim Einlaufbauwerk, der Marchfelddotierung (Kanal m³/s) und Trübung in dimensionslosen Einheiten: April bis Dezember 1993. Bei Donauhochwasser und damit verbundenem hohen Schwebstoffgehalt, welcher hier über die Trübung dargestellt wird, hängt die Menge des Materialinputs in den Kanal von der betrieblichen Steuerung ab. So waren zum Beispiel gerade bei den Hochwässern des Jahres 1993 hohe Durchflüsse im Kanal gegeben, wogegen beim Dezember-Hochwasser 1993 der Durchfluß reduziert bzw. ganz abgeriegelt wurde.

ist durch Kehrströmungen mit Geschwindigkeiten von 0,1-0,2 m/s geprägt.

3. Probenahme und Untersuchungsmethodik

Sowohl bei der provisorischen Vorprobennahme im November 1992 als auch bei der ersten regulären Kampagne im Juli 1993 wurden die Sedimente der Abschnitte (Abb. 1) II („Schönungsteich"; km 3-3,6), III (ca. km 5), IV (ca. km 6,5) und V („Schwalbenwand"; km 12,3) beprobt. Nach diesem Überblick konzentrierte man sich im März 1994 auf die sedimentologisch interessantesten Abschnitte II (Abb. 2) und V (Abb. 4). Neben diesen beiden Abschnitten wurden im Juni 1994, zwecks Verdichtung der Information, noch die Abschnitte I (ca. km 0,5; vor Wehr 1) und VI (ca. km 17,5) beprobt (Tab. 1). In all diesen Abschnitten wurden an eingemessenen Profilen vom Boot aus mittels eines „Mondsee-Corers" (modifizierten PHLEGER – Corer; GOLTERMAN et al., 1983) Sedimentkerne entnommen. Dieser Bohrer ermöglicht die Entnahme von Kernen in dem wasserreichen, kaum kompaktierten Sediment durch den dichten unteren Abschluß mittels eines Tennisballes beim Herausziehen des Kernes. Die Kerne wurden, falls die Sedimentmenge ausreichend war, mit einem Kernteiler zumindest in einen Hangend- und einen Liegendkern geteilt. Der Transport der Proben erfolgte in Kunststoffbehältern. Bei jeder der Probenahmen wurde ein Protokoll nach DIN 38 414 S11 geführt.

Für die Untersuchung der LHKW (Leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe) wurde ca. 1 cm Sediment aus der obersten Lage in eine Headspaceflasche transferiert und der überstehende Raum mit deionisiertem und LHKW-freiem Wasser bis auf 8 cm³ Kopfraum aufgefüllt. Diese, sowie die Wasserproben wurden unmittelbar darauf mittels Zange mit einem teflonbelegten Septum-Deckel verschlossen. Die Proben wurden kühl und lichtgeschützt ins Labor transportiert und mit einem Gaschromatographen (SHIMADZU GC-9A), gekoppelt mit einem Dampfraumanalysator analysiert.

Die Schwebstoffprobenahme erfolgte allmonatlich sowie zusätzlich bei Hochwässern beim Einlaufbauwerk in Langenzersdorf und in Deutsch Wagram. Zur quantitativen und qualitativen Erfassung des äolischen Eintrages wurden an zwei Lokalitäten (Schönungsteich, Versickerunganlage Dt. Wagram) Depositionsfallen aufgestellt und allmonatlich beprobt.

Die Sedimentkerne wurden luftgetrocknet und deren Wassergehalt (bezogen auf das Naßgewicht) aus dem Gewichtsverlust berechnet. Rohdichtemessungen erfolgten mit dem Multivolume Pyknometer 1305 der Firma Micromeritics. Anschließend wurden die Proben mit Edelstahlsieben (2; 1; 0,5; 0,25; 0,125; 0,063 und 0,04 mm) in Anlehnung an die ÖNORM B4401 naß gesiebt und die Kornverteilung der Fraktion <0,04 mm mit dem Sedigraph (Micromeritics ET 5000) weiter analysiert. Die Korngrö-

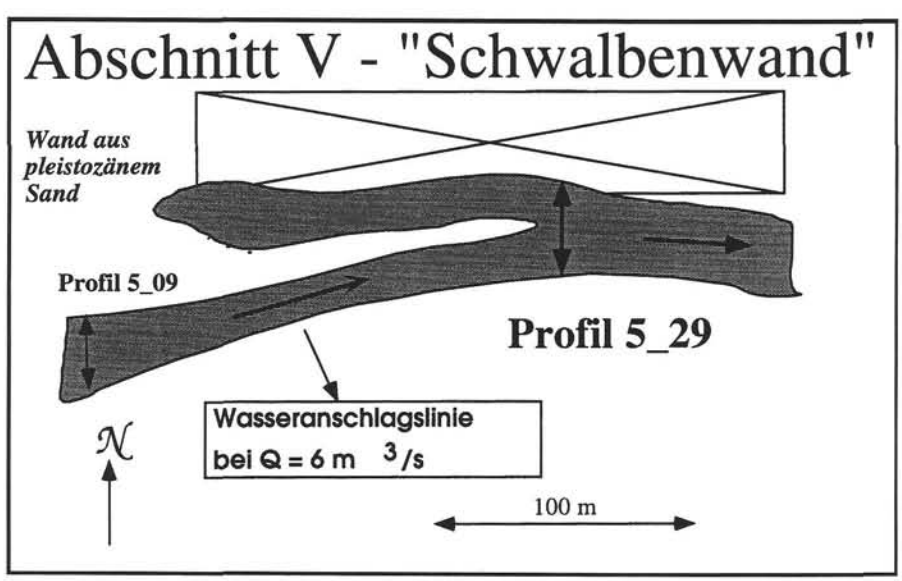

Abb. 4
Lokalität des Untersuchungs-Abschnittes V ist mitsamt der Bucht typisch für den Versuch einer naturnahen Bauführung des Marchfeldkanales.

© Österreichische
Geologische Gesellschaft/Austria; download unter www.geol-ges.at/ und www.biologiezentrum.at

Tab. 1: Auflistung und Herkunft der im Text erwähnten Proben.
1) Benennung der Sedimente nach ÖNORM B 4401; 2) bei Probenahme am Top des Kernes aufgewirbelt
EL - Einlaufbauwerk in Langenzersdorf; A - Anpassungsstrecke im Schönungsteich; T - Tiefwasserbereich im Schönungsteich; Bsch. - basaler Schotter des Gerinnebettes; AS - Aufschluß; HW - Hochwasser der Donau; MW - Mittelwasser der Donau

Proben Nummer	Datum Probenahme	Untersuchungs-abschnitt	MFK km	Beschreibung der Probe 1)	Teufe (cm)	Anteil < 0,04 mm M-%	Median mm
92325	1992-11-14	MFK III	5	S, u, + Fadenalgen	0 - 1	14	0,15
92329	1992-11-14	MFK II	BSch	G,s; beige	-	4	>2
93083	1993-07-01	MFK EL	0	Schwebst. MW	-	92	0,006
93131	1993-07-14	MFK IV	6,5	U,S; grau-braun	0 - 4	50	0,04
93134	1993-07-14	MFK IV	6,5	S,g; grau	0,5 - 3,5	2	0,3
93148	1993-07-27	MFK II A	3,5	Schwebst. 1)	-	57	n.b.
93167	1993-07-21	MFK EL	0	Schwebst. HW	-	87	0,004
93193	1993-07-27	MFK II T	3,2	U,fs; mittelbraun	0 - 6	86	0,006
93194	1993-07-27	MFK II T	3,2	U, fs; braun - schwarz	6 - 9	84	0,006
93204	1993-07-29	MFK II T	3,2	U, fs; m.-braun	0 - 6	69	0,007
93205	1993-07-29	MFK II T	3,2	U ,fs; braun - schwarz	6 - 10	71	0,007
93211	1993-07-29	MFK III	5	U, fs+ Fadenalgen	0 - 1	86	0,005
93214	1993-07-29	MFK V	12,3	Suspension 1)	-	20	n.b.
93215	1993-07-29	MFK V	12,3	U,S;	0 - 14,5	53	0,03
93216	1993-07-29	MFK V	12,3	G, S; mittelbraun	14,5 - 19	4	2
94046	1993-03-05	MFK V	12,3	S,U	0 - 4,5	41	0,06
94047	1993-03-05	MFK V	12,3	U, fs+ viel org. Material	4,5 - 12	64	0,016
94048	1993-03-05	MFK V	12,3	U, fs+ viel org. Material	12 - 23	61	0,016
94049	1993-03-05	MFK V	12,3	G,S; mittelbraun	23 - 27,5	4	2
94070	1994-03-10	MFK II T	3,2	U; mittelbraun - grau	0 - 3	79	0,01
94071	1994-03-10	MFK II T	3,2	U; mittelbraun	3 - 11	79	0,008
94072	1994-03-10	MFK II T	3,2	U; braun - schwarz	11 - 17	80	0,007
94088	1994-02-14	MFK V	AS	S; v. "Schwalbenwand"	-	31	0,1
94122	1994-03-11	MFK II T	3,2	U, t; mittelbraun	3,5 - 10	72	0,006
94256	1994-06-15	MFK II T	3,1	U, t; mittelbraun	0 - 1	58	0,021
94260	1994-06-15	MFK II T	3,2	U, t; mittelbraun	1 - 6	56	0,02
94311	1994-06-21	MFK I	0,5	U, t; mittelbraun	5 - 9	61	0,01

Benanalysen sind mit einem Fehler von ±10% relativ reproduzierbar.

Für die Phasenanalyse, Chemie und Gammaspektroskopie wurden in erster Linie die Fraktion <0,04 mm der Sedimentproben analysiert, da diese Fraktion in den meisten Fällen mehr als 70% der Feinsedimente beinhaltet und es den Sedimentsqualitätsuntersuchungen der österreichischen Wassergüteerhebungsverordnung (WGEV, BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, 1991) entspricht.

Die Ermittlung der mineralogischen Zusammensetzung erfolgte mittels Röntgendiffraktometer (unorientierte Pulveraufnahmen; Philips Goniometer PW 1830/40, Breitfokus-Cu-Röhre 50 kV/40mA, Graphitmonochromator). Korrekturen aufgrund der geochemischen Analysen, ergänzende Differentialthermo- bzw. Thermogravimetrischer Analysen (Simultan-Thermo-Analysenapparatur STA 429 der Firma Netzsch) als auch Infrarotanalysen (KBr-Preßling, FTIR Bomem MB 100) erlauben eine quantitative Bestimmung. Der Fehler der Analysen wird bei Hauptphasen auf 15%, bei Nebenbestandteilen auf 50% relativ geschätzt.

Der Anteil an biogenem Silizium wurde nach DEMASTER (1981) mit einer 1% $NaCO_3$-Lösung (pH = 11,2) über 2 Stunden extrahiert. Die Bestimmung des Si im Extrakt wurde photometrisch nach DEV D 21 durchgeführt. Der Anteil an organischer Substanz wurde über den Glühverlust zwischen 105°C (Dauer 16 Stunden) und 360° C (Dauer 2 Stunden, danach abkühlen im Exsikkator) ermittelt (KRALIK, 1997).

Die Analyse der Hauptelemente und der Großteil der Spurenelemente (Ausnahmen siehe unten) erfolgte mittels Röntgenfluoreszenzanalyse (PHILIPS 1404 Spectrometer). Arsen, Selen wurden im Königswasseraufschluß (ÖNORM L 1085) mittels optischer Spektroskopie mit induziert gekoppelter Plasmaanregung (ICP-OES; JOBIN-YVON JY 70 PLUS) gemessen und Quecksilber mit dem Hg-Analysator TMA 257 erfaßt. Die Vertrauensgrenze ist bei den Haupt- und Nebenelementen 10% relativ, bei Spurenelementen 20% relativ. Kohlenstoff, Stickstoff und Schwefel wurden mit dem CHNS-O EA 1108 Elemental Analyzer von CARLO ERBA Instruments bestimmt.

Die 24 stündige Extraktion mit 0,5 M HCl wurde in Anlehnung an PSENNER, et al. (1984) und SAGER (1988) gewählt.

Von den trockengesiebten Fraktionen <0,04 mm ausgewählter Bohrkerne wurden die Aktivität der Isotope ^{7}Be, ^{134}Cs und ^{137}Cs, ^{60}Co, ^{40}K, ^{226}Ra, ^{228}Th, mittels Gamma-Spektrometrie (Meßmethode siehe MARINGER, 1994) gemessen. Zur Analyse der stabilen Isotope von Sauerstoff und Kohlenstoff wurden zwanzig bis fünfzig Milligram Gesamtgesteinskarbonat nach der Standardmethode von MCCREA (1950) aufgeschlossen und massenspektrometrisch gemessen. Die Analysenergebnisse sind innerhalb + 0,2‰ für C und O reproduzierbar.

4. Ergebnisse

4.1 Sedimentmächtigkeiten und Kubaturen

Schönungsteich Abschnitt II

Eine flächendeckende, schichtungslose (feinsandige) Schluffsedimentdecke von im Schnitt 13 cm (max. 18 cm) Mächtigkeit wurde bei der letzten Probenahme im Juni 1994 erst 50-60 m nach dem Einlaß in dem Südkanal des **Tiefwasserbereiches** beobachtet. Die Sedimentationsentwicklung im Südkanal (Abb. 2; Lage s. Abb. 5; Profil B2_15) des Berei-

© Österreichische
Geologische Gesellschaft/Austria; download unter www.geol-ges.at/ und www.biologiezentrum.at

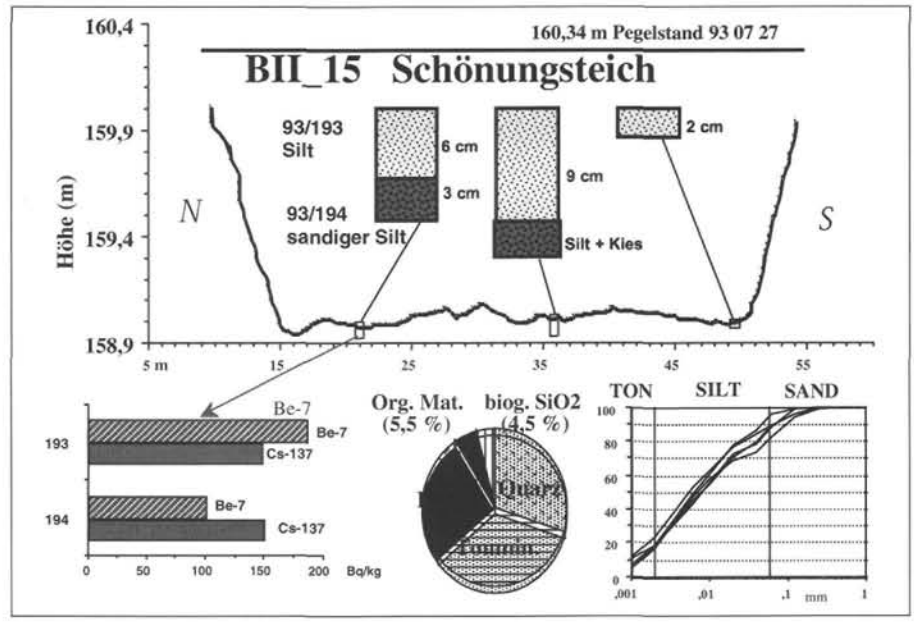

Abb. 5
Profil durch den Südkanal des Schönungsteiches (s. Abb. 2) mit Darstellung der Bohrkerne. Unten ^{7}Be und ^{137}Cs-Gehalte, die durchschnittlichen Mineralphasenanteile und entsprechende Kornverteilungskurven.

ches II und des Bereiches V (Abb. 6) ist in Tab. 2 abzulesen. Die anfänglich hohen Sedimentationsraten in Folge von Hochwasserereignissen in der Donau werden später durch gezielte Wehrsteuerungen erheblich reduziert (Abb. 3).

Die **Flachwasserzone** hat mit Stand 06/94 eine geringstmächtige Sedimentdecke (bis max. 1-2 cm) über dem basalen Kies. Im **Anpassungsbereich** varieren die Sedimentmächtigkeiten zwischen den einzelnen Probenkampagnen sehr stark. Von einer Durchschnittsmächtigkeit kann in diesen beiden Profilen (Abb. 2) sinnvollerweise nicht die Rede sein, da das Relief des Kiesbettes kleinräumigst stark variiert und partiell Schilfbewuchs vorliegt.

Zur Schätzung der **Sedimentkubaturen** im Schönungsteich wurden die Sedimentmächtigkeiten aus der Kampagne im Juni 1994 herangezogen und einzelne Kompartimente mit einer Durchschnittsmächtigkeit belegt. Als weitere Berechnungsgrundlage wurde ausgehend von einem Wassergehalt von 60% (15-70) und einer Rohdichte von 2,4 g/cm³ ungefähr 1560 kg Naßsediment und 960 kg Trockensubstanz pro Kubikmeter ermittelt. Die Gesamtmenge an Feinsediment beträgt in der Tiefwasserzone mit Stand Juni 1994 2200-2500 m³, das sind ca. 2100-2400 t Trockensubstanz, wovon mehr als 60% im Südkanal abgelagert sind. Inklusive Flachwasserzone (Mächtigkeit ca. 1 cm) und unter Ausparung des durch Umlagerungsprozesse geprägten Anpassungsabschnitt ergibt die Berechnung (Stand 06/94) für den Schönungsteich ca. 2500 bis 2800 m³ Sediment mit einem Trokkengewicht von 2450 bis 2650 Tonnen.

Schwalbenwand – Abschnitt V

Beide Profile (Abb. 4) schneiden sowohl die Hauptrinne, als auch den Übergang zur Bucht an. Am Ende der Bucht bei Profil P5_29 (Abb. 4, 6) lag bei der ersten Probenahme 07/93 noch 14,5 cm Feinsediment (stark sandiger Schluff mit hohem organischem Anteil sowie Schalen von Limnea stagnalis) vor. Im März 1994 betrug die Sedimentmächtigkeit an dieser Stelle 23 cm und im Juni 1994 11 cm (Tab. 2). Eine distinkte 1 cm mächtige mittelbraune Feinsandlage am Top indiziert, daß diese Erosion auf ein Ereignis zurückgeht. In der Rinne wurde nur feinkiesig-sandiges Sediment angetroffen, das gemäß WOSCHITZ (Universität f. Bodenkultur Wien, mündl. Mitt.) in Form von longitudinalen Dünen stromabwärts wandert.

4.2 Sedimentologie der Feinsedimente und Schwebstoffe

Das Feinsediment des Schönungsteiches (Tiefwassserzone – Abb. 2, 5, 7) besteht im Durchschnitt aus 70% Silt, 10% Sand- und 20% Ton. Innerhalb der ersten 150 m (s. Abb. 2) ist tendenziell

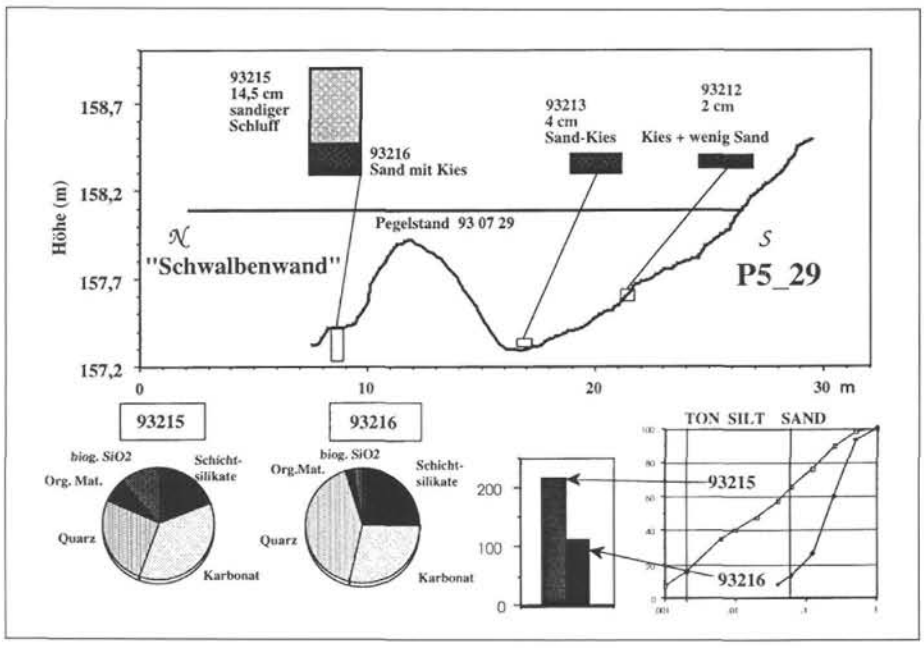

Abb. 6
Profil im Abschnitt V – „Schwalbenwand" am Ende der Bucht (genaue Lage siehe Abb. 4). In der freien Fließstrecke ist in erster Linie Sand und Kies des Gerinnebettes angetroffen worden, wogegen es am Ende der Bucht zur Ablagerung von Feinsediment mit hohem Anteil an organischem Material und biogenem SiO_2 kam. Dieses Material weist den höchsten, in den Sedimenten des Marchfeldkanals gemessenen Bleigehalt auf.

© Österreichische
Geologische Gesellschaft/Austria; download unter www.geol-ges.at/ und www.biologiezentrum.at

eine Abnahme des Sandgehaltes von bis zu 30% (mit bis zu 5% Korngrößen über 0,25 mm) auf 10% feststellbar. Der Mittelsandanteil (0,25-0,5 mm) beträgt stellenweise bis zu 5%. Die Mediane (Tab. 3) der Kornsummenkurven liegen zwischen 0,005-0,02 mm. Die Sortierung ist mit 2,1-2,8 (n. FOLK & WARD, 1957) mäßig bis schlecht.

Hochwasserschwebstoffe, die unmittelbar nach dem Einlaufbauwerk 0,2 m über der Sohle genommen wurden, haben bis zu 11% Sandanteil, wobei der Gehalt der Fraktion >0,25 mm weniger als 1% beträgt und vorwiegend aus organischem Material besteht (Tab. 3, Abb. 7). Niederwasserproben haben dagegen jeweils 50% Ton- und Schluffanteil.

Tab. 2: Mächtigkeiten und Sedimentationsraten der Bereiche II und V.
Ermittelt durch mindestens drei Bohrkerne

Datum Probenahme	Mächtigkeit Bereich II Nord (cm)	Mächtigkeit Bereich II Süd (cm)	Sedimentationsrate Bereich II Süd (cm/a)	Mächtigkeit Bereich V (cm)	Sedimentationsrate Bereich V (cm/a)
11/92 - 07/93	8,0	8,0	12	14,5	22
07/93 - 03/94	11	15,0	11	23,0	13
03/94 - 06/94		16,5	6	11,0	Erosion

Tabelle 3: Korngrößendaten von Feinsedimenten und Schwebstoffen
Mittelwerte fett gedruckt, höchster und niedrigster Wert in Klammer
1) Mean n. FOLK & WARD, 1957; 2) Daten v. RUSEK 1995

Lokalitäten	Anteil <40 µm (%)	TON (%)	SILT (%)	SAND (%)	Mean (1) µm	Median µm
Einlaufbecken (n=49)	**36** (10-66)	**6** (1-14)	**46**(31-71)	**48**(20-80)	**40** (14-107)	**57** (17-152)
Langenzersdorf 2)						
MFK I (n=5)	**60** (59-60)	**13** (8-21)	**62** (51-70)	**25** (22-27)	**16** (9-21)	**14** (6-25)
MFK II (n=25)	**80** (60-85)	**20** (14-25)	**70** (56-75)	**10** (7-30)	**9** (6-18)	**9,2** (5-20)
(Schönungsteich)						
MFK V (n=5)	**54** (41-61)	**14** (8-17)	**51** (43-58)	**35** (29-49)	**20** (14-35)	**22** (13-60)
(Schwalbenwand)						
Schwebstoffe						
Hochwasser 2) (n=13)	**83** (70-90)	**28** (21-37)	**65** (58-71)	**7** (1-13)	**6** (3-9)	**6** (3-10)
Niederwasser (n=5)	**97-100**	**46** (30-60)	**54** (59-60)	**0-1**	n.b.	**2,3** (1-6)

4.3 Phasenanalyse

Die Phasenanalyse (Tab. 4) stützte sich aus Vergleichbarkeitsgründen im erster Linie auf die Fraktion <0,04 mm, die auch den überwiegenden Anteil der Marchfeldkanalsedimente ausmacht. Für den einheitlichen Sedimentationsraum Schönungsteich besteht das durchschnittliche Feinsediment aus 24% Quarz, 6% Feldspat 18% Illit-Muskovit, 16% Chlorit, 16% Calcit und 11% Dolomit. Der Anteil organischer Substanz beträgt im Mittel 5,5%. Das biogene Silizium, welches als SiO_2 verrechnet wurde hat einen Anteil von 4,5%. Im Mikroskop sind deutlich aus Opal aufgebaute Gehäuse von überwiegend benthischen Kieselalgen (mündl. Mitt. B. PRITZ – Inst. f. Hydrobotanik, Univ. Wien) zu sehen (Abb. 13a, b). Generell haben die Sedimente mit den höchsten organischen Anteil, wie z. B. am Ende der Bucht im Abschnitt V (s. Abb. 6), die höchsten Gehalte an biogenen SiO_2 mit bis zu 11%.

Die Mineralogie der einzelnen Fraktionen eines Schönungsteichsediment (s. Tab. 4, Abb. 8) zeigt, daß das Maximum an Illit-Muskovit mit 29-33% zwischen 0,04-0,125 mm liegt. Der Quarzgehalt hat sein Maximum ab 0,25 mm mit 40%, wogegen der größte Gehalt an organischer Substanz in der Feinsandfraktion liegt. In Summe ist der Unterschied in der Phasenzusammensetzung (Mineralogie) zwischen Gesamtsediment und der Fraktion <0,4 mm nicht signifikant (Tab. 4). Gemäß der Klassifikation nach FÜCHTBAUER (1959) handelt es sich um stark sandigen Mergel bis karbonatisch stark sandigen Ton.

Zur Charakterisierung des geologischen Umfeldes wurden 2 Proben (Tab. 4) sowohl vom sandig kiesigen Schotter des Gerinnebettes (Pr. Nr. 92329) als auch vom äolischen Sand aus dem Bereich V (Pr. Nr. 94088) analysiert. Die Unterschiede zum Feinsediment des Kanals liegen in erster Linie in niedrigeren Gehalten (<2,5%) an organischer Substanz. Auffallend ist besonders die Ähnlichkeit zwischen äolischem Sand und dem liegenden Feinsediment (Abschnitt V) hinsichtlich Quarzgehalt und geringem Anteil an organischer Substanz.

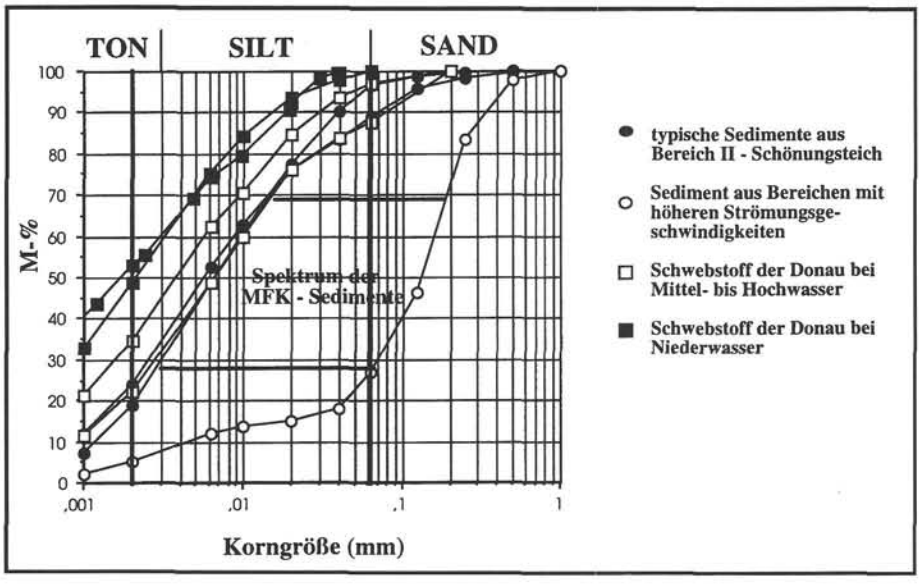

Abb. 7
Die Schwebstoffe bei Donau Hoch- und Mittelwasser zeigen eine signifikante Ähnlichkeit mit den Sedimenten des Schönungsteiches. Der Mittelsandanteil (>0,25 mm) stammt aus Bereichen mit höherer Fließgeschwindigkeit und aus Ausschwemmungen der geschütteten Basisschotter in den Schönungsteichsedimenten.

© Österreichische
Geologische Gesellschaft/Austria; download unter www.geol-ges.at/ und www.biologiezentrum.at

4.4 Sedimentchemie und Extraktionen

Die durchschnittliche geochemische Zusammensetzung der Feinsedimente <0,04 mm entspricht unter Berücksichtigung der Hauptelemente (Tab. 5) einem sandigen Tonmergel. Mit abnehmender Korngröße verringert sich der Gehalt an SiO_2 und die Anteile von Al_2O_3, K_2O und Fe_2O_3 nehmen zu.

Der Vergleich mit dem Anschüttmaterial <0,04 mm (Pr. Nr. 92329), welches von den in situ vorhandenen Schottern der Prater Terrasse stammt, zeigt bei ähnlichem Gehalt der Hauptelemente, daß die Schönungsteichsedimente des Jahres 1993 im Durchschnitt bei Kupfer (Cu) und Zink (Zn) um etwa das Doppelte, bei Blei (Pb) noch höher angereichert sind. Der höchste Bleiwert wurde im Abschnitt V (Pr. 93215; s. Abb. 6) mit 216 mg/kg gemessen.

Nachdem die Bleiwerte (Median 106 mg/kg) der Feinsedimente aus der Probenahme 1993 verhältnismäßig hoch lagen, wurden die obersten Abschnitte von Sedimentkernen, die seit der Beprobung 1993 abgelagert wurden, beprobt und auf Blei analysiert. Hier war mit einem Median von 40 mg/kg eine deutlich geringere Bleibelastung feststellbar.

Die 24-stündige Extraktion mit 0,5 M HCl (Tab. 6) wurde in Anlehnung an PSENNER, et al., (1984) und SAGER (1988) gewählt. Nach der Vorstellung dieser Autoren werden Karbonate, einige Oxide (z. B. Fe) und Sulfide (tw. Pb, Fe und Ni) gelöst. Es stellt unserer Meinung nach den schlimmsten Fall nach Aufbringung des Sedimentes unter oxidierenden Bedingungen, z. B. auf ein Feld, mit anschließender lang anhaltender Versauerung dar. Die Karbonatpufferung ist hier bald verbraucht. Phosphor ist mit dieser Extraktion zu 75% verfügbar.

Tab. 4: Mineralogie der Marchfeldkanalsedimente und Donauschwebstoffe

Sch. - Schotterbasis; Sd. - Sande der Schwalbenwand (MFK V); HW - Hochwasser; NW - Niederwasser der Donau; 1) KRALIK et al. (1990); 2) RUSEK (1995); 3) SAGER & PUSCKO (1990); 4) KRALIK & SAGER (1986a)

Proben-Nr.	Bereich	Illit-Glimmer (%)	Chlorit (%)	Calcit (%)	Dolomit (%)	Quarz (%)	K-Feldspat (%)	Plagioklas (%)	Org.-Subst (%)	Biogenes SiO_2 (%)
92325<40µm	III	13	8	27	7	21	1	7	7,5	10
93131<40µm	IV	17	13	20	9	20	1	7	5,5	8
93134<40µm	IV	12	11	14	16	23	3	16	2,5	2
93193<40µm	II	15	15	16	12	25	1	6	5,4	4,5
93194<40µm	II	18	15	17	10	23	1	6	5,2	5
93204<40µm	II	20	16	14	12	25	1	3	4,5	4
93205<40µm	II	20	18	16	9	21	1	4	5,4	5
93211<40µm	III	21	15	16	10	20	0	6	5,9	6,5
93215<40µm	V	10	9	30	7	19	2	6	7,2	11
93216<40µm	V	14	11	17	12	31	3	8	2,2	2,5
Gesamtmineralogie vs. Mineralogie der Fraktion <40µm der Marchfeldkanalsedimente										
94260 Gesamt	II	23	12	12	10	27	0	10	5,7	n.b.
94260<40µm		25	14	13	9	24	1	7	7,0	n.b.
94256 Gesamt	II	27	16	12	8	26	1	6	4,2	n.b.
94256<40µm		21	16	13	11	25	1	8	4,2	n.b.
94311 Gesamt	I	27	14	11	9	26	1	7	5,1	n.b.
94311< 40µm		27	17	11	11	22	1	6	5,2	n.b.
Mineralogie der Fraktionen - Gesamtmineralogie eines Schönungsteichsediment (MFK II)										
94122 <40µm		24	16	16	11	21	0	6	5,1	n.b.
94122/40-63µm		33	16	10	9	18	0	8	5,2	n.b.
94122/63-125µm		29	17	14	8	18	1	5	8,3	n.b.
94122/125-250µm		21	13	19	9	24	1	5	8,9	n.b.
94122/250-500µm		10	10	18	8	42	1	6	6,7	n.b.
94122/500-1000µm		13	10	17	8	44	1	5	5,1	n.b.
94122 Gesamt		25	17	14	10	21	1	6	5,4	n.b.
Mineralogie <40 µm des geologischen Umfeldes										
92329<40µm	Sch	19	16	11	16	24	1	6	2,5	
94088<40µm	Sd	20	14	12	15	29	1	7	1,4	n.b.
Vergleichsdaten: Mineralogie der Schwebstoffe										
NW-Schwebstoffe 1)		23	16	18	9	17	-	6	7,8	n.b.
HW- Schwebstoffe 1)		24	17	12	11	24	-	8	3,1	n.b.
NW-Schwebstoffe <40 µm 2)		20	18	24	10	17	-	7	4	n.b.
HW-Schwebstoffe <40 µm 2)		19	18	14	12	25	-	8	4,5	n.b.
Vergleichsdaten: Mineralogie der Feinsedimente										
Langenzersdorf <40µm 2)		21	16	12	12	27	-	9	3	n.b.
Altenwörth <20µm 3)		23	15	22	15	14		7	4,0	n.b.
Donausediment <100µm 4)		17±1	11±2	9±3	15±3	33±6	-	9±2	3,5±0,4	n.b.

4.5 LHKW – leichtflüchtige organische Kohlenwasserstoffe

Im März 1994 wurden 2 Probenpunkte im Abschnitt II – Schönungsteich und einer im Abschnitt V – Schwalbenwand beprobt. Während der Juni 1994 Kampagne wurden jeweils bei 2 Lokalitäten im Abschnitt II und V, sowie im vor dem Wehr 2 gelegenen Abschnitt I (km 0,4-0,5) Proben genommen. In Summe wurden 16 Proben analysiert.

Im Sediment (Tab. 7) wurde in erster Linie Dichlormethan (Mittelwert 60 µg/kg) signifikant nachgewiesen. In den Proben aus dem Schönungsteich wurde auch Dichlorethen (2 Proben max. 2 µg/kg) Trichlorethen (6 Proben mit max. 2 µg/kg) und

© Österreichische
Geologische Gesellschaft/Austria; download unter www.geol-ges.at/ und www.biologiezentrum.at

Tabelle 5: Haupt- und Spurenelemente der Sedimente < 0,04 mm

Proben-Nr. Bereich	92325 MFK III	93131 MFK IV	93193 MFK II	93194 MFK II	93204 MFK II	93205 MFK II	93211 MFK	93215 MFK V	93216 MFK V	Mittelwert MFK	Mittelwert MFK II	92329 Schotter
SiO2 (%)	39,68	41,67	43,1	42,52	43,57	43,02	43,34	40,15	46,87	**42,66**	**43,05**	44,15
TiO2 (%)	0,46	0,56	0,72	0,69	0,72	0,67	0,65	0,47	0,73	**0,63**	**0,70**	0,65
Al2O3 (%)	9,05	10,96	13,3	12,34	13,03	12,52	12,03	8,35	11,05	**11,40**	**12,80**	12,2
Fe2O3 (%)	2,2	3,22	5,11	4,88	4,76	4,92	4,35	2,55	3,43	**3,94**	**4,92**	4,08
MnO (%)	0,12	0,13	0,15	0,12	0,13	0,11	0,11	0,06	0,13	**0,12**	**0,13**	0,1
MgO (%)	2,64	3,96	4,38	4,08	4,44	4,01	3,85	2,69	4,33	**3,82**	**4,23**	5,26
CaO (%)	17,8	14,37	10,79	11,77	11,14	11,61	11,67	17,4	13,25	**13,31**	**11,33**	11,46
Na2O (%)	0,69	0,7	0,77	0,74	0,82	0,78	0,78	0,54	1,08	**0,77**	**0,78**	0,86
K2O (%)	1,28	1,73	2,29	2,11	2,32	2,26	2,35	1,47	1,58	**1,93**	**2,25**	1,87
P2O5 (%)	0,36	0,24	0,23	0,25	0,24	0,23	0,28	0,24	0,27	**0,26**	**0,24**	0,14
SO3 (%)	0,29	0,29	0,25	0,23	0,2	0,26	0,22	0,45	0,07	**0,25**	**0,24**	0,16
GV 1000° C	26,05	22,91	20,02	20,95	19,46	20,53	21,32	26,52	17,2	**21,66**	**20,24**	19,18
Summe	100,62	100,74	101,11	100,68	100,83	100,92	100,95	100,89	99,99	**100,75**	**100,89**	100,11
F (%)	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	**<0,01**	**<0,01**	<0,01
Cl(%)	<0,02	<0,02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,02	<0,01	<0,02	<0,01	**<0,02**	**<0,02**	<0,01
As (mg/kg)	4,6	5,9	7,2	7,4	7,7	6,9	8,2	4,3	5,8	**6,4**	**7,3**	5,1
Ba (mg/kg)	325	421	467	428	475	506	468	394	403	**432**	**469**	434
Cd (mg/kg)	n.b.	<0,5	0,5	<0,5	<0,5	0,5	0,5	<0,5	n.b.	**<0,5**	**<0,5**	<0,5
Co (mg/kg)	14	19	22	21	24	23	21	18	22	**20**	**23**	24
Cr (mg/kg)	57	76	100	93	96	100	86	59	77	**83**	**97**	88
Cu (mg/kg)	45	58	76	67	54	103	51	53	143	**72**	**75**	35
Ga (mg/kg)	14	15	18	19	17	17	16	15	14	**16**	**18**	17
Hg (mg/kg).	0,16	0,3	0,3	0,36	0,33	0,36	0,3	0,2	0,36	**0,30**	**0,34**	0,1
Mo (mg/kg)	5	5	5	<5	5	<5	5	6	<5	**5**	**5**	5
Nb(mg/kg)	8	10	12	12	11	11	10	9	10	**10**	**12**	11
Ni (mg/kg)	43	51	58	55	54	59	56	47	49	**52**	**57**	55
Pb (mg/kg)	91	139	106	85	101	120	83	216	113	**117**	**103**	77
Rb (mg/kg)	60	84	106	102	102	108	105	72	69	**90**	**105**	97
Se (mg/kg)	0,71	0,84	1,04	0,89	0,88	0,92	0,85	0,92	0,52	**0,84**	**0,93**	0,3
Sr (mg/kg)	297	231	203	211	196	203	205	255	252	**228**	**203**	197
Th (mg/kg)	10	10	13	12	12	13	13	10	15	**12**	**13**	12
U (mg/kg)	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	**<5**	**<5**	<5
V (mg/kg)	83	95	115	114	118	121	116	87	84	**104**	**117**	103
W (mg/kg)	7	<5	9	7	<5	<5	<5	5	7	**7**	**8**	<5
Y (mg/kg)	31	29	29	28	28	26	30	31	41	**30**	**28**	29
Zn (mg/kg)	118	174	222	219	187	275	172	195	174	**193**	**226**	108
Zr (mg/kg)	131	115	129	125	133	118	123	117	229	**136**	**126**	137
Ctot (%)	8,06	6,58	5,65	6,02	5,49	5,91	6,42	8,23	4,83	**6,35**	**5,77**	5,17
Corg (M%)	4,26	2,84	2,85	2,8	1,79	3,1	3,4	4,06	1,84	**2,99**	**2,64**	1,58
N (M%)	0,49	0,31	0,26	0,28	0,23	0,29	0,43	0,57	0,15	**0,33**	**0,27**	0,13
S (M%)	0,08	0,06	0,07	0,07	0,05	0,07	0,08	0,16	<0,05	**0,08**	**0,07**	<0,05

Tetrachlorethen (6 Proben mit max. 2 µg/kg) gemessen. Tribrommethan und 1,1,1-Trichlorethan wurden jemals nur in einer Probe (4 µg/kg) detektiert, wogegen die Gehalte von Trichlormethan, Tetrachlormethan, Dichlorethan und Dibromchlormethan jeweils unter der Nachweisgrenze waren. Im parallel dazu beprobten Wasser des Marchfeldkanals konnten all diese Stoffe, wie auch in dem, bei der Probenahme verwendeten, deionisierten Wasser nicht nachgewiesen werden.

Die Werte für Trichlorethen und Tetrachlorethen im Sediment sind an oder deutlich unter dem angestrebten Wert für Sediment der „Holländischen Umweltqualitätstandards"

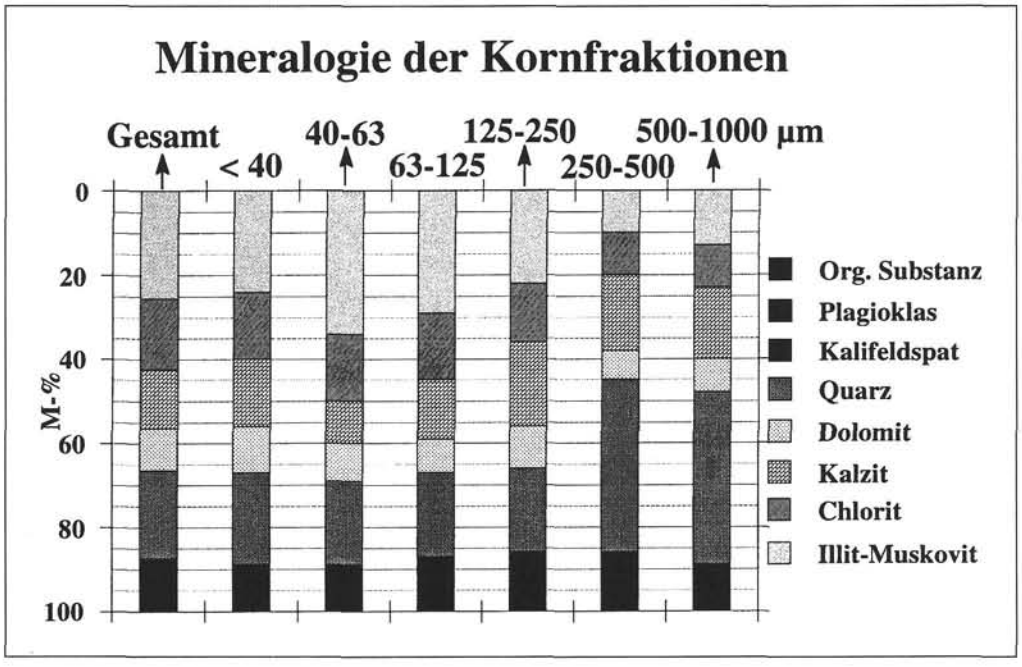

Abb. 8
Mineralanteile der Siebfraktionen einer repräsentativen Feinsedimentprobe (94/122).

© Österreichische
Geologische Gesellschaft/Austria; download unter www.geol-ges.at/ und www.biologiezentrum.at

(ENVIRONMENTAL QUALITY STANDARDS, 1994; Tab. 7) und sind Indizien für eine geringe Basiskontamination.

4.6 Radionuklide

Es wurden in erster Linie die Gehalte der natürlichen Isotope ^{7}Be (53,3 d Halbwertszeit) ^{40}K (1,885* 10^{9} a Halbwertszeit) sowie der künstlichen Isotope ^{134}Cs (2,07 a Halbwertszeit; seit Tschernobyl in der Umwelt), ^{137}Cs (30,0 a Halbwertszeit; Atombombentests und Tschernobyl) untersucht (s. Tab. 8).

Radiocäsium ist in der Donau überwiegend an Schwebstoff gebunden transportiert und korreliert positiv mit Wasser- und Schwebstofführung (MARINGER, et al., 1993). Der Gehalt an ^{137}Cs korreliert positiv mit dem Gehalt an organischem Material und dem Massenanteil der Tonfraktion. MARINGER (1994) untersuchte die langfristige Abnahme der spezifischen ^{137}Cs-Aktivität der rezenten Donaufeinsedimente seit dem Tschernobyl-Unfall. Gemäß diesen Untersuchungen beträgt die ökologische Halbwertszeit, d. h. die Beschreibung einer exponentiellen Abnahme in einem ökologischen System, seit September 1987 ca. 4 Jahre.

Im Schönungsteich sind in der Vertikalverteilung des ^{137}Cs keine signifikanten Unterschiede herauszulesen (s. Abb. 5). Anders dagegen im Bereich V – „Schwalbenwand", wo in einem Kern die obere Probe (Nr. 94047) zwar den gleichen Medianwert der Korngröße und einen ähnlichen Anteil an organischen Substanz besitzt wie der direkt darunter liegende Kernabschnitt (94048), aber deren ^{137}Cs-, ^{134}Cs- und ^{40}K-Gehalt signifikant höher ist.

Das kosmogene Isotop ^{7}Be wurde nur in den Schönungsteichsedimenten der Probenahmekampagne Juli 1993 detektiert. Aus den unterschiedlichen Gehalten an ^{7}Be (s. Tab 8, Abb. 5) und der Halbwertszeit läßt sich eine zeitliche Differenz der Ablagerung von Hangend- und Liegendsediment von 2 bis 3 Monaten erechnen. Allerdings handelt es sich hier um einen Integralwert über die untersuchte Probe. Aufgrund der Probenteilung in den zumeist homogenen Feinsedimenten sowie der Bioturbation durch Mückenlarven besteht besonders im Schönungsteich die Gefahr, daß hier Sedimetationsereignisse, die zu einem unterschiedlichen ^{7}Be-Input führten, gemeinsam erfaßt werden und damit Mischalter gemessen werden.

Tabelle 6: Ergebnisse der Extraktion der Sedimente <0,04 mm mit 0,5 M HCl. Angaben der extrahierten Konzentrationen in % der Gesamtgehalte.

Pr. <40µm Abschnitt	92325 MFK III	93131 MFK IV	93193 MFK II	93194 MFK II	93205 MFK II	93211 MFK III	93215 MFK V	92329 Schotter
Al-Extr. (%)	8	10	9	11	10	9	11	9
Fe-Extr. (%)	30	38	28	32	31	32	49	28
Mn-Extr. (%)	68	72	73	69	66	77	70	79
P-Extr. (%)	78	66	70	68	73	78	70	58
Cu-Extr.(%)	100	100	90	96	41	93	100	100
Pb-Extr. (%)	100	100	100	100	35	93	100	100
Zn-Extr.(%)	93	95	82	85	48	77	100	65

Tabelle 7: Gehalte der Marchfeldkanalsedimente an leichtflüchtigen halogenierten Kohlenwasserstoffen (LHKW).

Die Sedimentproben stammen jeweils aus den obersten Zentimetern.

1) ENVIRONMENTAL QUALITY STANDARDS FOR SOIL AND WATER, 1994

Pr.-Nr.	MFK	Datum Probenahme	*11-Dichlorethen* µg/kg	*Dichlormethan* µg/kg	*1,1,1--Trichlorethan* µg/kg	*1-2-Dichlorethan* µg/kg	*Trichlorethen* µg/kg	*Tetrachlorethen* µg/kg
94050/1	V	03.1994	<1	<17	<4	<1	<1	<1
94050/2	V	03.1994	<1	<17	<4	<1	<1	<1
94073/1	II	03.1994	2	54	<4	<1	1	1
94073/2	II	03.1994	2	59	<4	<1	1	1
94127/1	II	03.1994	<1	31	<4	<1	2	1
94127/2	II	03.1994	<1	33	4	<1	1	1
94147/1	II	03.1994	<1	107	<4	<1	1	1
94147/2	II	03.1994	<1	154	<4	<1	1	2
94248/1	II	06.1994	<1	40	<4	<1	<1	<1
94248/2	II	06.1994	<1	49	<4	<1	<1	<1
94263/1	II	06.1994	<1	27	<4	<1	<1	<1
94263/2	II	06.1994	<1	39	<4	<1	<1	<1
94277/1	V	06.1994	<1	32	<4	<1	<1	<1
94277/2	V	06.1994	<1	50	<4	<1	<1	<1
94287/1	V	06.1994	<1	88	<4	<1	<1	<1
94287/2	V	06.1994	<1	85	<4	<1	<1	<1
94310/1	I	06.1994	<1	65	<4	<1	<1	<1
94310/2	I	06.1994	<1	39	<4	<1	<1	<1
Mittelwerte			**<1**	**60**	**<4**	**<1**	**<1**	**<1**

Holländische Umweltqualitätstandards angestrebter Wert 1)

Sediment	**1**	**10**

4.7 Stabile Isotope

Die Resultate der C-O Isotopen finden sich in Tabelle 9 und in Abb. 9. Alle Daten liegen entlang einer Trendlinie, die einer Mischung zwischen den fossilen marinen Karbonaten des Einzugsgebietes und den Neubildungen im fluviatilen Bereich und zum Teil auch in Böden entspricht. Die Karbonate der Donauhochwasserschwebstoffe als auch die der basalen Schotter enthalten die schwersten Isotopen (hoher fossilmariner Anteil), während der Niederwasserschwebstoff als auch der Schwebstoff und die Sedimente des Marchfeld-

© Österreichische
Geologische Gesellschaft/Austria; download unter www.geol-ges.at/ und www.biologiezentrum.at

Tabelle 8: Ergebnisse der γ–Spektrokopie
Erk.-Gr.: Erkennungs - Grenze

Pr.-Nr.	93193	93194	93204	93205	94046	94047	94048	94049	94070	94071	94072
	<40 µm	<40µm	<40µm	<40µm	<40µm	<40µm	<40µm	<40µm	<40µm	<40µm	<40µm
Bereich	MFK II	MFK II	MFK II	MFK II	MFK V	MFK V	MFK V	MFK V	MFK II	MFK II	MFK II
Tiefe(cm)	0 - 6	6 - 9	0 - 6	6 - 10	0 - 4,5	4,5 - 12	12 - 23	23 - 27,5	0 - 3	3 - 11	11 - 17
Pr.-Datum	07.1993	07.1993	07.1993	07.1993	03.1994	03.1994	03.1994	03.1994	03.1994	03.1994	03.1994
Be-7 (Bq/kg)	187	101	341	159	<	<	<	<	<	<	<
Erk.-Gr.	0,03	0,03	0,02	0,02	172,00	8,57	23,90	50,90	50,10	13,70	18,20
Co-60 (Bq/kg)	0,78	0,57	0,58	0,84	<	<	<	<	<	<	<
Erk.-Gr.	0,01	0,01	0,01	0,01	5,44	0,31	0,76	1,53	1,57	0,45	0,64
Cs-134 (Bq/kg)	8,25	8,59	8,29	9,80	<	4,33	<	<	<	5,04	6,44
Erk.-Gr.	0,02	0,02	0,02	0,02	5,05	0,28	0,70	1,42	1,46	0,41	0,59
Cs-137 (Bq/kg)	149	149	151	167	81	109	72	19	147	135	151
Erk.-Gr.	0,12	0,02	0,02	0,02	6,66	0,38	0,94	1,87	1,93	0,53	0,79
K-40 (Bq/kg)	633	566	596	605	506	519	334	554	541	604	593
Erk.-Gr.	0,01	0,01	0,01	0,01	68,60	3,92	9,65	19,30	19,90	5,68	8,18
Ra-226 (Bq/kg)	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	57	50	39	58	63	57	51
Erk.-Gr.					10,90	0,63	1,54	3,08	3,17	0,91	1,31
Ra-228 (Bq/kg)	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	<	44	30	46	36	44	46
Erk.-Gr.					17,70	1,01	2,50	4,99	5,14	1,47	2,12
Th-228 (Bq/kg)	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	<	43	30	72	36	46	42
Erk.-Gr.					14,00	0,80	1,97	3,93	4,05	1,16	1,67

kanals leichtere Isotopen enthalten (hoher Anteil limnischer Neubildung).

5. Diskussion

5.1 Sedimentäre Prozesse

Schwebstoffmessungen (KUNERT, 1995, und eigene Daten) haben gezeigt, daß bis zu 50% der Schwebstoffe in Abhängigkeit von der Betriebsführung im Kanal abgelagert wurden. So führten hohe Schwebstoffgehalte (Abb. 3) im Donauwasser kombiniert mit hohen Durchflußraten bis zu 8 m³/s im Kanal während des Sommerhochwassers von Juli bis August 1993 zu einem hohen Schwebstoffeintrag in den Kanal. Die Praxis bei anlaufenden Hochwasserwellen das Einlaufwehr teilweise oder gänzlich zu schließen wurde im Sommer 1993 noch nicht gehandhabt (s. Abb. 3). Diese wurde im Gegensatz dazu während des Weihnachtshochwassers 1993 angewendet, was einen stark verminderten Sedimenteintrag zur Folge hatte. Die unveränderten Sedimentationsraten von 12 cm/a bis 03/94 lassen diesen Umstand nicht erkennen (Tab. 2). Doch haben die ^{7}Be Messungen (Halbwertszeit 53,7 d) gezeigt, daß die Hauptmasse des Sedimentzuwachses zwischen den Beprobungen 07/93 und 03/94 vor mehr als 3 Halbwertszeiten abgelagert wurde und so in erster Linie auf die Sedimentation während des August 1993 zurückführbar ist. Der Effekt einer durch die Betriebsführung bedingten Entkoppelung des Marchfeldkanals vom Hochwassergeschehen der Donau ist dagegen

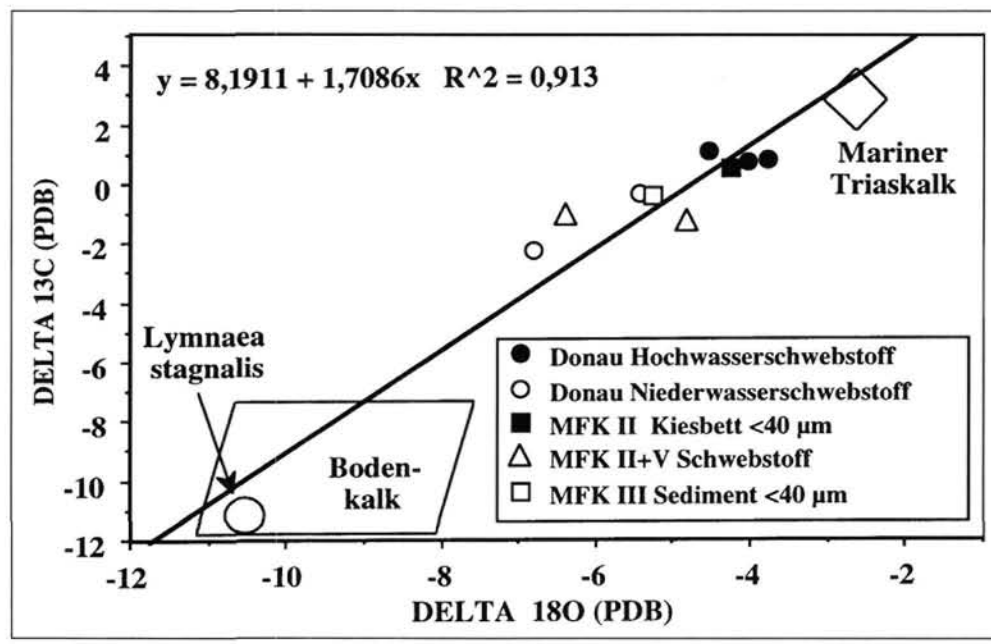

Abb. 9
Delta ^{18}O *vs.* Delta ^{13}C Diagramm der Karbonate der Marchfeldkanalsedimente und Donauschwebstoffe. Die Karbonate der Schwebstoffe und Sedimente liegen auf einer Mischungsgerade, deren Endpunkte triassischer Kalkstein und im Süßwasser neugebildeter Calcit (Schneckengehäuse und eventuell geringe Gehalte vom abgeschwemmtem Bodenkalkneubildungen) sind.

© Österreichische
Geologische Gesellschaft/Austria; download unter www.geol-ges.at/ und www.biologiezentrum.at

Tab. 9: Stabile Isotopen-Daten der Schwebstoff- und Sedimentkarbonate der Donau und des Marchfeldkanals.
1) Donau km 1938,65 KRALIK et al. 1990; 2) RUSEK (1995); 3) NS: Niederwasser-, MS: Mittelwassser-, HS: Hochwasserschwebstoff, BK: Basis-Kies; SE: Sediment, A: Aragonit,C: Kalzit, D: Dolomit, Lymn: Lymnea stagnalis; Ber. neugeb. Calcit: Berechneter neugebildeter Kalzit mit 94047 und Trias Kalkstein (18O= -2,5%, 13C 0 2,5 %o; GÖKDAG 1974, KRALIK & SCHRAMM 1994) als Endglieder.

Probenummer	Lokalität	Datum	Material 3) (%)	18O (%o PDB)	13 C (%o PDB)	Ber. neugebildet. Calcit (%) 13CTr 2,5 %o	Ber. neugebildet. Calcit (%) 18OTr-2,5%o
86/M8	Donau 1)	23 09 86	NS C:21;D:6	-6,82	-2,25	35	54
86/M9	Donau 1)	23 09 86	NS C:18;D:9	-5,44	-0,39	21	31
87/M1	Donau 1)	04 08 87	HS C:12;D:11	-4,54	1,07	11	25
92329 < 40	MFK II	14 11 92	BK C:11;D:16	-4,26	0,5	15	22
93083 <40	Einlauf MFK 2)	01 07 93	MS C:12;D:10	-4,02	0,68	13	19
93148 <40	MFK II	27 07 93	HS C:21;D:6	-6,4	-1,09	26	49
93167 <40	Einlauf MFK 3)	21 07 93	HS C:11;D:11	-3,77	0,75	13	16
93211 <40	MFK III	29 07 93	SE C:16;D:11	-5,27	-0,44	22	34
93214 <40	MFK V	29 07 93	HS C:11;D:11	-4,81	-1,29	28	29
94047	MFK V	05 03 94	Lymn. A:100	-10,54	-11,09	100	100

schon deutlicher in der Abnahme der Sedimentationsrate zwischen 03/94 und 06/94 von 12 cm/a auf 6 cm/a erkennbar.

Diese überwiegend durch Hochwasserereignisse (des Jahres 1993) gesteuerte Sedimentation ist auch aus Ähnlichkeit der Kornsummenkurven und -parameter (s. Abb. 7 und Tab. 3) zwischen Hochwasserschwebstoffen und Schönungsteichsedimenten ersichtlich. Die stark tonigen und überwiegend feinsandfreien Niederwasserschwebstoffe des Donauwassers werden nach KUNERT (1995) kaum im Schönungsteich abgelagert.

In der durch Sedimentationsraten von im Schnitt von 25 cm/a (RUSEK, 1995) geprägte Bucht vor dem Einlaufbauwerk besteht der überwiegende Anteil aus springend (bis zu 90%) und rollend (bis zu 17%) transportierten Komponenten (s. VISHER-Diagramm, Abb. 10). Wogegen im Marchfeldkanal bis inklusive Schönungsteich 70-95% aus der Suspension sedimentierten und damit den bis zu einer durchschnittlichen Fließgeschwindigkeit von 0,03-0,1 m/s sedimentierbaren Feinanteil von Hochwasserschwebstoffen darstellt. Da Hochwasserschwebstoffe der Donau eine maximale Korngröße von 0,22-0,24 mm aufweisen (s. KRALIK, 1990, et al.) und die Fraktion >0,25 mm sowohl in Schwebstoffen 0,2 m über der Sohle wie auch im Sediment im Bereich des Einlaufbauwerkes weniger als 0,5% ausmacht, ist der Mittelsand bis Grobsandanteil (s. Abb. 7, 10) besonders am Beginn des Schönungsteiches (Strömungsgeschwindigkeit 0,5 m/s) als ein Produkt der Ausschwemmung der bis dahin ca. 3 km langen Gerinnesohle anzunehmen. In Summe nimmt die Entwicklung der Korngrößenverteilung (sukzessive Abnahme des Sandanteiles) von der Bucht bei Langenzersdorf bis inklusive Schönungsteich das Spektrum der im Staubecken des Kraftwerkes Freudenau zu erwartenden Sedimente vorweg.

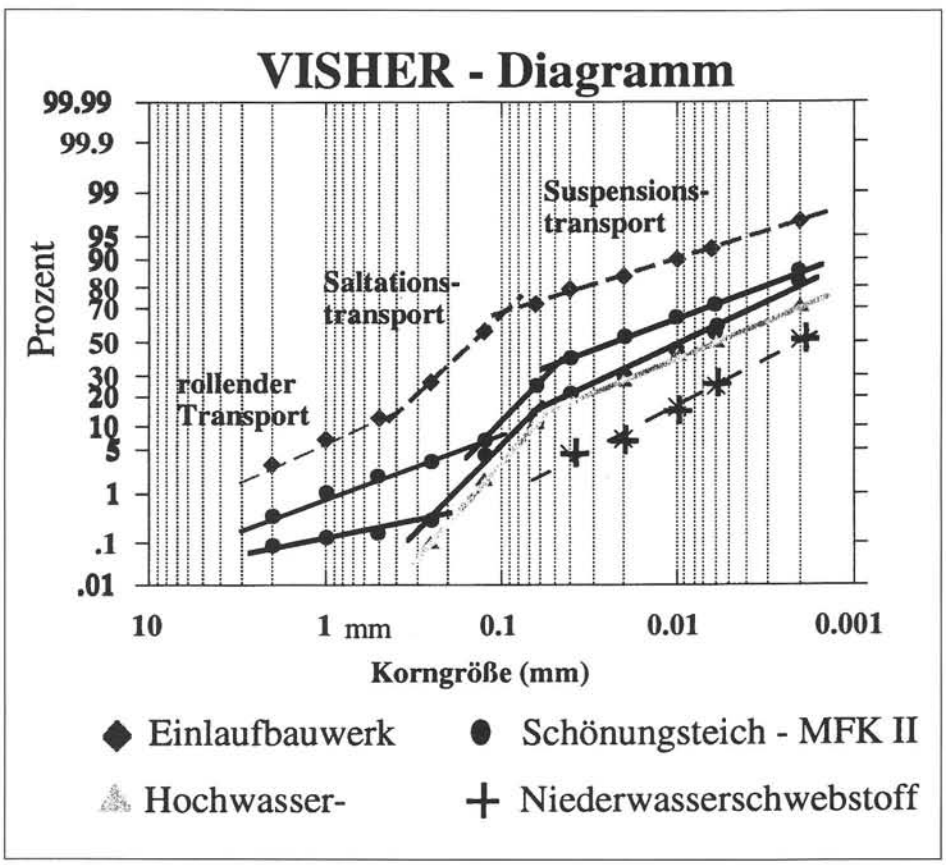

Abb. 10
Korngrößenverteilung charakteristischer Sedimentproben auf dem Wahrscheinlichkeitsnetz (VISHER, 1969) aufgetragen. Ein rollender Sedimenttransport (max. 17%) findet in der Donaubucht vor dem Einlaufbauwerk (Langenzersdorf) statt. Im Schönungsteich beträgt der Anteil der rollenden Kornpopulation maximal 4% am Beginn des Schönungsteiches.

© Österreichische
Geologische Gesellschaft/Austria; download unter www.geol-ges.at/ und www.biologiezentrum.at

Nach dem Schönungsteich führen höhere Strömungsgeschwindigkeiten (bis zu 1 m/s) im Kanal zur Ausschwemmung und Umlagerung (in Form von Dünen) des Sandanteils der Gerinnesohle. Die durch Kehrströmungen geprägten Buchten (Beispiel Abschnitt V) sind durch diskontinuierliche Sedimentation (s. Variation der Sedimentmächtigkeiten Tab. 2) mit eingeschalteten Erosionsperioden gekennzeichnet. Dies wird auch durch die vertikale Verteilung der Isotope ^{7}Be, ^{134}Cs, ^{137}Cs (s. Tab. 8) belegt. Der im Vergleich zu Abschnitt II um ein Drittel geringere ^{137}Cs-Gehalt sowie das Fehlen von ^{7}Be in der obersten Probe im Abschnitt V deuten auf eine Abschwemmmung und Umlagerung von Material der nahe gelegenen Schwalbenwand hin. Diese augenscheinlich erodierten fossilen quarzreichen Sande sind naturgegeben frei von künstlichen Radionukliden.

Ein weiterer wahrscheinlicher Grund für diese wechselhafte Entwicklung ist in den unterschiedliche Wehrklappenstellungen der Wehre 3 und 4 (Abb. 1) und den damit verbundenen betriebsbedingten Variationen von Wasserständen und Durchflußgeschwindigkeiten zu sehen. Da die Erosion der Uferbereiche durch das Fließgerinne nicht erkenntlich bzw. schon aus baulichen Gründen (Kiesschüttung) stark limitiert ist, ist ein Sedimenteintrag in diesem Abschnitt des potamalen Gerinnes von den Flanken nur durch Frost-Tau Wechsel (z. B. Schwalbenwand) und durch kleine Massenbewegungen als Folge von Starkregenereignissen (z. B. Sommer 1994) wahrnehmbar.

5.2 Mineralogie – Phasenzusammensetzung – Hauptelementchemie

Der Vergleich der Mineralogie der Schönungsteichsedimente <0,04 mm (s. Tab. 4) sowie der Sedimente <0,04 mm aus dem Becken vor dem Einlaufbauwerk (RUSEK, 1995) mit Donauschwebstoffen bei Hoch-Mittelwasser aus dem Einlaufbecken in Langenzersdorf (KRALIK et al., 1990, RUSEK, 1995) zeigt deren signifikante Ähnlichkeit und beweist ein weiteres Mal, daß die Fraktion <0,04 mm aus der Hochwassersuspension sedimentiert wurde. Jedoch ist der Gehalt an organischen Stoffen in den Sedimenten des Schönungsteiches (5,5%) deutlich höher als in den Hochwasserschwebstoffen (3%), aber jedoch signifikant niedriger als in den Niederwasserschwebstoffen (7-10%). Da nach RUSEK (1995) in der Tonfraktion der Sedimente der höchste Calcit- und der geringste Quarzanteil vorliegt, ist der im Vergleich zu den Sedimenten <0,040 mm des Einlaufbeckens höhere Calcit- und geringere Quarzgehalt in den tonreicheren Schönungsteichsedimenten eine logische Konsequenz.

Überraschend hoch ist der Anteil des biogenen Siliziums, welches als SiO_2 verrechnet wurde, in den Sedimenten <0,04 mm des Jahres 1993 aus dem Schönungsteich mit ca. 5% (s. Abb. 5) sowie bis 11% in der Bucht des Abschnittes V (s. Abb. 6). Als Quelle kommen hier die aus Opal bestehenden Schalen von abgestorbenen, in erster Linie benthischen, Kieselalgen in Frage (Abb. 13a,b). Eine gewisse Unsicherheit besteht in der Lösung von Silizium aus Tonmineralen wie Illit und Montmorillonit (DEMASTER, 1981). Diesbezüglich wurden keine positiven Korrelationen zwischen Laugungsdauer und Kieselsäuremobilisation gefunden. Dagegen gibt es eine starke positive Korrelation zum Anteil der organischen Masse. Diese außerordentlich hohen Gehalte {z. B. haben Sedimente des Bodensees 1,5% biogenes SiO_2 (zit. in MATSCHULLAT, et al., 1997)} reflektieren die extreme Algenblüte (KRISA, 1996) im Kanal während des Jahres 1993. KRISA (1996) stellte im Frühjahr 1993, während der Algenblüte, eine hohe Konzentration von hauptsächlich aus Diatomeen bestehendes Phytoplankton im Wasser sowohl der Donau beim Einlaufbauwerk (Maximum 33 mg/l) als auch im Kanal (Maximum 35 mg/l) fest. In den Jahren 1994 (Phytoplanktonmaxima in der Donau 14 mg/l; im MFK: 17 mg/l) und 1995 (5 mg/l in der Donau; 10 mg/l im MFK) waren diese frühjährlichen Algenblüten deutlich geringer ausgeprägt. Prinzipiell liegen im Kanal bei geringen Schwebstoffgehalten (Trübung) aufgrund der geringen Wassertiefe gute Wachstumsbedingungen für Kieselalgen vor.

Der Vergleich mit den Untersuchungen anderer Donausedimente ist wegen der unterschiedlichen Siebfraktionen schwierig. Im Vergleich zu den Donausedimenten < 0,1 mm aus der Strecke Wien bis Hainburg (KRALIK & SAGER, 1986a) und den Feinsedimenten der Stauhaltung Aschach (KRALIK & AUGUSTIN-GYURITS, 1993, 1995) ist der Quarzgehalt der Fraktion <0,04 mm wie auch der Gesamtproben aus dem Schönungsteich niedriger und jedoch der Calcit- und Schichtsilikatanteil einiges höher. Dementsprechend sind die Al_2O_3 und CaO-Gehalte der Fraktion <0,04 mm aus dem Schönungsteich deutlich höher als in den Donaufeinsedimenten <0,1 mm. Im Vergleich zu den Sedimenten <0,04 mm aus dem Einlaufbecken ist in den Schönungsteichsedimenten entsprechend der Mineralogie ein niedrigerer SiO_2-Gehalt und auch ein deutlich höherer CaO-Gehalt zu beobachten.

5.3 Spurenelemente – Schadstoffe – Radioaktivität

Co, Cr, Ni und V korrelieren signifikant mit dem Chlorit und deren Gehalte aus den Sedimenten <0,04 mm dürfte im Vergleich mit den Werten der lokalen Schotter (Pr. 92329, s. Tab. 5) und des Tonstandards (Tab. 10) dem geogenen Background entsprechen. Die Elemente Cu, Pb und Zn dürften anthropogen bedingt etwas erhöht sein.

Vergleicht man die Sedimente <0,04 mm des Marchfeldkanals (Tab. 10) und im speziellen die des Schönungsteiches hinsichtlich Spurenelemente mit einerseits Hochwasserschwebstoffen <0,04 mm des Jahres 1993 sowohl als auch mit den Sedimenten der Donau sowie in der Bucht vor dem Einlaufbauwerk, so sticht der nahezu doppelt so hohe Bleiwert (Abb. 11) sowie deutlich höhere Kupferwerte im Marchfeldkanal hervor. Dieser entsprach im Jahr 1994 und 1995 dem Trend der anderen Sedimente. Bei Chrom, Nickel, Zink und Quecksilber entsprechen die Werte mehr oder minder den Gehalten in den Hochwasserschwebstoffen, die die Hauptmasse des Sedimentes aufbauen. Eine lokale Bleiimmissionsquelle für den ganzen Kanal ist nicht ersichtlich, zudem müßte sich ein Input beim Einlaufbauwerk (Langenzersdorf) auch in den hangenden Sedimenten der vorgelagerten Donaubucht abbilden. Obwohl Niederwasserschwebstoffe (Tab. 10) der Donau deutlich höhere Blei-, Zink- und Cadmiumgehalte haben, ist der Impakt auf die Schönungsteichsedimente schon aus sedimentologischen Gründen (vorwiegend Hochwasserschwebstoffe) deutlich eingeschränkt.

Die Bleigehalte des Jahres 1993 korrelieren gut mit dem organischen Anteil und mit dem Gehalten an biogenem SiO_2 (Diatomeen). So findet man den maximale Bleigehalt von 215 mg/kg in einer Sedimentprobe (Pr. 93215, Bereich V, s. Abb. 6), die ebenfalls die höchsten Anteil dieser beiden Phasen aufweist. Bei den Sedimenten der Kampagne der Jahre 1994-95, die durchgehend einen niedrigen Bleigehalt zeigen, ist diese Korrelation mit dem organischen Anteil nicht ersichtlich. Es erscheint hier sehr wahrscheinlich, daß die Ablagerung von gehäuft vorkommenden Kieselalgen einen Schwermetalltransfer vom Wasser zum Sediment bewirkt hat. Aus der Literatur ist bekannt, daß Exsudate der Diatomeen Fe, Cu, Zn und Pb als metallorganische Komplexe stabilisieren und der Biodetritus von Kieselalgen eine hohe Sorptionskapa-

© Österreichische
Geologische Gesellschaft/Austria; download unter www.geol-ges.at/ und www.biologiezentrum.at

zität aufweist (MATSCHULLAT et al., 1997). Die stark erhöhten Bleiwerte des Jahres 1993 dürften anhand der bisherigen Analysen und der zuvor genannten Fakten zum Großteil matrixbedingt auf das starke Vorhandensein von Kieselalgen (Abb. 13a, b) im Sediment zurückzuführen sein.

Anhand des Vergleiches mit der ÖNORM L 1075 (Tab. 10) liegen die Schönungsteichsedimente des Jahres 1993 bei Zn, Pb, Cu, Cr, Ni und Hg über den für Belastungsverdacht angegebenen Werten. Bei Blei und Chrom wären die entsprechenden Richtwerte überschritten.

Von den untersuchten LHKW's (leichtfflüchtigen halogenierten Kohlenwasserstoffen) zeigt das Dichlormethan eine konstante Grundbelastung (Tab. 7). 1995 war dieser Stoff, der als Extraktions- und Lösemittel u. a. in der Lebensmittel-, Textil-, Leder-, Metall- und Kunststoffindustrie verwendet wird, laut Th. SABBAS (mündl. Mitt., BFPZ ARSENAL) in den Sedimenten nicht mehr detektierbar. Dichlormethan wurde in mehreren Niederschlagsstationen des Umweltbundesamtes, aber besonders in der nur 35 km westlich gelegenen Station von Sieghartskirchen (10-20 µg/l) im Jahre 1994 fallweise gefunden (pers. Mitt. A. RISS). Leider wurden für das Jahr 1995 keine Werte für chlorierte Kohlenwasserstoffe im Niederschlag gemessen, Dichlormethan scheint jedoch periodisch in geringen Mengen in die Gewässer zu gelangen.

Entsprechend den neuesten Ergebnissen des Umweltmonitorings (KRALIK, 1996) wurden Trichlorethen („Tri") und Tetrachlorethen („Per") in Spuren bei den im Jahr 1994 genommenen und untersuchten Sedimentproben der Donau festgestellt (Tab. 7). Diese ebenso zur Entfettung eingesetzten Stoffe könnten betriebsbedingt nur periodisch in das Donauwasser gelangen und waren daher im Wasser nicht detektierbar. Durch die Bindung dieser Substanzen an die Huminstoffe wären Sedimente als Archiv und Indikator für kurzfristige Belastungen an organischen Schadstoffen anzusehen.

Tabelle 10: Gegenüberstellung der Schwermetallgehalte

	Zn (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Hg (mg/kg)
MFK<40 µm - 1994			41				
Schönungsteich <40 - 1993	225	<0,5	103	75	97	53	0,34
Marchfeldkanal gesamt <40 1993	193	<0,5	117	72	83	52	0,3
Sedimente Langenzersdorf <40 1993	155	0,37	50	40	86	49	0,26
Donau<40µm (KRALIK, mündl. Mitt)	148		62	42		57	
Altenwörth<20 µm (MÜLLER et al. 1989)	514	1,7	126	68	82	59	
Donausedimente (EBNER /GAMS 1989)	234	0,7	66	49	56	51	0,4
Donausedimente<100µm (KRALIK/SAGER 1986a)	273	0,86	82	38	91	45	0,77
HW Schwebstoffe<40 µm (RUSEK 1995)	260	0,69	71	56	125	71	0,28
NW Schwebstoffe (KRALIK et al. 1990)	577	2,2	190	126	98	59	1,39
HW - Schwebstoff (KRALIk et al. 1990)	201	0,58	55	31	82	45	0,36
GRENZWERTE UND RICHTWERTE							
NÖ Klärschlammverordnung	200	1,5	100	60	100	50	1
ÖNORM L1075 Belastungsverdacht	150	0,5	50	50	20	40	0,2
ÖNORM L 1075 Richtwert	300	1	100	100	50	60	1
US NOAA biolog ER-M (LONG/MOR.1991)	270	9	110	390	145	50	1,3
Holland Referenzwert A	200	5	50	50	20	50	0,5
Holland Referenzwert B	500	20	150	100	50	100	2
Grenzwerte für Schadstoffgesamtgehalte	500	2	150	100	300	100	1
für Bodenaushubdeponien (BGBl. 1996)	1000	4	500	500	500	500	2
Tonstandard(TUREKIAN & WEDEPOHL)	95	0,3	20	45	90	68	0,4

5.4 Karbonatneubildung

Um die Neubildung des Karbonats im Schwebstoff und im Sediment abzuschätzen, bedarf es physikalisch-chemischer Bedingungen, die unterschiedlich zu denen sind, die in den Karbonaten der Herkunftsgebiete vorherrschten. Aus Erosionsgründen können die mächtigen triassischen Kalksteine und Dolomite aus den Nördlichen Kalkalpen als Hauptherkunftsgebiet angesehen werden (KRALIK & AUGUSTIN-GYU-

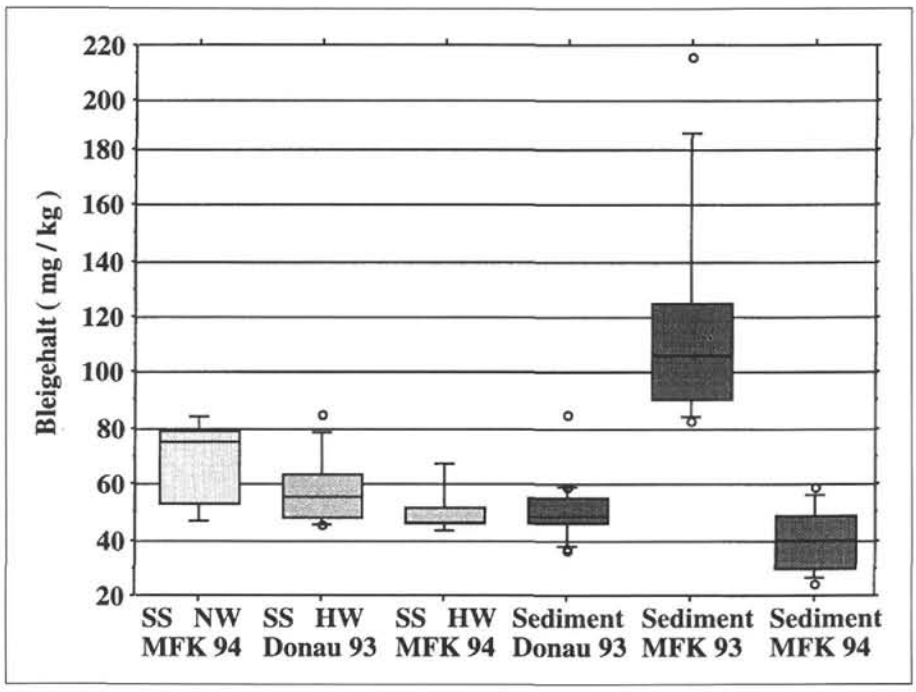

Abb. 11
Boxplot – Darstellung der Blei-Gehalte verschiedener Schwebstoff- und Sedimentbeprobungen in der Donau (Bucht vor Einlaufbauwerk, Langenzersdorf, RUSEK, 1995) und im Marchfeldkanal. SS = Schwebstoff; NW = Normalwasserführung; HW = Hochwasser; MFK = Marchfeldkanal; 93 u. 94 Jahr der Probenahme.

© Österreichische
Geologische Gesellschaft/Austria; download unter www.geol-ges.at/ und www.biologiezentrum.at

RITS, 1993). Eine gänzliche Neubildung in der Donau oder im Marchfeldkanal ist von Gastropodenschalen anzunehmen (LINZ & MÜLLER, 1981). Von diesen Endpunkten kann der Prozentsatz der biogenen und anorganischen Karbonatneubildungen errechnet werden. Erschwert wird die eindeutige Interpretation durch die Tatsache, daß Calcitneubildung in Böden und im Löß (BRUNNACKER, 1983) auch entlang der Mischungsreihe triassische marine Karbonate – neugebildete Gastropodenschalen (Abb. 9) fällt. Auch wenn mit den bisher gemessenen Proben der genaue Anteil des ausschließlich im Marchfeldkanal neugebildeten Karbonats noch nicht angegeben werden kann, so ist doch der im fluviatilen Bereich neugebildete Kalktanteil des Marchfeldkanalsediments bemerkenswert (20-30%; Tab. 9). Das bedeutet für das Gesamtsediment ein Anteil von 2-3% Neubildung. Diese vorwiegend biologische Ausfällung des Calcites oder Aragonites ist umso wahrscheinlicher, als das Donauwasser bereits beim Eintritt in den Marchfeldkanal in Hinblick auf Karbonat gesättigt ist.

5.5 Quellen und Quantitäten des Materialeintrages

Am Beispiel des Schönungsteiches (s. Abb. 12) wurde der Versuch unternommen, die Quellen des Stoffeintrages darzustellen und zu quantifizieren. Ergänzend zu der Sedimentbeprobung wurde auch der äolische Eintrag mittels Depositionsfallen gemessen. Der äolische Eintrag ist im Bereich des Schönungsteiches mit etwa 0,05 g/m²/d mit anderen Messungen im Marchfeld (0,07 g/m²/d: vgl. IMMISSIONSKATASTER NÖ, 1994) vergleichbar. In der Gesamtbilanz (1991-1994) ist der äolische Eintrag am Schönungsteich mit 0,05-0,08 kg/m² doch zu vernachlässigen (Abb. 12).

Wie nicht anders zu erwarten ist, besteht der Großteil der Sedimentmassen aus seit der Inbetriebnahme abgelagerten Donauschwebstoffen, die im Schönungsteich 58-63 kg/m² (1991-1994) betragen. Der Eintrag durch Ausschwemmung der Böschung bzw. Umlagerung der Sohle kann mit der zur Verfügung stehenden Methodik nur zusammen mit dem eingetragenen Schwebstoff betrachtet werden. Da dem Schwebstoff der „Grobanteil" (>0,25 mm) fehlt, kann sich daraus der Mindestanteil des so aus dem geschütteten Kiesbett umgelagerten bzw. von den Böschungen eingetragenen Materials im Schönungsteich mit um 1% angenommen werden. Vermutlich ist der über die Uferböschungen transportierte Gesamteintrag nicht wesentlich größer. Der Anteil des biogenen SiO_2 im Sediment beträgt zumindest für das Jahr 1993 5% (Abb. 4, 6; Tab. 4) und der des neugebildete Calcites (anorganisch oder organisch gebildet) schlägt sich mit bis max. 3% zu Buche (Abb. 9, Tab. 9). Allerdings sind bei diesen neugebildeten Phasen die Anteile von im Kanal (autochthon) und schon in der Donau (allochthon) gebildeten Material noch nicht quantifiziert. Wahrscheinlich liegt jedoch der Schwerpunkt, bedingt durch die besonders im Sommer auftretende Erwärmung des Wassers und dadurch geförderte biologische Aktivität, sehr auf der autochthonen Seite im Marchfeldkanal selbst.

5.6 Verwertbarkeit der Feinsedimente

Da das Abklärbecken (Schönungsteich) des Marchfeldkanals in Zukunft ausgebaggert werden muß, stellt sich die Frage der Verwertung der abgelagerten Sedimente. Die grundlegenden Kriterien für die Verwertbarkeit von Feinsedimenten sind die Schadstoffbelastung (insbes. Schwermetalle), die mineralogisch-chemische Zusammensetzung und die Korngrößenverteilung.

Nach dem Winklerdiagramm wäre der Schlamm des Schönungsteiches durchaus als Ziegelrohstoff geeignet. Allerdings könnten relativ hohe Magnesium- und Natriumgehalte im Laufe der Zeit zu Salzausblühungen führen. Die Aktivitäten der Schönungsteichsedimente ergeben (^{228}Th statt ^{232}Th; $^{228}Th/^{232}Th = \pm 1$ in geologischen Proben) weniger als ein Fünftel der zulässigen äußeren Strahlenexposition für Baustoffe (ÖNORM S 5200).

Aus dem Vergleich mit der VDI-Richtlinie 2094 (1985) zur Herstellung von Zementklinker ist ersichtlich, daß die Feinsedimente sowohl als Ton- als auch Kalkmergelzuschlag Verwendung finden könnten. Einzig Pb und Zn übersteigen geringfügig die dort angeführten Anhaltswerte.

Eine durchaus interessante Möglichkeit ist die Ausbringung von Schlämmen zur Bodenverbesserung in der Landwirtschaft. Anhand der NÖ Klärschlammverordnung (Tab. 10) ist die Verwendung des Schönungsteichsedimentes durch geringfügige Überschreitungen der Konzentrationen (des Jahres 1993) von Zn, Pb, Cu, und Ni als Klärschlamm der Qualitätsklasse I eingeschränkt. Dieses Problem ist bei Pb und Cu (s. 5.3) in Zukunft nicht zu erwarten. Aufgrund des im Verhältnis zu Klärschlamm geringen Stickstoff- und Phosphorgehalt (Tab. 5) ist die Düngewirkung des Materials eher gering. Die nahezu vollständige Verfügbarkeit von Cu, Pb, Zn bei der Extraktion mit 0,5 M HCl (Tab. 6) stellt den schlimmsten Fall („worst case") dar. Voraussetzung hierfür sind die Aufbringung des Feinsedimentes auf z.B. Ackerflächen, mit anschließender Versauerung und vollkommene Aufzehrung des Kar-

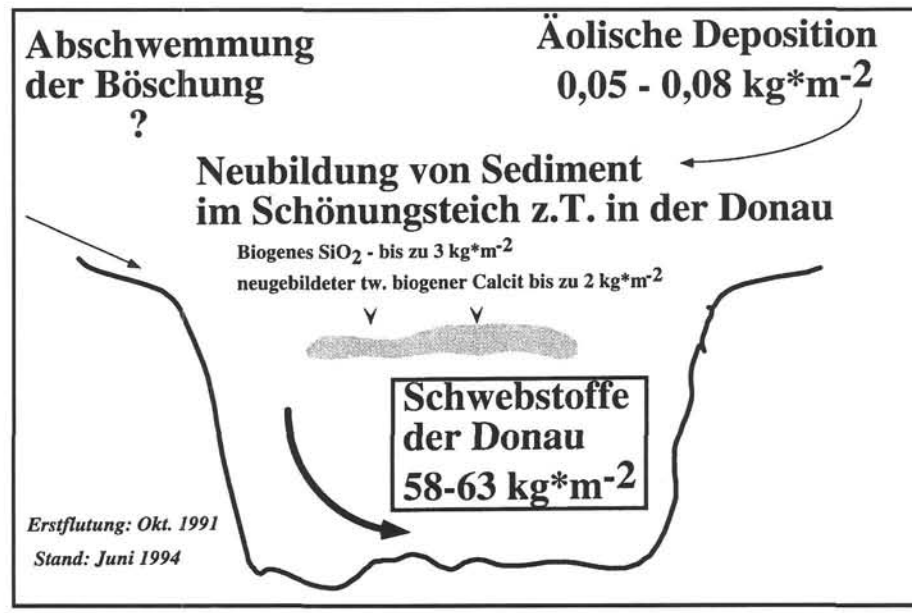

Abb. 12
Bilanz des Materialtransportes im Schönungsteich (Klärbecken) des Marchfeldkanales im Zeitraum 1992 (1991) - 1994.

© Österreichische
Geologische Gesellschaft/Austria; download unter www.geol-ges.at/ und www.biologiezentrum.at

bonatpuffers. Aus der guten Pufferung des Karbonats läßt sich kurzfristig keine Mobilisierung der anthropogen hinzugefügten Schwermetalle annehmen, jedoch mittelfristig ist nahezu der gesamte, eher geringe Schwermetallgehalt verfügbar. Die künstliche Radioaktivität, in erster Linie ^{137}Cs, ist im Schnitt mit 150 Bq/kg (Tab. 8) weit vom Grenzwert der NÖ KLÄRSCHLAMMVERORDNUNG (1994) von 7400 Bq/kg entfernt.

Gemäß den Untersuchungen von KRALIK & AUGUSTIN-GYURITS (1993, 1994) sind Donaufeinsedimente von Aschach auch als Dichtmaterial für Deponien, Dämme und Schmalwände geeignet. Anhand der Durchlässigkeitsformel von BIALAS & KLECZKOWSKI (1970) $K = (\text{Durchmesser bei } 20\%)^{2,3} \times 0{,}036$, welche nach KRALIK & AUGUSTIN-GYURITS (1993) eine sehr gute Übereinstimmung mit bodenmechanischen Laboranalysen gebracht hat, ist bei den Sedimenten des Schönungsteiches mit einer Verdichtung von 95-100% ein K-Wert von $1{,}75\text{-}2{,}23 \times 10^{-9}$ m/s zu erwarten. Damit ist die prinzipielle Eignung als Dichtmaterial gegeben.

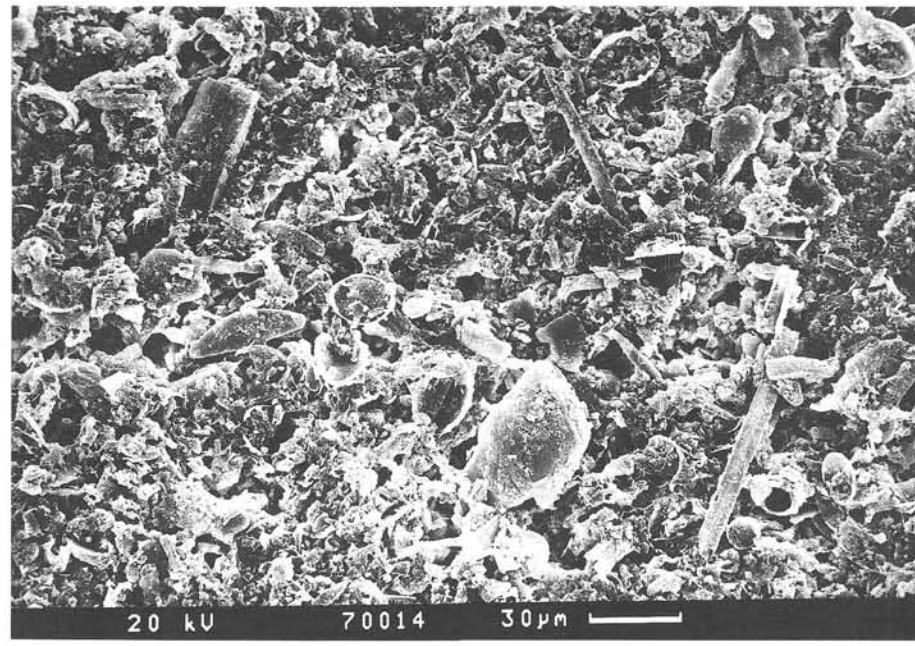

Abb. 13a
Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme einer Marchfeldkanalsedimentprobe (Nr. 93215; Abschnitt V; 1993) mit einem hohen Anteil an biogenen Kieselalgen.

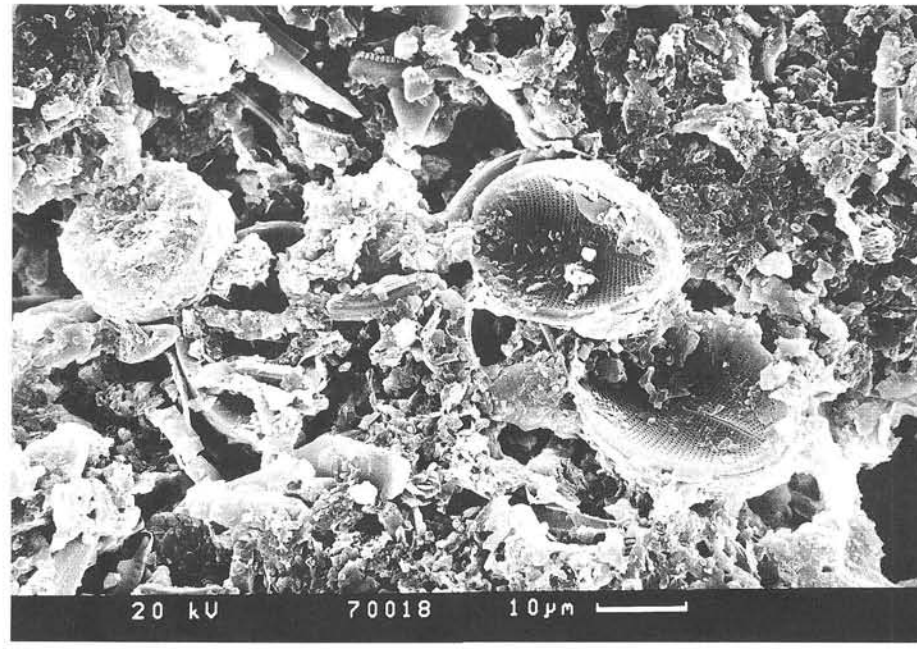

Abb. 13b
Ein vergrößerter Ausschnitt von Abb. 13a.

6. Schlußfolgerungen und Aussichten

Ein Blick auf die Abflußkurven mit stark schwankenden Abflüssen im Marchfeldkanal (Abb. 3) offenbart den „künstlichen" Charakter dieses Gerinnes im Vergleich zur Donau. Ein – zumindest empirischer – Zusammenhang zwischen Durchfluß und Schwebstoffmenge ist hier aufgrund des notwendigen Kanalmanagments nicht bzw. nur rudimentär in Abhängigkeit vom Abflußgeschehen der Donau gegeben.

Der Schönungsteich (km 3,2-3,6) erfüllt seine Funktion als Sedimentfalle, wie die Daten zur Sedimentqualität (Korngröße, Mineralogie) veranschaulichen, in erster Linie während Donauhoch- bis -mittelwasser (Frühjahr bis Sommer; bis zu 130 mg/l Schwebstoff), was auch durch Schwebstoffmessungen (KUNERT, 1995 und SCHREINER, mündl. Mitt.) untermauert wird. Eine Ablagerung von Sediment bei Niederwasser der Donau (Herbst und Winter) – und damit bei geringen Schwebstoffkonzentrationen (<10 mg/l) – ist zurzeit wenn überhaupt, dann in sehr geringen Maße gegeben und findet keinen merklichen Niederschlag im Sediment. Es ist damit vom Sedimentationsgeschehen her eine ähnliche Situation gegeben wie bei den Stauräumen der Donau, wo die Hauptsedimentmassen während kurzdauernder Flutwellen (KRALIK & AUGUSTIN-GYURITS, 1993, 1994) anfallen, wobei allerdings im Marchfeldkanal die Sedimentmenge von der Durchflußregelung und damit vom Kanalmanagment abhängt. Die derzeit abgelagerten Sedimentmassen im Schönungsteich sind geringer als ursprünglich vermutet. Die Annahme von KAUPA (1987) von 5000 t Sediment/Jahr im Schönungsteich bei einem Durchfluß von 6 m^3/s ist maximal bei Vollstau von Freudenau möglich. Derzeit fällt als eine Folge der Optimierung der Betriebsführung beim Einlaßbauwerk immer weniger Sediment an, was sich in der Tendenz zu geringeren Sedimentationsraten widerspiegelt.

Betrachtet man die Korngrößenzusammensetzung, so fällt auf, daß die Sedimente des Schönungsteiches feinkörniger als die Stauraumsedimente der Donaukraftwerke oberhalb

© Österreichische
Geologische Gesellschaft/Austria; download unter www.geol-ges.at/ und www.biologiezentrum.at

von Wien sind. Da flußabwärts die Sedimente der Stauhaltungen der Donau immer feinkörniger werden (KRALIK und SAGER, 1986b) ist anzunehmen, daß die Sedimente im Schönungsteich am ehesten mit den bei Vollstau des Kraftwerkes Freudenau anfallenden Sedimenten vergleichbar sind.

Im restlichen Kanal findet Sedimentation meist nur in randlichen Buchten oder Kanalaufweitungen statt. In der Rinne ist nur zeitweise eine Feinsedimentdecke meist in Konnex zu Makrophyten- und Algenbeständen festzustellen. Eine Gefahr der Verschlammung des Gerinnebettes ist gegenwärtig nicht ersichtlich. Im Gegensatz zum Schönungsteich ist das Erosions- und Sedimentationsgeschehen im restlichen Gerinne ausschließlich in Abhängigkeit der technischen Maßnahmen zu sehen. Wehrklappenstellungen entscheiden über Wasserspiegelhöhen und Strömungsgeschwindigkeiten und damit über kurzfristige Erosion und Sedimentation. Eine Umformung des aus Kies-Sand bestehenden Gerinnebettes im größeren Maße ist – abgesehen von kleinen wandernden Sanddünen (mündl. Mitt. WOSCHITZ) – nicht zu erkennen. Die in einem Fluß wirkende dynamische Wechselwirkung zwischen Strömung und Gerinnebett(-morphologie) ist im Marchfeldkanal (noch) nicht gegeben.

Überraschend hoch ist der Beitrag von neugebildeten – zum großen Teil biogenen – Phasen (biogenes SiO_2 – bis zu 10 M-%, neugebildeter Kalzit – bis zu 3 M-%) zum Sedimentaufkommen des Jahres 1993. Hier ist noch einiges an Forschung nötig um die Bildungsbedingungen und Stoffflüsse im Kanal besser zu charakterisieren und – vor allem – zu quantifizieren.

Zusammenfassend ist der Marchfeldkanal in sedimentologischer Hinsicht am ehesten mit einem Flachlandfluß mit einem Einzugsgebiet, bestehend aus feinkörnigen Sedimenten und ohne prägende Überflutungssedimente, vergleichbar.

Im Vergleich mit anderen Untersuchungen von Donausedimenten zeigt sich, daß die Schadstoffbelastung im Marchfeldkanal größtenteils mit dem Donauwasser importiert wird. Dies gilt für die untersuchten Schwermetalle ebenso wie vermutlich auch für die leichtflüchtigen halogenierten Kohlenwasserstoffe. Anhand der hohen Bleiwerte des Jahres 1993, welche stark mit dem biogenen SiO_2 Konzentrationen korrelieren, ist keine lokale Immission, sondern eine aus der hohen Sorptionsfähigkeit dieser Phase folgende matrixbedingte Anreicherung zu sehen. Die jüngsten Sedimente spiegeln auch bei Blei die geringe Schwermetallbelastung der Donaufeinsedimente wieder.

Die hier vorgestellten Ergebnisse skizzieren die bisherige Entwicklung des – in längeren Zeiträumen gedacht – sehr jungen Marchfeldkanals, lassen jedoch keinen unmittelbaren Schluß auf die zukünftige (sedimentologische) Entwicklung zu, da sich erstens mit Vollstau des Donaukraftwerkes Freudenau die hydrologischen Grundbedingungen – Steigerung des Durchflusses im Marchfeldkanal von 2-8 m^3/s auf bis zu 15 m^3/s – sehr drastisch ändern werden und zweitens die zukünftige Betriebsführung entscheidend sein wird.

Danksagung

Die vorgestellte Untersuchung wurde im Rahmen des „Interdisziplinären Forschungsschwerpunktes Marchfeldkanal" des Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung (FWF) erstellt. Die Autoren bearbeiteten das Teilprojekt „Sedimentqualität" des übergeordneten Projektes „Analyse der Sedimentationsdynamik und der Morphologie im Marchfeldkanal" (FWF S-6408).

Die Autoren danken P. Akrami, K. Augustin, P. Dolezel, H. Hamid, F. J. Maringer, C. Oetereicher, W. Papesch, D. Pholiadis und H. Rotter (ÖFPZ Arsenal GmbH), P. Schreiner, P. Nachtnebel u. a. (Univ. Bodenkultur) für die Durchführung der Analysen bzw. die anregenden fachlichen Diskussionen.

Literatur

BIALAS, Z. & KLECZKOWSKI, A. S., 1970: Über den praktischen Gebrauch von einigen empirischen Formeln zur Bestimmung des Durchlässigkeitskoeffizienten k (mit polnischer, deutscher und englischer Zusammenfassung). – Archiwum Hydrotechniki, 17/3, 405-417, Warschau.

BORS, W., 1990: Prognosemöglichkeiten für den Schwebstoffgehalt der österreichischen Donau. – XV. Konferenz der Donauländer über hydrologische Vorhersagen in Varna 1990. – Mitteilungsblatt des hydrographischen Dienstes in Österreich. Nr. 63, 7-13. Wien: Hydrographisches Zentralbüro.

BRANDL, H., 1992: Geotechnische Untersuchungen. – In: Marchfeldkanal Errichtungsgesellschaft Dt. Wagram (Hrg.): Flutung des Marchfeldkanal-Systems, 97-104, Dt. Wagram.

BRUNNACKER, K., 1983: Isotopendaten im Lößkalk der europäischen Periglazial-Zone. – Mitt. österr. geol. Ges., 76, 205-211.

BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, 1991: Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft über die Erhebung der Wassergüte in Österreich (WGEV). – BGBL.: Nr.338/1991.

DEMASTER, D., 1981: The supply an accumulation of silica in the marine Environment. – Geochim. Cosmochim Acta, 45, 1715-1732, Cambridge.

DEV D21, 1991: Bestimmung von gelöster Kieselsäure im Wasser. – Deutsches Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung 24. Lieferung (1991), Verlag Chemie, Weinheim.

DIN 38 414-S11, 1987: Probenahme von Sedimenten: Sampling of sediments, 7 S., Berlin.

EBNER, F. & GAMS, H., 1989: Schwermetalluntersuchungen in der Donau und den wesentlichen Nebenflüssen für den Zeitraum 1984 bis 1987. – Wasser und Abwasser, 33, 69-140.

ENVIRONMENTAL QUALITY STANDARDS FOR SOIL AND WATER, 1994: Ministry of Housing, Physical Planning, and Environment, Directorale-General for Environmental Protection, 23 S., Leidschendam (NL).

FINK, J. & MAJDAN, H., 1954: Zur Gliederung der pleistozänen Terrassen des Wiener Raumes. – Jb. G.B.A. 1954, XCVII, H. 2, 211-249, Wien.

FOLK, R. L. & WARD, W., 1957: Brazos River bar: A study in the significance of grain size parameters. – J. Sediment. Petrol., 27, 3-26.

FÜCHTBAUER, H., 1959: Zur Nomenklatur der Sedimentgesteine. – Erdöl u. Kohle, 12, 605-613.

GOLTERMANN, H. L., SLY, P. G. & THOMAS, R. L. 1983: Study of the relationship between water quality and sediment transport. – Technical Papers in Hydrology, 26, 231 S., UNESCO (Hrg.), Paris.

GÖKDAG, H. 1974: Sedimentpetrographische und isotopenchemische (O18, C13) Untersuchungen im Dachsteinkalk (Obernor-Rat) der Nördlichen Kalkalpen. – Inaugural-Dissertation Fachbereich Geowissenschaften der Philipps-Universität Marburg/Lahn, 156 S., Marburg.

GRUBINGER, H.,1992: Das Marchfeld – In: Marchfeldkanal Errichtungsgesellschaft Dt. Wagram (Hrg.): Flutung des Marchfeldkanal-Systems. 11-22, Dt. Wagram 1992.

HABERSACK, H., 1993: Strömungsanalyse und Strömungsmustererkennung in naturnahen Gerinnen. – Herbst-Colloquium 25./26.11.1993 Interdisziplinärer Forschungsschwerpunkt Marchfeldkanal, 1-5, Dt. Wagram.

IMMISSIONSKATASTER NIEDERÖSTERREICH, 1994: Teil 2, Amt d. NÖ Landesregierung – Abt. B/10.

KAUPA, H., 1987: Komplexe Planungsaufgaben bei Wasserbauten am Beispiel des Marchfeldkanalas. – Umwelt Burgenland Nr. 11, Naturnahe Gewässerhaltung, 99-127, Amt der Burgenl. Landesregierung, Landesamtsdirektion – Umweltreferat, Eisenstadt.

© Österreichische
Geologische Gesellschaft/Austria; download unter www.geol-ges.at/ und www.biologiezentrum.at

KAUPA, H., 1989: Der Marchfeldkanal – Zielorientierte Planung und Realisierung von Feuchtlebensräumen. – Der Aufbau – Perspektiven spezial (Dez. 1989), 77-80, Wien.

KAUPA, H., 1992: Der Bau des Marchfeldkanals und die Adaptierung des Rußbaches. – ÖWW, 44 (1992), H 7/8, 190-195, Wien.

KAUPA, H. & PESCHL, H., 1988: Das Marchfeldkanalsystem. – ÖWW, 40 (1988), H 3/4, 45-51, Wien.

KRALIK, M., 1996: Umweltmonitoring in den Feinsedimenten der Österreichischen Donau: Schwermetalle und organische Mikroschadstoffe. 10 S., Ber. Donaukraft AG, Wien.

KRALIK, M., 1997: Quick and Simple Sample Collection and Evaluation of Polluted Sediments. – Applied Geochemistry, in Druck.

KRALIK, M. & AUGUSTIN-GYURITS, K., 1993: Feinsedimente aus dem Donaustauraum Aschach als Schad- oder Rohstoff. – In: Deutsch. Verb. Wasserwirt. u. Kulturbau e.V. (DVWK) (Hrsg.): Verlandung von Flußstauhaltungen: Morphologie, Bewirtschaftung, Umweltaspekte und Fallbeispiele. 300 S. (221-254), P. Parey Verl., Hamburg.

KRALIK, M. & AUGUSTIN-GYURITS, K., 1994: Stauraumsedimente als „Geochronometer" von Schad- oder Rohstoffen, Aschach (Österreich): Moderne Sedimentologie, Mineralogie, Geochemie und Verwertbarkeit der Donausedimente. – In: H. LOBITZER et al. (Hrsg.): Jubiläumsschrift 20 Jahre geologische Zusammenarbeit Österreich-Ungarn Teil 2, 437-464 Geol. Bundesanst. Wien.

KRALIK, M., AUGUSTIN-GYURITS, K., DOLEZEL, P., KAPPEL, F., MÜLLER, N. UND SAGER, M., 1990: Schwebstoff- und Schwermetalltransport der Donau am Einlaufbauwerk der „Neuen Donau" Wien/Österreich. – 28. Arbeitstagung d. Intern. Arbeitsgem. Donauforsch., 119-123, Varna/Bulgarien.

KRALIK, M. & SAGER, M., 1986a: Schwermetalle in Donau- und Donaukanalsedimenten in und östlich von Wien. – Österr. Wasserwirtschaft, 38, 8-14, Wien.

KRALIK, M. & SAGER, M., 1986b: Umweltindikator „Schwermetalle": Gesamtgehalte und Mobilität in österreichischen Donausedimenten. – Mitt. Österr. Geol. Ges., 79,77-90, Wien.

KRALIK, M. & SCHRAMM J. M., 1994: Illit-Wachstum: Übergang Diagenese – Metamorphose in Karbonat- und Tongesteinen der Nördlichen Kalkalpen: Mineralogie und Isotopengeologie (Rb-Sr, K-Ar und C-O). Jb. Geol. Bundesanst., 137, 105-137, Wien.

KRISA, H., 1996: Das Phytoplankton des Marchfeldkanalsystems – Räumliche und zeitliche Algenentwicklung in einem neugeschaffenen Fließgewässer. 238 S., unveröffentl. Diss. Univ. Wien.

KUNERT, TH., 1995: Schwebstoffbilanzierungen im Marchfeldkanal (NÖ), unveröffentl. Diplomarbeit, Universität f. Bodenkultur, Wien.

LINZ, E. & MÜLLER, G., 1981: Isotopen-geochemische Untersuchungen an Mollusken-Schalen verschiedener Seen Mitteleuropas. Tschermaks Min. Petr. Mitt., 29, 55-65.

LONG, E. R. & MORGAN, L. G., 1991: The Potential for Biological Effects of Sediment. – Sorbed Contaminants Tested in the National Status and Trends Program. NOAA Technical Memorandum NOS OMA 52, 176 S., Seattle.

MARINGER, F. J., 1994: Das Verhalten von Radionukliden im Wasser, Schwebstoff und Sediment der Donau, unpubl. Diss. TU Wien, 154 S., Wien.

MARINGER, F. J., KRALIK, M. & TSCHURLOVITS, M., 1993: Die Radioaktivität im Wasser, Schwebstoff und Feinsediment der Donau: Hydrolgische und mineralogische Einflußfaktoren. – In: WINTER, M. und WICKE, A. (Hrg.): Umweltradioaktivität- Radioökologie Strahlenwirkungen. 25. Jahrestagung Binz auf Rügen, 28.-30. September 1993. Fachverband f. Strahlenschutz e.V. – Publikationsreihe Fortschritte im Strahlenschutz, Bd. II, 637-642, Verlag TÜV Rheinland.

MATSCHULLAT, J., TOBSCHALL, H. J. & VOIGT, H. J., 1997: Geochemie und Umwelt – Relevante Prozesse in Atmo-, Pedo- und Hydrosphäre. 442 S., Springer, Berlin.

MCCREA, J. M., 1950: The isotopic chemistry of carbonates and paleotemperature scale. – J. Chem. Phys., 18, 849-857.

MÜLLER, G., 1986: Schadstoffe in Sedimenten – Sedimente als Schadstoffe. – Mitt. österr. geol. Ges., 79, 107-126, Wien.

MÜLLER, H. W., SCHWAIGHOFER, B., NACHTNEBEL, H. P. & SUMMER, W., 1989: Vergleich sedimentologischer und geochemischer Untersuchungen im Stauraum Altenwörth und in der Fließstrecke von Greifenstein bis Hainburg. – Österr. Wasserwirtschaft, 41, 186-195, Wien.

NÖ KLÄRSCHLAMM- UND MÜLLKOMPOSTVERORDNUNG, 1994: 6160/1-0 Stammverordnung 80/94 1994-07-28. Blatt 1-4, NÖ Landesregierung Wien.

ÖNORM B 4401: Erkundung durch Schürfe und Bohrungen sowie Entnahme von Proben. – 15 S., Österr. Normungsinstitut 1985, Wien.

ÖNORM L 1075: Anorganische Schadelemente in landwirtschaftlich und gärtnerisch genutzten Böden. – Österr. Normungsinstitut 1993, Wien.

ÖNORM L 1085: Bestimmung der mineralischen Nähr- und Schadstoffelemente im Säureaufschluß. 4 S. – Österr. Normungsinstitut 1989, Wien.

ÖNORM S 5200: Radioaktivität in Baustoffen. – Österr. Normungsinstitut 1996, Wien.

PSENNER, R., PUSCKO, R. & SAGER, M., 1984: Die Fraktionierung organischer und anorganischer Phosphorverbindungen von Sedimenten – Versuch einer Definition ökologisch wichtiger Fraktionen. – Arch. Hydrobiol./Suppl. 70, (1); 111-155, Stuttgart.

RUSEK, W., 1995: Die Sedimente des Einlaufbeckens der Neuen Donau in Langenzersdorf (N.Ö.) – Sedimentologie, Mineralogie und Schadstoffbelastung. – unveröffentl. Diplomarbeit Univ. Wien, 97 S.

SAGER, M., 1988: Comparison of the solubilities of phosphate and associate metals in consecutive leaching techniques. – Arch. Hydrobiol. Beih. 30, 71-81, Stuttgart.

SAGER, M. & PUSCKO, R., 1990: Speciation of Phosphorus in the Altenwörth-Reservoir of the River Danube. – Arch. Hydrobiol. Suppl. 84, H.1, 21-36, Stuttgart.

TUREKIAN, K. K. & WEDEPOHL, K. H., 1961: Distribution of the elements in some major units of the earth's crust. – Bull. Geol. Soc. Am., 72, 175-192.

VDI 2094, 1985: Emissionsminderung Zementwerke. 44 S., VDI Verlag, Düsseldorf.

VISHER, G. S., 1969: Grain size distributions and depositional processes. – J. Sed. Petr., 39/3, 1074-1106, Tulsa.

Manuskript eingegangen am: 10. 05. 1995
Revidierte Fassung eingegangen am: 09. 06. 1997
Manuskript akzeptiert am: 16. 06. 1997

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Austrian Journal of Earth Sciences

Jahr/Year: 1995

Band/Volume: 88

Autor(en)/Author(s): Reitner Jürgen M., Kralik Martin

Artikel/Article: Aktuogeologie eines naturnahen Gerinnes Sedimentologie und Umweltgeologie am Beispiel des Marchfeldkanals (NÖ). 79-96