© Landesmuseum für Burgenland, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Naturraumpotential Neusiedler See
Erfassung des Nährstoffeintrages in den Neusiedler See

EINFLUSS VON HOCHWASSEREREIGNISSEN AUF DIE NÄHRSTOFFBELASTUNG DER WULKA UND DEREN AUSWIRKUNGEN AUF DIE STOFFUMSETZUNGEN IM SCHILFGÜRTEL DES NEUSIEDLER SEES

Projektleiter: Univ. Prof. Dr.-Ing. W. von der EMDE

Mitarbeiter: Univ. Doz. Dipl. Ing. Dr. N. MATSCHÉ

Dipl. Ing. Dr. F. PLAHL-WABNEGG

Anschrift der Verfasser: Institut für Wassergüte und Landschaftswasserbau der Technischen Universität Wien, Karlsplatz 13, 1040

© Landesmuseum für Burgenland, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

© Landesmuseum für Burgenland, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

1. Problemstellung

Unter den diffusen Nährstoffeinträgen in den Neusiedler See stellt der Oberflächenzufluß mit den Anteilen aus Auswaschungen und Erosion bzw. mit den Abgängen aus der Viehhaltung einen wesentlichen Anteil dar. Bei Messungen von NEUHUBER, 1978 an diskontinuierlichen Stichproben aus verschiedenen Zuläufen zum Neusiedler See wurden zwischen 55,4 bis 278 kg P/d ermittelt. Bei Hochrechnung auf ein Jahr ergeben sich 20 bis 100 t P/a. Von dieser Fracht entfallen ca. 60 % auf den Hauptzufluß des Sees, die Wulka.

Bei Messungen der TU-Wien an der Wulka im Jahre 1976 wurden ca. 64 kg P/d bzw. 24 t P/a ermittelt. Schon bei diesen Untersuchungen wurde darauf hingewiesen, daß ein wesentlicher Teil des im Oberflächen-Zulauf befindlichen Phosphors in ungelöster Form vorliegt und Hochwasserabflüsse hinsichtlich des Transportes von partikulärem Phosphor einen wichtigen Faktor darstellen. Nähere Einzelheiten über den jahreszeitlichen Verlauf des Phosphorgehaltes in der Wulka bzw. über kurzzeitige Schwankungen während Hochwasserabflüssen waren zu Beginn der Untersuchungen jedoch nicht bekannt.

Für die Entfernung der in oberirdischen Zuflüssen vorhandenen partikulären Phosphorverbindungen kommen unter Umständen technische Verfahren in Frage. Einen wesentlichen Faktor für die Beurteilung von solchen Maßnahmen stellen Kenntnisse über den zeitlichen Verlauf des Phosphor-Gehaltes im Fließgewässer dar, wobei sowohl der jahreszeitliche Verlauf (über ein Jahr) — unterschiedliche Erosion bei unterschiedlicher Pflanzenbedeckung — als auch kurzzeitige Schwankungen beim Verlauf von Hochwasserwellen berücksichtigt werden sollten.

Vor ihrer Mündung in den offenen See fließt die Wulka seit einer Verwerfung des ursprünglichen Bettes im Jahre 1965 sehr breitflächig durch den Schilfgürtel. Es war naheliegend, daß es in diesem Bereich zu Veränderungen der Qualität des durchtretenden Wassers kommen werde. Daher befaßt sich ein weiterer Teil dieser Arbeit mit den, vor allem den Nährstoffeintrag in den See betreffenden Veränderungen der Wulka im Schilfgürtel.

2. Beitrag der Hochwasserabflüsse zur Belastung der Wulka

2.1. Einzugsgebiet und Hydrographie der Wulka

Die Wulka entspringt bei Forchtenstein im Rosaliengebierge und mündet nördlich von Oggau in den Neusiedler See. Auf ihrem 38 km langen Weg sammelt sie das Oberflächenwasser des 406 km² großen Gebietes, das, grob abgegrenzt, zwischen dem Leithagebirge, dem Rosaliengebirge, der Staatsgrenze zu Ungarn und dem Ruster Hügelland liegt.

Von ihrem Ursprung im Rosaliengebierge bis zur Einmündung des Marzerbaches überwindet die Wulka auf 10 km Fließstrecke rd. 500 Höhenmeter, auf ihrem weiteren Weg sinkt das Gefälle auf 3,6 ‰. Die wichtigsten Zubringer sind der Marzerbach, der Hirmerbach, der Nodbach und der Eisbach. Nördlich von Oggau mündet die Wulka in den Schilfgürtel des Neusiedler Sees. Infolge eines Hochwassers im Jahre 1965 wurde ihr künstliches Gerinne, das früher durch den Schilfgürtel führte, verlegt, sodaß sie heute breitflächig durch das Schilf strömt.

© Landesmuseum für Burgenland, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Für den Pegel Schützen gibt das Hydrographische Jahrbuch 1980 folgende Daten:

Einzugsgebiet	384km²	
Beobachtungsreihe	1961 — 1980	
NQ	0,09	m³/s
MNQ	0,32	m³/s
NMQ	0,54	m³/s
MQ	1,26	m³/s
HMQ	4,01	m³/s
MHQ	20,4	m³/s
HQ	60	m³/s

Eine ausführliche Beschreibung des Einzugsgebietes findet sich in dem Beitrag von STALZER u. M. (1985) in diesem Berichtsband.

2.2. Hochwasserereignisse an der Wulka

Die Abflußverhältnisse der Wulka sind durch das relativ kleine Einzugsgebiet und kurze Fließzeiten charakterisiert. Bei starken Niederschlagsereignissen kommt es rasch zu einem entsprechenden Anstieg der Wasserführung. Die Hochwasserwelle dauert meist nur wenige Stunden an und der Spitzenabfluß tritt nur kurzfristig auf.

Im Hydrographischen Jahrbuch werden seit 1948 Aufzeichnungen über die Wulka veröffentlicht. Für den Zeitraum 1948 — 1961 beziehen sich diese Aufzeichnungen auf einen Lattenpegel im Gemeindegebiet von Oggau; seit 1962 ist ein Schreibpegel bei Schützen in Betrieb. Die Aufzeichnungen des Hydrographischen Jahrbuches wurden statistisch und graphisch ausgewertet und die Hochwasserwahrscheinlichkeit nach Gumbel errechnet.

Tab. 1: Hochwasserwahrscheinlichkeit nach Gumbel (Auswertung nach Angaben des Hydrographischen Jahrbuches)

	Pegel Oggau 1948 — 1961 m³/s	Pegel Schützen 1962 — 1978 m³/s
HQ_2	11,7	19,10
HQ_5	18,4	35,10
HQ_{10}	22,9	46,0
HQ_{20}	27,2	56,4
HQ_{50}	32,8	69,0
HQ_{100}	36,9	79,0

Im Sommer 1982 wurde gleichzeitig mit der Inbetriebnahme der automatischen Wassergütemeßstation (STALZER, 1983/3) im Rahmen einer Diplomarbeit (HAIDER, 1983) eine Überprüfung der Abflußmenge bei einigen Hochwässern an der Wulka vorgenommen. Diese Messungen zeigten, daß im oberen Bereich der Pegelkurve für den Pegel Schützen signifikante Überbewertungen vorlagen.

Daher wurden die Hochwasserereignisse linear entsprechend den Abflußmengen 1965 und 1982 nachkorrigiert und für die weiteren Auswertungen der Hochwasserereignisse der neue Pegelschlüssel verwendet.

© Landesmuseum für Burgenland, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Die Hochwasserereignisse der Jahre 1973 bis 1982 wurden an Hand der Aufzeichnungen des Schreibpegels Schützen/Wulka bezüglich des Hochwasserscheitelabflusses Q_S und des Hochwasserabflusses dQ_S, der Differenz zwischen Hochwasserscheitel- und Basisabfluß, ausgewertet. Daraus wurde das während eines durchschnittlichen Jahres in der Wulka stattfindende Hochwassergeschehen errechnet (Tab. 2 und 3). Nur Hochwasserereignisse mit einem Hochwasserabfluß dQ_S über 0,6 m^3/s wurden in die Auswertung einbezogen, da kleinere Ereignisse nicht für einen erhöhten Sediment- und Nährstofftransport von Bedeutung sind.

An Hand von Tab. 2 und 3 ist ersichtlich, daß im Mittel über die 9-jährige Auswertungsperiode 17,6 Hochwasserereignisse pro Jahr mit einem durchschnittlichen Hochwasserabfluß von 2,8 m^3/s auftraten. Von den ausgewerteten Ereignissen lagen 50 % zwischen 0,6 und 1,5 m^3/s, 40 % zwischen 1,5 und 5,0 m^3/s, 6 % zwischen 5 und 10 m^3/s und 4 % über 10 m^3/s. Ein Vergleich der Ereignisse der Jahre 1978 und 1980 zeigt die große Streuung dieser Durchschnittswerte.

Am maßgeblichsten für das Hochwassergeschehen waren die Monate Juli und August, in diesen traten im Durchschnitt jeweils 2 bis 3 Ereignisse mit dem mittleren Hochwasserabfluß dQ_S 4,0 m^3/s auf.

Tab. 2: Anzahl der Hochwasserereignisse 1973 — 1982 nach Auftrittsjahr (1982 = 1. 1. bis 7. 9. 1982) (nach HAIDER, 1983)

	Anzahl der Hochwasserereignisse bei dQ_S (m^3/s)					
	0,60 — 1,50	1,50 — 5,00	5,00 — 10,0	» 10,0	mittl. dQ_S	Summe
	n	n	n	n	m^3/s	n
1973	11	6			1,74	17
1974	11	4			1,23	15
1975/76	8	4		3	5,63	15
1977	7	8			2,27	15
1978		2			3,27	2
1979	10	9	5	1	3,33	25
1980	12	14	2		2,07	28
1981	12	9	2		2,19	24
1982	8	7	1	2	4,28	18
Gruppensumme	79	63	10	6		158

© Landesmuseum für Burgenland, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Tab. 3: Anzahl der Hochwasserereignisse 1973 — 1982 nach Auftrittsmonat (1982 = 1. 1. bis 7. 9. 1982) (nach HAIDER, 1983)

	Anzahl der Hochwasserereignisse bei dQ_S (m^3/s)					
	0,60 — 1,50	1,50 — 5,00	5,00 — 10,0	> 10,0	Summe	Monats-mittel
	n	n	n	n	n	m^3/s
Jänner	1	4			5	2,36
Feber		4			4	3,27
März	8	1			9	0,97
April	4	5		1	10	3,09
Mai	14	6	1		21	1.47
Juni	9	16	3		28	3,00
Juli	16	5	2	2	25	4,03
August	7	3	1	2	19	4,13
September	5	6	1		12	2,38
Oktober	5	4	1		10	2,03
November	8	3	1		12	1,50
Dezember	2			1	3	4,49
Gruppensumme	79	63	10	6	158	2,78
Anzahl/Jahr	8,8	7,0	1,1	0,7	17,6	
Gruppenmittel	0,93 m^3/s	2,92 m^3/s	7,02 m^3/s	19,0 m^3/s	2,8 m^3/s	

2.3. Belastung der Wulka bei einzelnen Hochwasserereignissen im Sommer 1982

Mit Hilfe der neuen Wassergütemeßstation in Schützen, die bei Niederschlagsereignissen von mengenproportionalen Tagesmischproben auf zeitproportionale Stundenmischproben umgeschaltet werden konnte, ergab sich die Möglichkeit einzelne Hochwasserabläufe in der Wulka im Detail zu erfassen.

Beim ersten auf diese Weise untersuchten Ereignis handelt es sich um ein Hochwasser am 23./24. Juni 1982 mit einem Scheitelabfluß von 5,4 m^3/s, ein Hochwasser also, das nach der Statistik einige Male pro Jahr auftreten kann. Der Konzentrationsverlauf während des Hochwassers ist in Abb. 1 dargestellt.

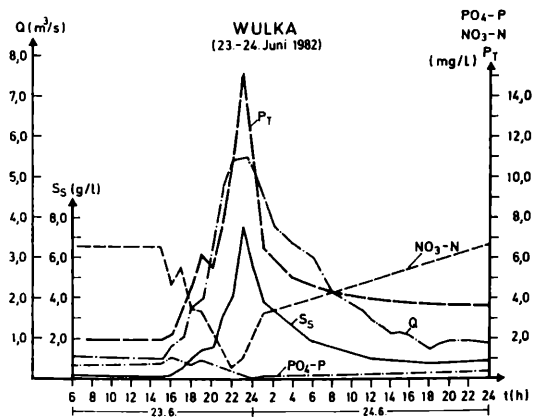


Abb. 1: Abfluß und Konzentration an Wasserinhaltsstoffen während des Hochwassers vom 23./24. Juni 1982

© Landesmuseum für Burgenland, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Man erkennt deutlich, daß die Konzentration der gelösten Komponenten NO_3-N und PO_4-P mit der Zunahme der Abflußmenge zurückgeht und beim Abflußmaximum den geringsten Wert erreicht, um mit der Verringerung der Abflußmenge wieder anzusteigen. Es liegt also ein Verdünnungseffekt vor; das Niederschlagswasser bzw. der Oberflächenabfluß enthalten nur geringe Mengen dieser gelösten Nährstoffe und führen daher zu einer Verminderung der Konzentration in der Wulka. Trotz dieser Verminderung der Konzentration kommt es jedoch bei diesen gelösten Komponenten zu einer Erhöhung der beförderten Fracht im Verlauf des Hochwasserereignisses. So beträgt die Fracht unmittelbar vor Beginn des Hochwassers bei einer Wasserführung von 0,50 m^3/s z. B. 11,8 kg/h NO_3—N bzw. 1,4 kg/h PO_4-P. Beim Scheitelabfluß von 5,5 m^3/s erhöhten sich diese Frachten trotz der aufgetretenen Konzentrationsminderung auf 20,6 kg/h NO_3-N bzw. 4,2 kg/h PO_4-P. Die stündlichen NO_3-N-Frachten steigen mit weiterem Verlauf des Ereignisses, trotz Rückgang der Wasserführung noch weiter an, während die entsprechenden PO_4-P-Frachten rückläufig sind. Eine Erklärung für diese Beobachtungen dürfte beim NO_3-N im zeitlich verzögerten Abfluß von nitrathältigem Bodenwasser liegen. Hinsichtlich des PO_4-P dürfte die Erhöhung der Frachten auf das Anspringen von Regenüberläufen bzw. auf die gelösten Anteile im aufgewirbelten Bodenschlamm zurückzuführen sein.

Wesentlich anders ist das Verhalten der feststoffgebundenen Komponenten. Der Gehalt an Schwebestoffen, Gesamt-Phosphor sowie an COD (in der Abbildung nicht dargestellt) steigt proportional mit der Zunahme des Abflusses an. Dies ist sowohl in der Aufwirbelung von Ablagerungen im Flußbett und in den Stauhaltungen als auch in der, durch den erhöhten Oberflächenabfluß bedingten Erosionszunahme begründet. So steigen die pro Stunde in der Wulka beförderten Frachten z. B. von 225 kg/h SS zu Beginn auf ca. 150.000 kg/h SS beim Scheitelabfluß; beim Ges.-P. steigen diese Frachten von 3,4 kg/h Ges. P. auf ca. 300 kg/h Ges. P. an. Die quantitative Auswertung dieses Abflußereignisses konnte bereits den signifikanten Einfluß auf die in der Wulka beförderten Feststoff- bzw. Nährstofffrachten aufzeigen.

Ein kleineres Hochwasserereignis mit einem Scheitelabfluß von 1,6 m^3/s trat am 22./23. Juli 1982 auf. Der Verlauf der Konzentrationen und des Abflusses ist in Abb. 2 dargestellt.

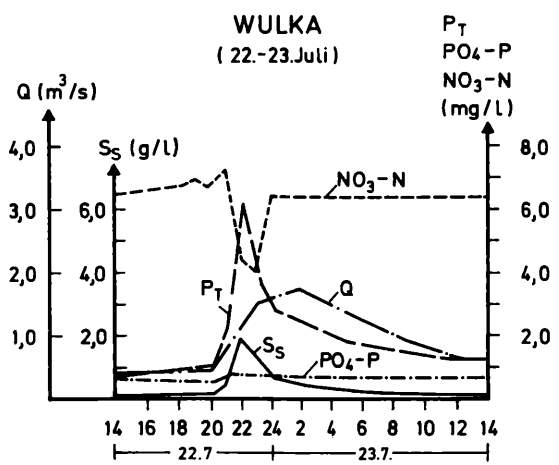


Abb. 2: Abfluß und Konzentration an Wasserinhaltsstoffen während des Hochwassers vom 22./23. Juli 1982

© Landesmuseum für Burgenland, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Im Gegensatz zum vorher beschriebenen Hochwasser fällt der Scheitelabfluß nicht mit dem Konzentrationsminimum für die gelösten und dem Konzentrationsmaximum für die ungelösten Komponenten zusammen. Eine Erklärung dafür dürfte im Ablauf des relativ kurzen, besonders im Einzugsgebiet des Eisbaches intensiven Gewitterregens zu suchen sein. Die auftretenden Konzentrationsschwankungen sind hauptsächlich auf den Einfluß des Eisbaches zurückzuführen und sind daher vor dem (relativ niederen) Abflußmaximum der Wulka an der Meßstelle nachweisbar, da das Einzugsgebiet des Eisbaches wesentlich näher bei Schützen liegt als das Haupteinzugsgebiet der Wulka.

Sehr aufschlußreiche Ergebnisse lieferte ein extremes Hochwasser der Wulka am 5./6. August 1982 bei dem ein Scheitelabfluß von nahezu 25 m^3/s gemessen wurde. Den zeitlichen Verlauf von Konzentrationen und Abfluß zeigt Abb. 3.

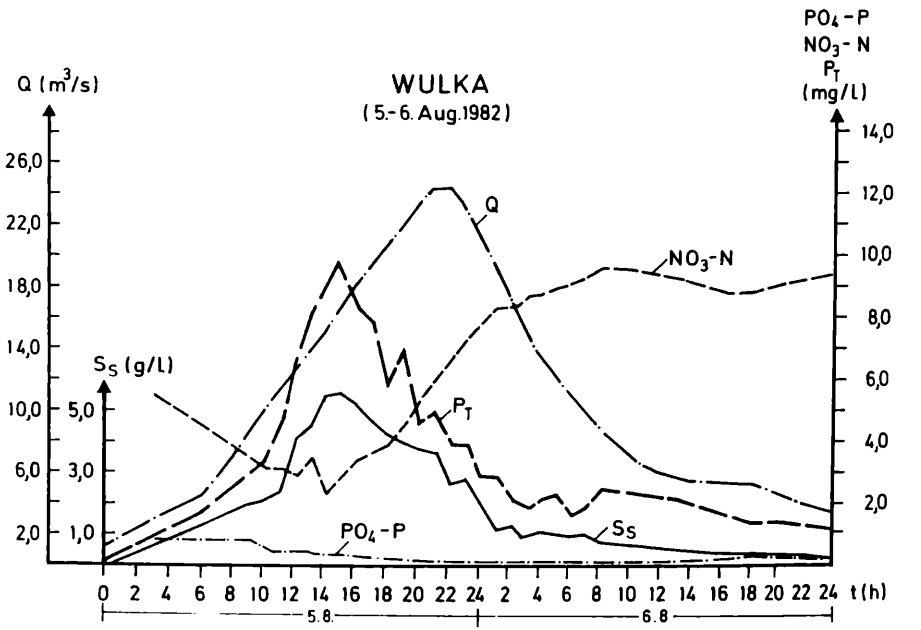


Abb. 3: Abfluß und Konzentrationen an Wasserinhaltsstoffen während des Hochwassers vom 5./6. 8. 1982

Im wesentlichen treten auch bei diesem Hochwasser die schon vorher beobachteten Veränderungen — Verminderung der Konzentrationen der gelösten Komponenten, Zunahme der ungelösten Komponenten — beim Anstieg der Abflußmenge auf.

Die Zunahme der Schwebstoffkonzentration erfolgt jedoch nur bis zu einer Abflußmenge von ca. 15 m^3/s, dann kommt es trotz weiterer Steigerung des Abflusses zu einer Verminderung der Konzentration.

Bei einer Abflußmenge von ca. 15 m^3/s dürften demnach alle im Gerinne der Wulka vorhandenen Ablagerungen bereits in Schwebe gehalten sein, sodaß eine weitere Zunahme des Abflusses nur mehr eine Verringerung der Konzentration bewirkt.

Eine Betrachtung des Verlaufes der entsprechenden Frachten während dieses Hochwassers zeigt einen steilen Anstieg bis zum Konzentrationsmaximum, hierauf bleibt die Fracht bis zum Erreichen des Scheitelabflusses in der gleichen Höhe (Abb. 4). Wegen der bei diesem Ereignis aufgetretenen extremen Frachten mußte eine logarithmische Darstellung gewählt werden.

© Landesmuseum für Burgenland, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

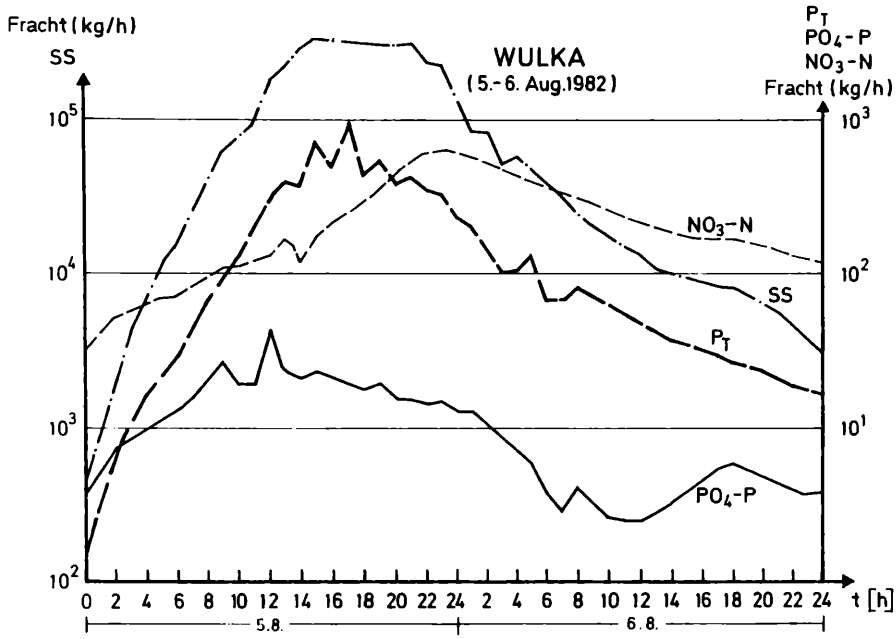


Abb. 4: Schwebstoff- und Nährstofffrachten in der Wulka während des Hochwassers 5./6. 8. 1982

Die hohe Niederschlagsmenge bedingte nicht nur einen hohen Oberflächenabfluß mit starken Erosionserscheinungen (zum Teil wurden sogar Straßen durch Verschlammungen unpassierbar) und hohen Feststofffrachten in der Wulka, sondern auch eine intensive Durchfeuchtung des Bodens. Der zeitlich verzögerte Ablauf dieses mit Nitrat aus dem Boden angereicherten Wassers führte dann auch zu einem deutlichen Anstieg der Nitratwerte in der Wulka nach dem Abklingen der Hochwasserwelle und zu einer bedeutenden Erhöhung der Nitratfracht.

Der Verlauf der organischen Belastung, gemessen als COD, wurde nicht in die graphische Darstellung aufgenommen, da die Ganglinie beim Verlauf der Hochwasserwelle proportional der Ganglinie für die Schwebstoffe verläuft.

Das Hochwasserereignis vom 17. 8. 1982 ist in Abb. 5 dargestellt.

© Landesmuseum für Burgenland, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

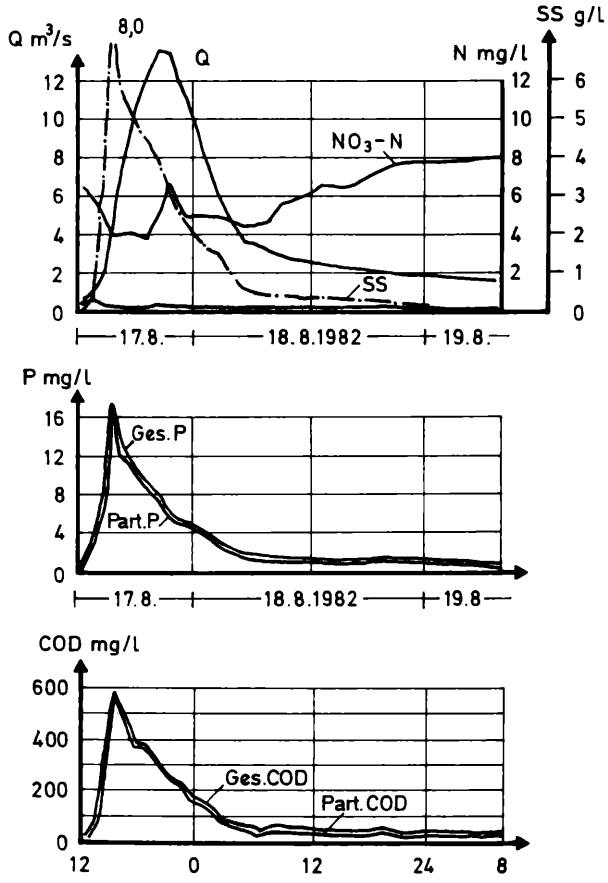


Abb. 5: Abfluß und Konzentrationen an Wasserinhaltsstoffen während des Hochwassers vom 17./18. 8. 1982

Zufolge der sehr raschen Zunahme der Abflußmenge am Beginn des Ereignisses kommt es wieder zu einem sehr raschen Anstieg des Schwebstoffgehaltes und damit im Zusammenhang auch zu einer entsprechenden Erhöhung der partikulär gebundenen Belastung an Phosphor und organischer Substanz (gemessen als COD). Wie beim Hochwasser vom 5. 8. 1982 wird das Maximum der Schwebstoffkonzentration wieder einige Stunden vor dem Scheitelabfluß erreicht, wobei die Maximalkonzentration vermutlich zufolge des besonders raschen Anstieges der Hochwasserwelle bei diesem Ereignis Werte von nahezu 8 g/l erreicht. Die mit dem Abflauen der Hochwasserwelle über den Basiswert zu Beginn des Ereignisses ansteigenden Nitratwerte konnten ebenfalls wieder beobachtet werden.

Eine Zusammenstellung der im August 1982 untersuchten Hochwässer zeigt Abbildung 6, in der die bereits bei den einzelnen Hochwässern beschriebenen Effekte

— Verringerung der Konzentration der gelösten Stoffe zufolge der Verdünnung,
— Zunahme der Konzentration der partikulär gebundenen Stoffe zufolge der Zunahme der Schwebstoffkonzentration

deutlich ersichtlich werden.

© Landesmuseum für Burgenland, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

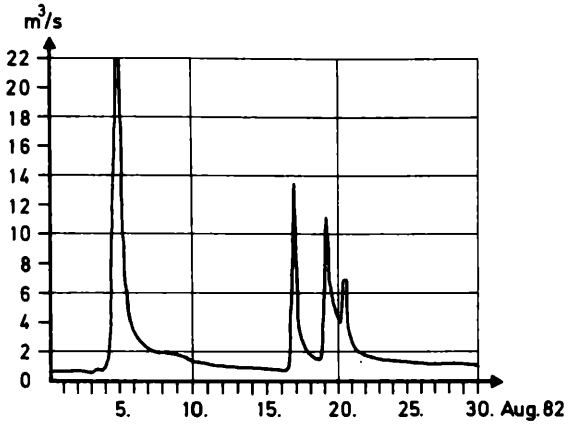


Abb. 6 a: Abfluß der Wulka im August 1982

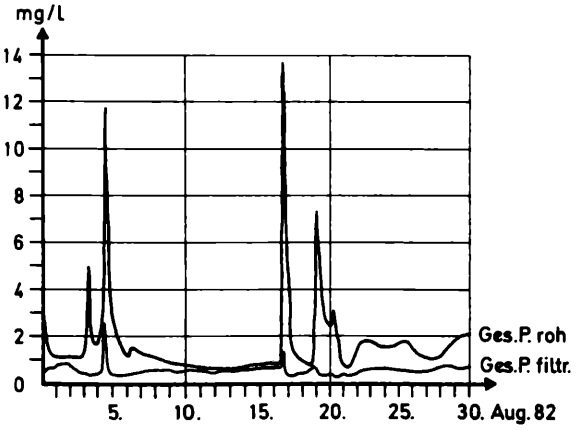


Abb. 6 b: Phosphorfracht in der Wulka im August 1982

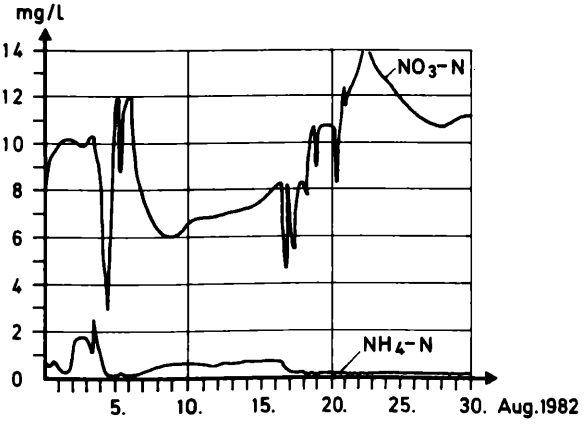


Abb. 6 c: Stickstofffracht in der Wulka im August 1982

© Landesmuseum für Burgenland, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Einen Zusammenhang zwischen den hochwasserbedingten Frachtanteilen für die Schwebstoffe, den Phosphorgehalt und den Gehalt an organischen Stoffen (gemessen als COD) mit dem Hochwasserabfluß zeigt Abb. 7. Mit Korrelationskoeffizienten zwischen 0,98 und 0,99 zeigt sich eine gute lineare Abhängigkeit zwischen den beobachteten Frachten und dem Hochwasserabfluß (STALZER, 1983/1).

2.4. Belastung der Wulka durch Hochwasserabflüsse im Jahresverlauf

Noch vor der Errichtung der automatischen Probenahmestation in Schützen wurden im Auftrage des Bundesministeriums für Gesundheit und Umweltschutz durch das Institut für Wassergüte und Landschaftswasserbau Untersuchungen über den Nährstoffeintrag der Wulka in den Neusiedler See durchgeführt (v. d. EMDE u. M., 1984). Diese Untersuchungen erstreckten sich über einen Zeitraum von August 1981 — August 1982.

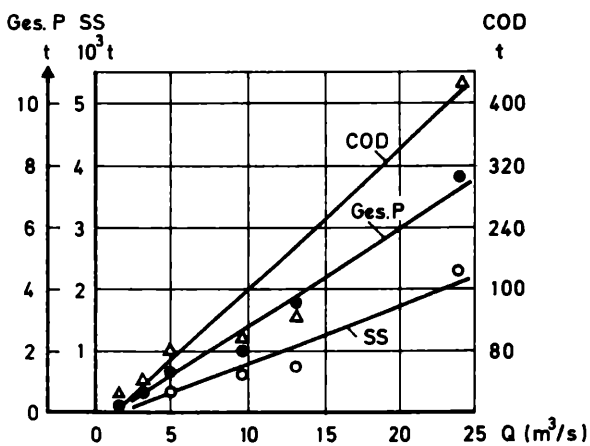


Abb. 7: Zusammenhang zwischen dem Hochwasserabfluß und den Frachtanteilen für die Schwebestoffe, den Phosphorgehalt und dem Gehalt an organischen Stoffen

Ausgehend von drei einzelnen, hinsichtlich des Scheitelabflusses jedoch stark unterschiedlichen Hochwässern wurde versucht, alle während des Untersuchungszeitraumes aufgetretenen Hochwässer mit einem Scheitelabfluß über 1,5 m^3/s zu erfassen. Ausgehend von den Frachten der drei Vergleichshochwässer sollte die hochwasserrelevante Fracht für das gesamte Jahr ermittelt werden.

© Landesmuseum für Burgenland, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Tab. 4: Abschätzung der Hochwasserfrachten

Datum		Scheitelabfluß m^3/s	t COD	t Ges.P	t SS
23. 6. 1982	gemessen	4,5	80	1,730	728
23. 7. 1982	gemessen	2,0	21	0,172	230
5. 8. 1982	gemessen	24,5	410	7,920	4.400
9. 8. 1981	berechnet	2,6	31,6	0,557	333
17. 8. 1981	berechnet	5,3	78,3	1,460	827
28. 8. 1981	berechnet	2,8	35,1	0,617	366
14. 9. 1981	berechnet	4,1	67,9	1,057	607
17. 9. 1981	berechnet	2,7	44,6	0,577	344
25. 9. 1981	berechnet	3,3	54,6	0,796	464
29. 9. 1981	berechnet	5,8	96,3	1,618	914
23. 10. 1981	berechnet	5,3	87,9	1,460	827
27. 10. 1981	berechnet	1,6	26,3	0,198	137
2. 1. 1982	berechnet	5,4	80,0	1,500	850
31. 1. 1982	berechnet	2,8	35,1	0,604	359
19. 3. 1982	berechnet	2,8	35,1	0,610	370
11. 5. 1982	berechnet	4,0	55,8	1,009	581
22. 5. 1982	berechnet	2,2	24,7	0,428	263
24. 5. 1982	berechnet	2,2	24,7	0,428	263
29. 5. 1982	berechnet	1,5	12,6	0,182	128
27. 6. 1982	berechnet	4,8	69,6	1,304	742
28. 6. 1982	berechnet	2,2	24,7	0,428	263
Summe			1.396	24,655	14.099

Aus Tab. 4 wird ersichtlich, daß ein einziges Ereignis am 5. 8. bereits über 30 % der hochwasserrelevanten Frachten verursacht.

Von HAIDER, 1983 wurden Berechnungen über die durchschnittliche Belastung der Wulka durch Hochwasserabflüsse durchgeführt. Auf Grund der Erhebungen bei Einzelereignissen während des Sommers 1982 wurden für das durchschnittliche Hochwassergeschehen der letzten 10 Jahre die Jahreshochwasserfrachten ermittelt (Tab. 5). Die mittlere jährliche Hochwasserschwebstofffracht beträgt demnach rd. 5.600 t, die mittlere jährliche Hochwasserphosphorfracht rd. 11 t und die mittlere jährliche Hochwasserfracht an chemisch oxidierbarer Substanz rd. 500 t.

© Landesmuseum für Burgenland, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Tab. 5: Hochwasserfrachten im Durchschnittsjahr (nach HAIDER, 1938)

dQ_S	Ereignisse/ Jahr	Gruppenmittel	SS-Fracht/ Gruppenmittel	SS-Fracht/Jahr	ges.-P-Fracht/ Gruppenmittel	ges.-P-Fracht/ Jahr	COD-Fracht/ Gruppenmittel	COD-Fracht/ Jahr
m^3/s	n/a	m^3/s	t	t/a	t	t/a	t	t/a
0,6 — 1,5	8,8	0,93	0	0	0,194	0,171	0	0
1,5 — 5,0	7,0	2,92	305	2.136	0,642	4,495	25,6	179,3
5,0 — 10,0	1,1	7,02	1.060	1.167	1,925	2,118	93,7	103,1
>10,0	0,7	19,0	3.268	2.287	5,674	3,972	292,7	204,9
				5.590		10,756		487,3

© Landesmuseum für Burgenland, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Allerdings weisen die jährlichen Hochwasserfrachten erhebliche Schwankungen auf, wie ein Vergleich der für das Trockenjahr 1978 errechneten Frachten mit den Frachten für 1979 und 1982 zeigt (Tab. 6).

Tab. 6: Jahreshochwasserfrachten und Hochwasserfrachten im Beobachtunszeitraum (nach HAIDER, 1983)

	SS-Fracht	ges. P—Fr.	COD-Fr.
	t	t	t
1978	737	1,5	63
1979	9.854	19,5	870
1. 1. — 7. 9. 1982	10.539	19,5	927
1. 7. — 7. 9. 1982 berechnet	8.867	15,8	789
1. 7. — 7. 9. 1982 beobachtet	8.469	15,5	746

Die Gesamtfracht der von der Wulka in den Schilfgürtel transportierten Stoffe wird also durch die Hochwässer vor allem hinsichtlich der ungelösten Anteile wesentlich beeinflußt. Für den Untersuchungszeitraum 8/81 — 8/82 ergaben sich demnach die folgenden Abschätzungen (Tab. 7).

Tab. 7: Gesamtfracht der Wulka Untersuchungszeitraum 8/81 — 8/82

	Hochwasser		Niederwasser		Gesamt
	t/a	%	t/a	%	t/a
Schwebstoffe	14.100	84	2.715	16	16.815
COD	1.396	70	610	30	2.006
Ges.—P	24,7	57	18,4	43	43,1

Nach den Ermittlungen von HAIDER, 1983 ergeben sich für das Durchschnittsjahr folgende Werte:

	Hochwasser		Niederwasser		Gesamt	Normaljahr (nach Stalzer u. M., 1984)
	t/a	%	t/a	%	t/a	t/a
Schwebstoffe	5590	71	2326	29	7916	12000
COD	487	41	693	59	1180	2000
Ges.-P	11	26	39	74	42	50

Wie die Ergebnisse zeigen, ist die Ermittlung der Gesamtbelastung mit erheblichen Unsicherheiten behaftet. Man erkennt jedoch den signifikanten Anteil der Hochwasserfrachten für die ungelösten Komponenten, wobei sich besonders hinsichtlich des Phosphors bei Umsetzungen im Schilfgürtel Auswirkungen auf den Neusiedler See erwarten ließen.

© Landesmuseum für Burgenland, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

3. Stoffumsetzungen im Schilfgürtel im Bereich der Wulkamündung

3.1. Mikrobiell verursachte Stoffumsetzungen bei unterschiedlichen Oxidationszuständen

Bedingt durch die spezifische Situation des Neusiedlersees gelangen die feststoffgebundenen Frachten nicht unmittelbar in den See, sondern werden beim Durchtritt der Zuflüsse durch den, besonders im westlichen Uferbereich mehrere Kilometer breiten Schilfgürtel in diesem Schilfgürtel abgelagert. Durch diese Sedimentationsvorgänge kommt es kurzfristig zu einer weitgehenden Entfernung der partikulär vorhandenen Belastung; daß diese sedimentierten Schwebstoffe jedoch ein langfristiges Nährstoffpotential besonders hinsichtlich des Phosphors darstellen, war ein wesentliches Ergebnis der vorliegenden Untersuchungen. Wegen des organischen Gehaltes in den sedimentierten Schlammschichten, der z. T. im Schilfgürtel durch den dort auftretenden Pflanzenwuchs noch erhöht wird, kommt es sehr rasch zu mikrobiellen Abbauvorgängen in diesen Sedimenten.

Der zu Beginn im abgesetzten Sediment noch vorhandene gelöste Sauerstoff wird sehr rasch verbraucht — zum Teil für den aeroben Abbau von organischer Substanz, zum anderen Teil für die Umwandlung von im Wulkawasser noch vorhandenem Ammon-Stickstoff in Nitrat (Nitrifikation). Ist der gelöste Sauerstoff verbraucht, wird nahezu unmittelbar auf den im Nitratmolekül gebundenen Sauerstoff zurückgegriffen und das Nitrat zu elementarem Stickstoff reduziert. Diese unter „anoxischen" Bedingungen stattfindende Reaktion wird als Denitrifikation bezeichnet.

Nach dem vollständigen Abbau des Nitrats kommt es zu einer deutlichen Absenkung des Redox-Potentials und zur Ausbildung von anaeroben Bedingungen. Unter diesen Bedingungen entwickeln sich Bakterien, die Sulfat zu Sulfid bzw. zu Schwefelwasserstoff reduzieren (Desulfurikation) sowie Säure- und Methanbakterien, die die organische Substanz in Säuren und weiter in Methan umwandeln (Methangärung). Ebenso wird 3-wertiges Eisen zu 2-wertigem Eisen reduziert, das mit dem gebildeten Sulfid zu unlöslichem schwarzen Eisensulfid reagiert. Der zuvor an das Eisen gebundene Phosphor wird dadurch in lösliche Form übergeführt.

Diese Prozeßkette bedingt demnach eine Umwandlung von partikulärem Phosphor in löslichen Phosphor, der nun aus dem Schilfgürtel in den See eingetragen werden kann und dort für eine Phytoplanktonentwicklung verfügbar ist.

Eine zusammenfassende Darstellung dieser Stoffumsetzungen in schematischer Form zeigt Abb. 8.

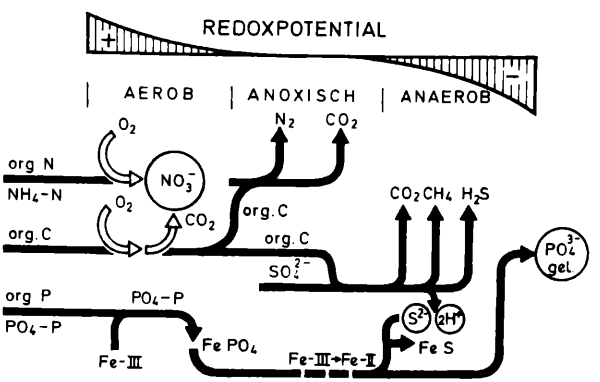


Abb. 8: Stoffumsetzungen bei unterschiedlichen Oxidationsbedingungen

© Landesmuseum für Burgenland, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

3.2. Nährstoffkonzentrationen im Bereich der Wulkamündung

Die im vorherigen Abschnitt beschriebenen Umsetzungen und Rücklösungsvorgänge sind vor allem dann bedeutend, wenn auf Grund der gegebenen Verhältnisse eine ständige Fließbewegung und damit eine Auswaschung in den See eintritt. Eine solche Situation ist bei der Mündung der Wulka gegeben.

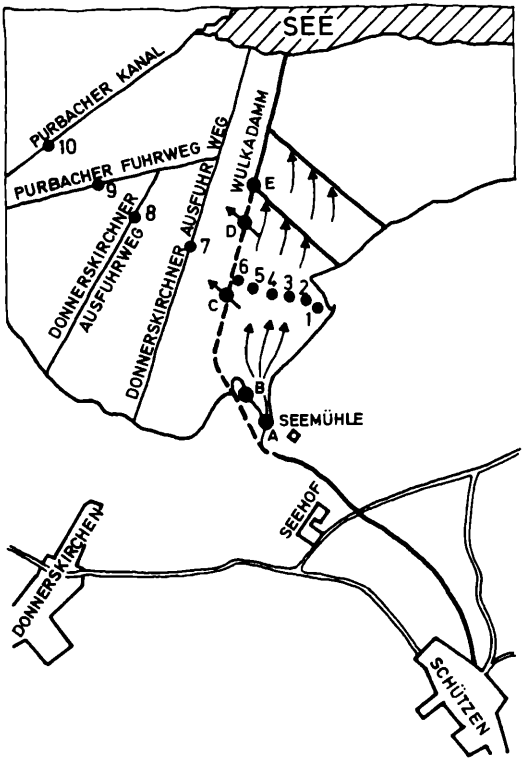


Abb. 9: Situation Wulkamündung

Abbildung 9 zeigt die Lage der Mündung der Wulka in den Neusiedlersee. Im Bereich des Schilfgürtels wurde die Wulka zwischen 1920 und 1930 bis zum See durchreguliert. Ein Hochwasser führte im Jahre 1965 zu einer Bettverlegung und Verwerfung in einen rechts abzweigenden und entlang der landseitigen Schilfgrenze verlaufenden Seitenarm. Dieser Seitenarm verästelte sich zwischen Seemühle, Steinriegel und altem Wulkalauf. Mitte der 70er Jahre fand eine neuerliche Verwerfung statt, wobei die Wulka breitflächig in Richtung ehemaliger Wulkalauf gedrängt wurde. Gegenwärtig drückt die Wulka zunächst flächig zwischen dem alten Wulkalauf und dem 1965 gebildeten Seitenarm in Richtung See. Die zwischen Steinriegel und Wulkaknick (alte Einmündung des Donnerskirchner Ortsbaches) gelegenen Flächen wurden 1937 noch landwirtschaftlich genutzt, durch die Verwerfungen und Anlandungen traten jedoch in der Folge Vernässungen ein, die eine weitere Nutzung verhinderten. Bis zum Wulkaknick hat sich daher ein breiterer Auwaldstreifen ausgebildet (STALZER, 1981).

© Landesmuseum für Burgenland, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Im Zuge der im Rahmen der „Arbeitsgemeinschaft Gesamtkonzept Neusiedler See" initiierten Grünschilfversuchsschnitte konnte 1981 das Wulkadelta mit einer Schilfschneidemaschine gequert werden.

Beginnend beim alten Purbacher Kanal (Punkt 10) wurde inmitten des Schilfgürtels bis zum Steinriegel (Punkt 1) eine Schneise niedergewalzt. Bei dieser Befahrung konnten somit erstmals an verschiedenen tieferen Furten bzw. Gräben und Lacken Wasserproben im Schilfgürtel entnommen werden. Ebenso wurden im Verlauf des ehemaligen Wulkabettes an verschiedenen Wasserstellen (Punkte A bis E bzw. F) Proben gezogen. Bei dem damaligen Seewasserstand von 115,33 m.ü.A. war der Schilfgürtel im befahrenen Bereich größtenteils nur im Randbereich Boden-Rhizom wasserbedeckt. Nur bei größeren Bodenvertiefungen wurden Wassertiefen über 10 cm gemessen. Lediglich bei Punkt E, wo ein Schilfschneiderkanal auf den ehemaligen Wulkalauf trifft, konnte eine geringfügige Wasserbewegung (ca. 8 cm/s) registriert werden.

Die Wulka selbst wird somit gegenwärtig ab der Ganswiese (Punkt B) breitflächig durch den Schilfgürtel gedrückt und teilweise durch den etwa 2 km entfernten quer verlaufenden Schilfkanal wieder gesammelt und fließt in der Folge im alten Bett dem See zu. Die Mündung dieses Teilstromes, der mit Fremdwässern versetzt ist, erfolgt punktförmig. Lichtbildaufnahmen lassen jedoch auch einen auf ca. 1,5 bis 2,0 km verzogenen breiten Wasseraustritt aus dem Schilfgürtel erkennen.

Bei höheren Wasserständen weicht die Wulka auch quer zum alten Wulkabett (Wulkadamm) über einige Furten (Punkt C, D) in den Donnerskirchen vorgelagerten Schilfgürtel aus.

Um einen Einblick in die Höhenverhältnisse zu gewinnen, wurde von bestehenden Höhenfixpunkten bei der Seemühle und beim Steinriegel ein Nivellement quer zum Wulkadelta gelegt. Bezogen auf die Wasserspiegelhöhen konnte zwischen der Brücke bei der Seemühle und dem Bereich der Querung (Punkt 1 bis 6) eine Höhendifferenz von annäherend 2 m gemessen werden. Bis zum Austritt in den See (Wsp. 115,33 m m.ü.A.) stand noch etwa 50 cm Höhe zur Verfügung (STALZER, 1981).

Die Ergebnisse der chemischen Untersuchung der bei der ersten Befahrung am 19. 8. 1981, bei einer Wassertemperatur von 21° C entnommenen Proben sind in Tab. 8 zusammengestellt.

Tabelle 8: Schilfbefahrung 19. 8., Profil A - F

		A	B	C	D	E	F
Leitfähigkeit	µs/cm		1100	850	850	950	1000
Sulfat	mg/l	90	85	82	58	42	40
NO_3-N	mg/l	5,3	1,2	1,1		0	0
PO_4-P	mg/l	1,0	1,5	1,5	2,5	1,5	1,4
Gesamthärte	mval/l	6,4	6,1	6,6	8,2	7,1	7,0

Es ist deutlich erkennbar, daß die chemischen Änderungen in der Wasserzusammensetzung umso ausgeprägter sind, je weiter die Probenahmestelle vom Land entfernt ist. Starke Unterschiede treten insbesonders bei den Nährstoffen NH_4, NO_3, PO_4 und bei SO_4 auf, während sich andere Parameter wie Leitfähigkeit und Gesamthärte kaum verändern. Sowohl die Gesamthärte wie die Leitfähigkeit sind in den Proben aus dem Schilfgürtel den in der Wulka gemessenen Werten sehr ähnlich. Daraus kann geschlossen werden, daß das Wasser in diesem Bereich des Schilfgürtels zum größten Teil aus der Wulka stammt.

© Landesmuseum für Burgenland, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Die Sulfatkonzentration im Schilfgürtel sinkt entlang dem Profil A - F je weiter man in den Schilfgürtel eindringt. Beim Betreten des Schilfgürtels waren in der Wulka etwa 100 mg Sulfat enthalten. Bis zum Punkt E (40 mg/l) war mehr als die Hälfte in H_2S umgewandelt worden. Die H_2S-Bildung war qualitativ auch am Geruch im Schilfgürtel bemerkbar. Da die Desulfurikation nur unter strikt anaeroben Bedingungen auftritt, muß die Kontaktzone zwischen Wulkawasser und Schlamm anaerob sein. Unter diesen Bedingungen kommt es offensichtlich auch zu einer vollständigen Denitrifikation. Der Nitratgehalt der Wulka beim Eintritt in den Schilfgürtel betrug 5,5 mg/l. Bis zum Punkt C (Fließstrecke 1,8 km Luftlinie) war alles Nitrat veratmet. Von besonderer Bedeutung ist das Verhalten des Phosphors unter diesen Bedingungen. Die Phosphorbelastung der Wulka betrug im August 1981 ca. 1 mg/l. Im Schilfgürtel stieg diese Konzentration bereits im Punkt B auf 1,5 mg/l an. Die höchste Konzentration wurde im Punkt D mit 2,5 mg/l gemessen. Das bedeutet, daß aus dem Schlamm Phosphor in Lösung geht. Abb. 10 gibt eine Übersicht über die Nährstoffkonzentration an den einzelnen Probenahmestellen im Schilfgürtel.

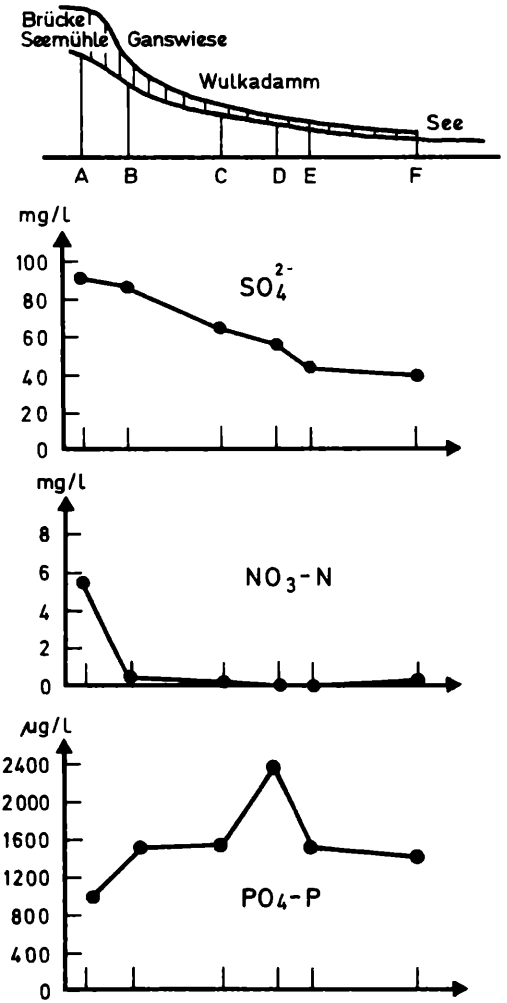


Abb. 10: Konzentrationsverlauf von Sulfat, Nitrat und Phosphor im Schilfgürtel im Profil A - F am 19. 8. 1981

© Landesmuseum für Burgenland, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Außer der Befahrung von Land zum See (von A - F) wurde auch eine Befahrung etwa parallel zum Seeufer vorgenommen und zwar vom Steinriegel bis zum Purbacher Kanal (Probenahmestellen 1 - 10). Für die Probenahmestelle 1 - 6 wurden relativ geringe Abstände (100 - 200 m) gewählt, da in diesem Bereich Wulkawasser, das diffus durch den Schilfgürtel gedrückt wird, wieder gesammelt wird. In Tab. 9 sind die Analysenergebnisse für diese 6 Probenahmestellen angeführt.

Tabelle 9: Schilfbefahrung 19. 8. 1981, Profil 1 - 6

Probenahmestelle		1	2	3	4	5	6
O_2	% Sättigung	15	50	—	—	25	60
UV	cm^{-1}	0,202	0,202	0,246	0,22	0,234	0,254
COD	mg/l	20	20	26	23	22	26
Chlorid	mg/l	39	39	39	39	39	46
Sulfat	mg/l	102	87	97	52	1,0	0,5
NO_3-N	mg/l	0	3,9	0	0	0	0
NH_4-N	mg/l	1,82	1,76	0,88	0	0	0,57
PO_4-P	mg/l	0,8	1,0	1,15	1,44	1,74	1,56
Gesamthärte	mval/l	6,9	7,2	7,6	7,4	8,0	7,6
Karbonathärte	mval/l	4,36	4,8	5,0	5,82	6,5	6,55
T	° C	20				17	22

Ein Vergleich mit dem Profil E - F zeigt noch ausgeprägtere Umsetzungen im Schilfgürtel. Sulfat wurde im Bereich der Probenahmestelle 5 vollständig reduziert, Nitrat ist ebenfalls in etwa 2 km Entfernung vom Steinriegel (Punkt 3) nicht mehr nachweisbar. Der Phosphorgehalt erreicht nicht so hohe Werte wie im Profil A - F, steigt aber doch noch von 0,8 auf 1,8 mg/l.

Die Probenahmestellen 7 - 10 dienten in erster Linie zu Vergleichszwecken. Die in Tab. 10 angeführten Analysenergebnisse zeigen, daß das Wasser im nicht von der Wulka durchströmten Schilfbereich eine gänzlich andere Zusammensetzung aufweist und vor allem beim Chlorid und Sulfat sowie bei der Leitfähigkeit wesentlich höhere Werte aufweist.

Tabelle 10: Zusammensetzung von Wasserproben aus dem nicht von der Wulka durchströmten Bereich des Schilfgürtels, Befahrung 2. 9. 1981

Probe Nr.		7	8	9	10
Temperatur	° C	20	22	22	20
Sauerstoffgehalt	mg/l	1,1	0	0	0,2
COD	mg/l	76	88	104	32
NH_4-N	mg/l	0	0,7	2,5	1,7
NO_3-N	mg/l	0	0	0	1,5
PO_4-P	mg/l	1,7	1,8	1,1	0,4
Chlorid Cl^-	mg/l	102	113	113	60
Sulfat SO_4^{2-}	mg/l	180	165	117	139
Leitfähigkeit	µs/cm	1510	1650	1300	860
Karbonathärte	mval/l	17,3	15,8	14,6	7,8
Gesamthärte	mval/l	12,4	11,7	11,6	5,5

© Landesmuseum für Burgenland, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Bemerkenswert ist der hohe Ammoniumgehalt im Purbacher Fuhrweg (Probe 9) und im Purbacher Kanal (Probe 10).

Auf Grund der Ergebnisse der Befahrung vom 19. 8. 1981 wurden vom Amt der Burgenländischen Landesregierung im Zeitraum bis Juli 1982 noch weitere 8 Befahrungen der Profile A - F und 1 - 6 durchgeführt. Die Analysenergebnisse der einzelnen Befahrungen sind auszugsweise in graphischer Form in Abb. 11 und Abb. 12 dargestellt, die die Änderungen der Nährstoffkonzentrationen an den einzelnen Probenahmestellen im Jahresverlauf zeigen.

Die Abbildungen 11 und 12 zeigen die Verhältnisse im Profil A - F bzw. im Profil 1 - 6 von August 1981 bis Juli 1982. Die während dieses Zeitraumes vorherrschenden Wassertemperaturen sind in Abb. 13 dargestellt.

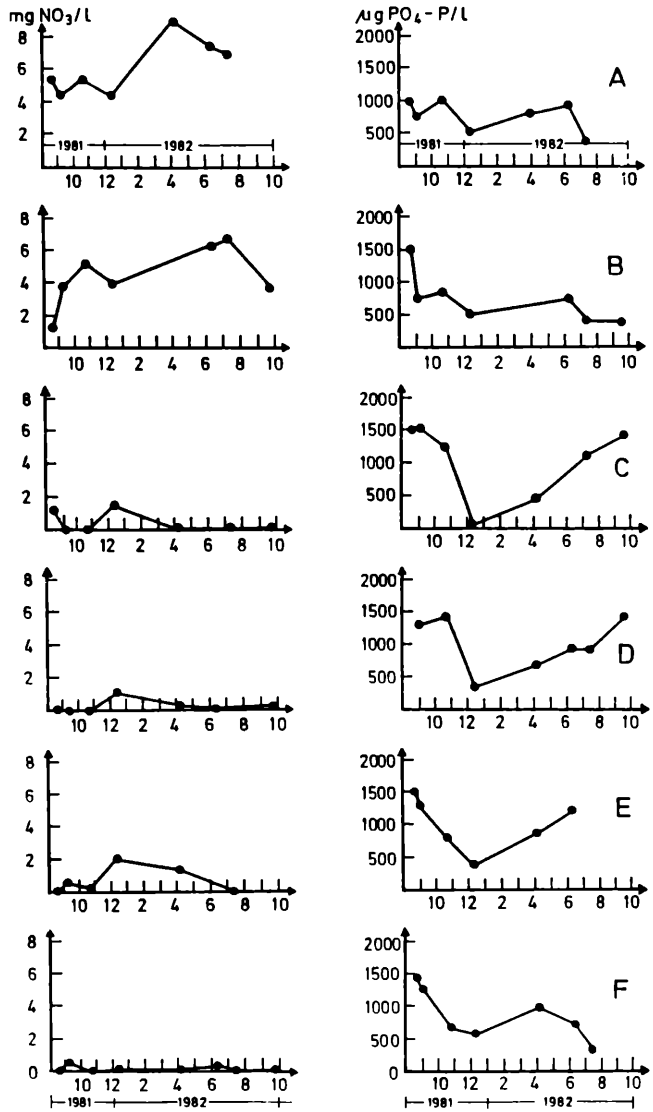


Abb. 11: Stickstoff- und Phosphorkonzentration im Profil A - F

© Landesmuseum für Burgenland, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

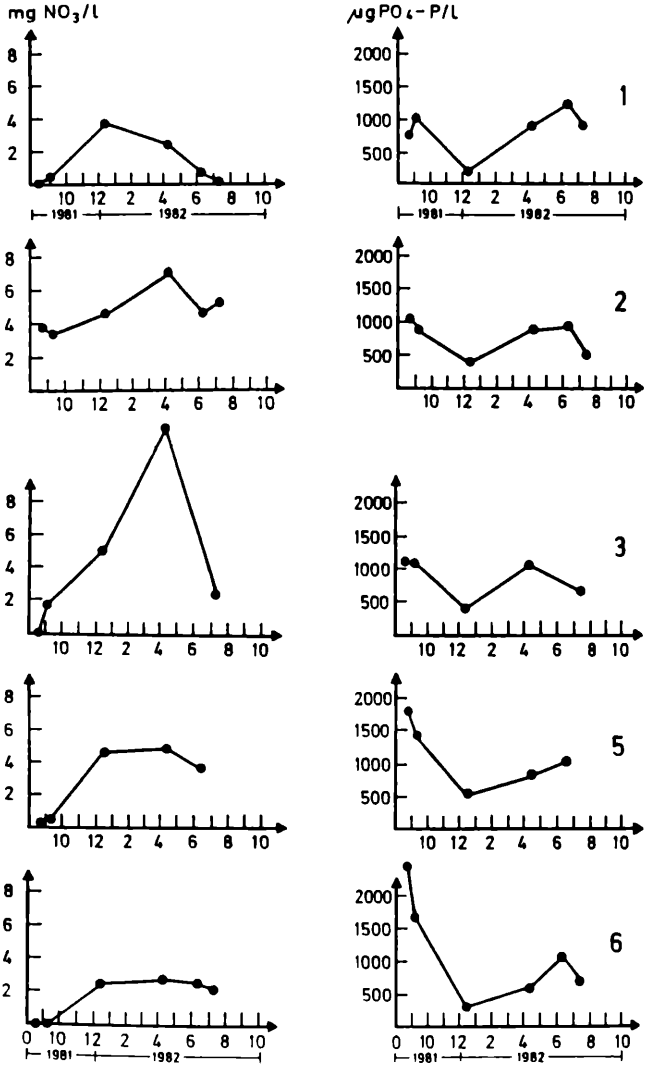


Abb. 12: Stickstoff- und Phosphorkonzentrationen im Profil 1 - 6

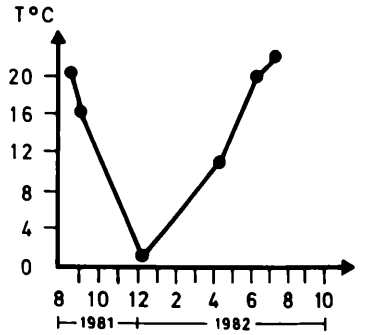


Abb. 13: Wassertemperaturen im Schilfgürtel

© Landesmuseum für Burgenland, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

An den Stellen A und B zeigen die Analysen das ganze Jahr über im Hinblick auf die Nährstoffe Stickstoff, Phosphor und auf Sulfat nur geringfügige Änderungen gegenüber dem Wulkawasser. In Punkt C, der schon etwa 1,8 km von der Brücke Seemühle entfernt ist, gibt es dagegen schon starke Veränderungen. Die bei der ersten Befahrung festgestellten Umsetzungen finden fast zu jeder Jahreszeit, also auch bei tiefen Temperaturen statt, nur sind dann alle Vorgänge stark verlangsamt. Die Abnahme des Sulfatgehaltes ist bei tiefen Temperaturen (10. 12. 1981) nicht mehr signifikant.

Die Denitrifikation findet auch bei tiefen Temperaturen statt und zwar ist Nitrat bei der Einmündung in den See auch bei 1° C nicht mehr nachweisbar. 1 - 2 mg NO_3-N konnten aber in den Punkten C, D und E noch nachgewiesen werden. Bei Temperaturen um 10° C (21. 10. und 6. 4.) wurde nur im Punkt E Nitrat gefunden. Da dort ein Schilfschneidekanal mündet wäre es möglich, daß es sich an dieser Stelle zum Teil um nicht aus der Wulka stammendes nitrathältiges Wasser handelt. Dies ist auch deshalb naheliegend, weil in den weiter oberhalb liegenden Punkten C und D kein Nitrat mehr nachweisbar war. Die Phosphorkonzentrationen verlaufen gegenläufig zu den Nitratkonzentrationen. Am kältesten Tag (10. 12. 1981) sind im Punkt C nur 0,05 mg/l Phosphor nachweisbar. Auch an den Punkten D, E und F liegen die Phosphorkonzentrationen an diesem Tag unter bzw. bei 0,5 mg/l. Das bedeutet, daß bei diesen tiefen Temperaturen die anaeroben Umsetzungen nicht zum Tragen kommen, sodaß keine Phosphorlösung stattfindet, sondern im Gegenteil ein Teil des Phosphors vom Schlamm aufgenommen wird.

Bemerkenswert ist der Unterschied zwischen 19. 8. 1981 und 8. 7. 1982. Obwohl die Wassertemperatur an beiden Tagen 20° C betrug, sind die Phosphatkonzentrationen am 8. 7. an allen Stellen wesentlich niedriger. Eine mögliche Erklärung für dieses Phänomen wäre, daß die Befahrung am 19. 8. 1981 am Nachmittag stattfand, wo durch die Sonneneinstrahlung die oberste aktive Schichte des Schlammes erwärmt worden war, während die Befahrung am 8. 7. am frühen Vormittag stattfand und die Verhältnisse während der Nacht repräsentiert.

Am 22. 7. 1982 wurde schließlich noch eine Begehung bis zum Punkt C durchgeführt. Die Probenahme erfolgte am Nachmittag bei 22° C Wassertemperatur. Obwohl die Grundbelastung der Wulka an diesem Tag nur 0,7 mg PO_4-P/l betrug (Punkt A), wurden am Punkt C 2,2 mg PO_4-P/l gemessen.

Im Profil 1 — 6 (Abb. 12) herrschen im wesentlichen ähnliche Verhältnisse wie entlang der Strecke A — F. Da jedoch das Wulkawasser breitflächig auf die Strecke 1 — 6 trifft, unterscheiden sich die Fließzeiten nicht so stark wie zwischen den Punkten A und F. Es ist daher naheliegend, daß die Unterschiede zwischen den einzelnen Probenahmestellen geringer sind. Der jahreszeitliche Gang ist aber auch hier deutlich erkennbar.

Die Denitrifikation ist bei den niedrigen Temperaturen wesentlich verlangsamt, wodurch in diesem Bereich die Nitratkonzentration zeitweise 5 mg N/l überschreitet. Bei den Konzentrationen von Phosphat tritt wieder die signifikante Erhöhung in der warmen Jahreszeit und die z. T. unter dem Basiswert der Wulka liegende niedrige Konzentration bei niederen Temperaturen auf.

Der Einfluß der Temperatur wird auch bei der Untersuchung von Tagesganglinien ersichtlich. Während die PO_4-P-Konzentration im Wulkawasser an der Stelle B im Tagesverlauf nur unwesentlich schwankt, tritt an der Stelle C unter spätsommerlichen Bedingungen mit kalten Nächten und starker Tageserwärmung eine Schwankungsbreite zwischen 0,7 und 1,0 mg PO_4-P/l auf. Deutlich ist hierbei die Tag- und Nachtphase mit hohen bzw. niederen Werten zu unterscheiden.

© Landesmuseum für Burgenland, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Die an den unterschiedlichen Stellen des Schilfgürtels im Bereich der Wulkamündung vorliegenden Verhältnisse geben einen deutlichen Hinweis, daß die mikrobiell verursachten Stoffumsetzungen zu den erwarteten, im Abschnitt 3.1. beschriebenen, Verhältnissen führen. Diese laufen in Abhängigkeit von der Temperatur und damit von der Jahreszeit mit unterschiedlicher Intensität ab.

Bei tiefen Temperaturen verlangsamen sich die mikrobiellen Umsetzungen stark oder kommen zum Stillstand. Unter Umständen kann es in Gegenwart von Sauerstoff und 3-wertigem Eisen sogar zu einer Aufnahme von Phosphor in den Schlamm kommen.

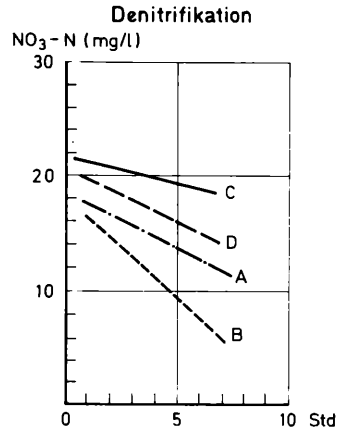
Diese Umsetzungen zeigen, daß der Schilfgürtel auf die Nährstofffracht, die in den See eingebracht wird, einen wesentlichen Einfluß hat. Besonders während der warmen Jahreszeit kommt es im Bereich der Wulkamündung zu einem weitgehenden Abbau der Stickstoff- und Kohlenstoffverbindungen. Damit verbunden tritt auch eine weitgehende Desulfurikation und eine Freisetzung von löslichem Phosphor auf. Dadurch kann sich die Konzentration von löslichem Phosphor im Wulkawasser beim Durchtritt durch den Schilfgürtel unabhängig von der ursprünglichen Konzentration wesentlich erhöhen.

3.3. Versuche zur Abschätzung des Verlaufes der Stoffumsetzungen

Um die im Wulkadelta vorgefundenen Verhältnisse hinsichtlich der Änderung der Wasserqualität nachweisen zu können, wurden Untersuchungen im Labor mit Schlammproben aus dem Schilfgürtel durchgeführt. Die Schlammproben für diese Untersuchungen wurden dabei aus dem Teil des Schilfgürtels, in dem sich die Wulka breitflächig zu verteilen beginnt (Punkt B), entnommen und ins Labor transportiert, wo sie nach einer groben Siebung zur Entfernung von pflanzlichen Faserstoffen im Kühlschrank gelagert wurden. Wegen des relativ hohen Feststoffgehaltes von ca. 230 g/l mußte der Schlamm für die einzelnen Experimente mit Leitungswasser verdünnt werden, um eine Probenentnahme mittels Pipetten zu ermöglichen. Die Untersuchungen wurden in Glasgefäßen durchgeführt; vor der Probenahme wurde der Inhalt langsam durchmischt, um eine Vergleichmäßigung der Konzentration zu erreichen. Ein Eintrag von Sauerstoff, der die Umsetzungen gestört hätte, mußte dabei sorgfältig vermieden werden. Eine erhöhte organische Belastung des Schlammes wurde durch den Zusatz von Glukose simuliert, die auch als Zwischenprodukt bei der Zersetzung von zellulosehältigem Material im Schlamm gebildet wird.

Zur Untersuchung der Denitrifikation wurde dem Schlamm Nitrat zugesetzt und der Abbau des Nitrats im Laufe der Zeit mit Hilfe von zu unterschiedlichen Zeitpunkten entnommenen Proben analysiert. Einen typischen Verlauf der Denitrifikation bei zwei unterschiedlichen Temperaturen jeweils mit und ohne Zusatz von Glukose zeigt Abb. 14. Die ermittelten Umsatzraten sind auf den unverdünnten Ausgangsschlamm bezogen und in mg NO_3-N/l.h angegeben. Die Erhöhung der Denitrifikationsrate durch Erhöhung der Temperatur bzw. durch Zugabe von Substrat ist deutlich erkennbar.

© Landesmuseum für Burgenland, Austria, download unter www.biologiezentrum.at



	Glukose Zugabe	T °C	Denitrif. Rate mgNO3-N/l·h
A		24	4,4
B	+	24	8,4
C		14	2,3
D	+	14	4,7

Abb. 14: Verlauf der Denitrifikation im Laborversuch

In ähnlicher Weise wurde auch die Rücklösung von Phosphat untersucht. Abb. 15 zeigt den Verlauf der Umsetzungen mit und ohne Zusatz von Glukose bei 14 bzw. 24° C. Nach einer anfänglichen Zunahme der PO_4-P-Konzentration in der Lösung bei allen Versuchsansätzen ist die nach einer gewissen Zeit zu beobachtende PO_4-P-Aufnahme der Schlämme in Gegenwart von Glukose erwähnenswert. Diese PO_4-P-Aufnahme kann durch das zusätzliche Wachstum von Bakterien auf Grund der Zugabe von leicht verfügbarem organischem Material erklärt werden. Die Ermittlung der Umsetzungsraten erfolgte in ähnlicher Weise wie bei der Denitrifikation. Als typischer Wert wurde bei 24° C eine Rücklösungsrate von 0.28 mg PO_4-P/l.h ermittelt.

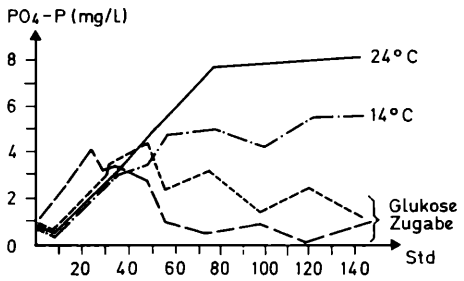


Abb. 15: Verlauf der Phosphorrücklösung im Laborversuch

© Landesmuseum für Burgenland, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Die experimentelle Ermittlung der Umsetzungsraten der Desulfurikation bzw. der Versäuerung von organischem Material mit anschließender Methanbildung ist mit erheblichen methodischen Schwierigkeiten verbunden und befindet sich derzeit in Bearbeitung.

Die mit Hilfe der Laboruntersuchungen mit dem Schlamm ermittelten Umsetzungsraten können mit den im Schilfgürtel beobachteten Veränderungen der chemischen Zusammensetzung des durchfließenden Wulkawassers in Relation gesetzt werden. Trifft man die Annahme, daß der im Schilfgürtel von der Wulka abgelagerte Schlamm in einer Schichtdicke von 1 cm mit dem überstehenden Wasser im Stoffaustausch steht, so entsprechen die im Labor pro Liter Schlamm ermittelten Umsetzungsraten der Aktivität von 0,1 m^2 Schlammoberfläche im Schilfgürtel. Bei einer experimentell ermittelten mittleren Denitrifikationsrate von 3 mg NO_3-N/l.h errechnet sich demnach eine Umsetzungsrate von 0,72 g NO_3-N/m^2.d. Vergleicht man diesen Wert mit den im Wulkadelta tatsächlich umgesetzten Nitrat-Frachten, ergibt sich eine Möglichkeit, die für diese Umsetzungen erforderliche Fläche abzuschätzen. Bei einer mittleren Konzentration von 6 mg NO_3-N/l und einem Abfluß von 500 l/s beträgt die in den Schilfgürtel durch die Wulka eingebrachte Nitratfracht 260 kg NO_3-N/d. Mit der im Labor ermittelten spezifischen Denitrifikationsrate pro m^2 und der Tatsache, daß das den Schilfgürtel durchfließende Wasser vollständig denitrifiziert wird, läßt sich die für diesen Prozeß erforderliche Fläche mit ca. 40 ha abschätzen. Diese Fläche stellt demnach nur einen geringen Anteil des tatsächlich von der Wulka durchflossenen Gebietes dar und zeigt an, daß unter den derzeitigen Bedingungen die Denitrifikationskapazität des Schilfgürtels für die eingebrachte Nitratfracht bei Trockenwetter ausreichend ist.

Eine analoge Abschätzung kann auch für die Rücklösung von Phosphat aus dem Schlamm durchgeführt werden. Bei den Messungen im Labor wurde eine Rücklösungsrate von ca. 0,3 mg PO_4-P/l.h ermittelt. Legt man wie bei der Denitrifikation eine aktive Schichtdicke des Schlammes von 1 cm zu Grunde, so errechnet sich eine spezifische Rücklösung von ca. 70 mg PO_4-P/m^2.d.

Bei einem Abfluß von 500 l/s in die Wulka erhöhte sich die Konzentration an löslichem Phosphor z. B. von 0,6 mg PO_4-P/l beim Eintritt in den Schilfgürtel auf 1,2 mg PO_4-P/l in der Mitte des Schilfgürtels (Punkt C). Daraus läßt sich eine Zunahme der Fracht an löslichem Phosphat im Schilfgürtel von ca. 26 kg PO_4-P/d errechnen. Mit Hilfe der abgeschätzten spezifischen Aktivität von 0.07 g PO_4-P/m^2.d läßt sich der für diese Umsetzungen im Schilfgürtel erforderliche Flächenbedarf mit ca. 40 ha ermitteln. Es ist sehr interessant, daß bei Verwendung desselben Schlammes für Denitrifikation bzw. für die Rücklösung des Phosphors nahezu der gleiche Flächenbedarf für die im Schilfgürtel beobachteten Stoffumsetzungen auftritt. Einschränkend muß jedoch gesagt werden, daß es sich bei den beschriebenen Versuchen erst um orientierende Vorversuche gehandelt hat und derzeit weitere Untersuchungen im Mündungsgebiet der Wulka vorgenommen werden, um eine bessere Quantifizierung der Umsetzungen zu ermöglichen. Von ausschlaggebender Bedeutung sind hierbei auch die im Schilfgürtel vorherrschenden Temperaturen, die ja, wie die im Abschnitt 3.2. beschriebenen Messungen zeigen, im Winter sogar zu einer Verminderung der Phosphatkonzentration und damit zu einer Phosphat-Aufnahme des Schlammes bei niedrigen Temperaturen führen.

4. Folgerungen

Die derzeitige Situation des Nährstoffeintrages der Wulka in den Neusiedler See ist also unabhängig von den tatsächlich in der Wulka vorliegenden Nährstofffrachten dadurch gekennzeichnet, daß bei der breitflächigen Durchströmung der Wulka durch den Schilfgürtel eine weitgehende Entfernung der Stickstoffverbindungen und, abhängig von der Jahreszeit

© Landesmuseum für Burgenland, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

besonders aber während des Sommers, eine Erhöhung der löslichen Phosphatkonzentration und damit des biologisch aktiven Phosphors auftritt. Die in periodischen Abständen durch die Hochwässer der Wulka in den Schilfgürtel eingebrachten Frachten an unlöslichem Phosphor sorgen dabei für eine regelmäßige Auffüllung dieses reversiblen Phosphorlagers. Verstärkt wird dieser Effekt noch durch die Tatsache, daß bei niedriger Temperatur löslicher Phosphor vom Schlamm aufgenommen wird, der dann in vermehrtem Ausmaß bei höherer Temperatur abgegeben werden kann.

Diese Vorgänge können unter Umständen zu einer Intensivierung der Phosphorbelastung des Sees in der wärmeren Jahreszeit führen, da Phosphor in gelöster Form zur kalten Jahreszeit, wenn das Wachstum von Phytoplankton im See nur gering ist bzw. zum Stillstand gekommen ist, im Schilfgürtel zurückgehalten wird, während er bei der warmen Jahreszeit, wenn auch die Phytoplanktonproduktion im See entsprechend intensiv ist, wieder im vermehrten Ausmaß dem See zugeführt wird.

Das Ausmaß dieser Phosphorzufuhr in den See im Mündungsbereich der Wulka wird aus der Messung der verschiedenen Phosphorkomponenten an verschiedenen Stellen des Sees ersichtlich (Abb. 16).

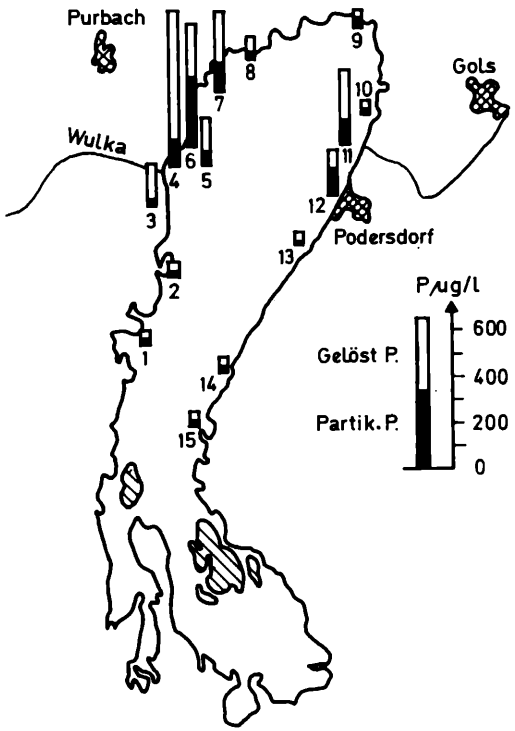


Abb. 16: Phosphorkonzentrationen an verschiedenen Stellen im Neusiedlersee

Die Konzentrationen in Seemitte liegen stets niedriger als in den schilfnahen Randbereichen, die höchsten Konzentrationen liegen am Westufer im Bereich der Wulkamündung. Bei den Stickstoffkomponenten konnten dagegen keine gravierenden Unterschiede festgestellt werden; der NH_4-N-Gehalt lag unter 50 µg/l, der NO_3-N-Gehalt zwischen 150 - 250 µg/l (STALZER, 1983/3). Diese Untersuchungen zeigen, daß zumindest in der warmen Jahreszeit aus dem Bereich der Wulkamündung ein erhöhter Eintrag von Phosphor in den See erfolgt.

© Landesmuseum für Burgenland, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Der Einfluß der Erosion von landwirtschaftlich intensiv genutzten Gebieten auf den Eintrag von Phosphor in Seen mit kleinem Einzugsgebiet wurde auch in Schweden am Beispiel des Ringsjön Sees untersucht (RYDING, 1984). Dabei wurde festgestellt, daß mit der Zunahme des Anteils an Ackerfläche im Einzugsgebiet der Anteil an partikulärem Phosphor sowie die Gesamtphosphorkonzentration im Oberflächenabfluß zunehmen. Auch die durch Hochwässer verursachten kurzzeitigen Belastungsspitzen wurden bei diesen Untersuchungen gemessen und z. B. festgestellt, daß 20 % der Gesamtjahresfracht an Phosphor innerhalb einer Woche in den Ringsjön See gelangen.

Einen ausschlaggebenden Faktor für den Eintrag der Nährstoffe in den Neusiedler See durch die Wulka stellen jedoch die Stoffumsetzungen im Schilfgürtel dar. Der zum Teil im abgelagerten Schlamm schon vorhandene, zum Teil aber durch verrottendes, im Schilfgürtel produziertes Pflanzenmaterial gebildete, organische Gehalt des Schlammes verursacht mikrobielle Umsetzungen, die die Redox-Verhältnisse im Schlamm beeinflussen. Die unter verschiedenen Redox-Potentialen im Grundwasser ablaufenden Vorgänge wurden von EDMUNDS u. M., 1984, untersucht. Die im Grundwasser möglichen Messungen von Redox-Potentialen und die Zuordnung bestimmter Reaktionen wie Denitrifikation, Desulfurikation und Rücklösung von Eisen und Mangan zu definierten Redox-Bereichen ist jedoch im Schlamm der Wulka noch nicht gelungen. Unter Umständen herrschen bei diesen Schlämmen sehr komplexe Bedingungen vor. Es ist z. B.möglich, daß in der obersten Wasserschicht noch gelöster Sauerstoff vorhanden ist, in der Wasserschicht unmittelbar über einer Schlammablagerung kein gelöster Sauerstoff sondern nur mehr Nitrat vorliegt und wenige Zentimeter unter der Schlammoberfläche bereits eine Desulfurikation verbunden mit einer Methangärung stattfindet. Bei Messung des Redox-Potentials würde der Wert je nach Eintauchtiefe der Sonde z. B. zwischen +400 und —400 mV schwanken. Unter diesen Voraussetzungen ist es auch zu verstehen, daß gewisse Stoffumsetzungen im Schlamm reversibel sind und vom schwankenden Redox-Potential gesteuert werden. Bei hohen Temperaturen im Sommer mit intensiven mikrobiellen Umsetzungen sinkt das Redox-Potential tief genug um zu einer Phosphorrücklösung zu führen; niedere Wintertemperaturen mit stark verminderter Stoffwechselaktivität können bei erhöhtem Redox-Potential wieder zur Einlagerung von löslichem Phosphor führen. Die Verminderung der Konzentration an löslichem Phosphat durch die Reaktion mit aeroben Bodensedimenten wird u. a. von LIJKLEMA u. M., 1983 sowie von TWINCH, 1984 beschrieben.

Unter der Voraussetzung, daß Phosphor den für die Phytoplanktonentwicklung des Neusiedler Sees limitierenden Faktor darstellt, könnte der im Zuge der Hochwasserereignisse in den Schilfgürtel eingetragene partikuläre Phosphoranteil mit Hilfe technischer Maßnahmen vom See bzw. vom Schilfgürtel ferngehalten werden. Als Nachweis für die technische Durchführbarkeit einer solchen Maßnahme wurden orientierende Vorversuche mit Wulkawasser, daß zur Zeit des Hochwassers im August 1982 entnommen worden war, durchgeführt. Der Verlauf dieser Sedimentationsversuche ist in Abb. 17 dargestellt.

© Landesmuseum für Burgenland, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

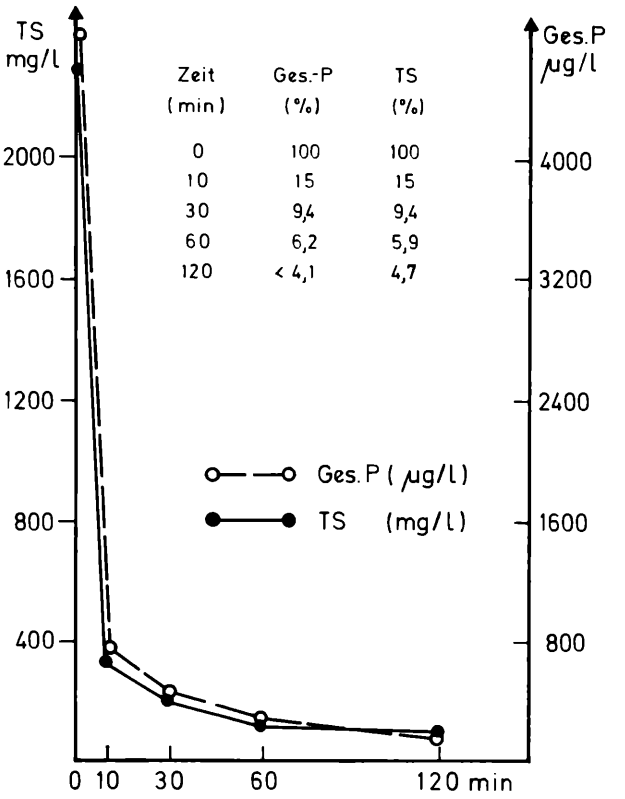


Abb. 17: Absetzverhalten der Schwebstoffe beim Hochwasserereignis 5./6. 8. 1982

Da der Phosphor fast ausschließlich an das anorganische Material gebunden ist, verlaufen die Kurven für die Schwebstoffe bzw. für den Gesamt-Phosphor praktisch identisch. Der Absetzvorgang erfolgt außerordentlich schnell. Nach einer Absetzzeit von 10 Minuten sind sowohl beim Gesamt-Phosphor als auch bei den Schwebstoffen nur mehr 15 % der ursprünglich vorhandenen Menge in Schwebe. Die verbliebenen Feinteile sedimentieren nun wesentlich langsamer. Erst nach einer Absetzzeit von 60 Minuten ist der verbliebene Gehalt an Gesamt-Phosphor bzw. Schwebstoffen auf 6 % der ursprünglichen Menge abgesunken. Dieser orientierende Vorversuch zeigt deutlich, daß ein Großteil der Schwebestoffe und damit des partikulär vorliegenden Phosphors schon nach kurzen Sedimentationszeiten abgeschieden werden kann. Die Fragen, die die Auslegung von solchen Sedimentationsanlagen bzw. den Betrieb und die Räumung der abgelagerten Bodensedimente betreffen, müssen zukünftigen Untersuchungen vorbehalten bleiben.

Ein weiteres Problem stellt die zukünftige Einleitung des Wulkawassers in den See dar. Bis zum Jahre 1965 durchquerte die Wulka ja den Schilfgürtel in einem eigenen Bett, wodurch die derzeit im Schilfgürtel zur Auswirkung kommenden chemisch-biologischen Umsetzungen weitgehend ausgeschlossen waren. Die bei Regenereignissen in der Wulka transportierten Feststoffe wurden im großen Ausmaß direkt in den See verfrachtet, die Sedimentation des partikulären Phosphors erfolgte dann im See. Unter den aeroben Bedingungen im offenen See ist dieser an das Sediment gebundene Phosphor jedoch chemisch nicht verfügbar und damit weitgehend dem Kreislauf entzogen. Selbst nach einer etwaigen Entfernung der

© Landesmuseum für Burgenland, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Schwebstoffe durch technische Maßnahmen vor Eintritt der Wulka in den Schilfgürtel Seebereich müssen also Entscheidungen hinsichtlich der Weiterführung von Wulkawasser zum See getroffen werden, da im derzeit abgelagerten Schlamm vermutlich noch auf Jahre hinaus ein beträchtliches Phosphorpotential zur Verfügung steht.

Der zweite, für den Nährstoffeintrag der Wulka in den Neusiedler See bedeutende Vorgang beim Durchtritt durch den Schilfgürtel, ist jedoch die Denitrifikation. Für den Fall einer Limitierung des Phytoplanktonwachstums durch Stickstoff kommt einer Entfernung eines Großteils der in der Wulka vorhandenen Stickstofffracht durch Denitrifikation im Schilfgürtel eine große Bedeutung zu. Nach Untersuchungen von KUSEL, 1983, ergeben sich gewisse Hinweise, daß das Wachstum einiger aus dem See isolierter Algen durch Stickstoffmangel limitiert sein könnte. In diesem Zusammenhang sollte auch das vermehrte Auftreten von Phytoplankton im See mit den Hochwasserereignissen der Wulka und anderer Seezuflüsse noch intensiver studiert werden. Besonders bei den stärkeren Hochwässern, wie z. B. im Juni 1982 bzw. im August 1982, wurde ja beobachtet, daß es nach dem Ablauf der Hochwasserwelle zu einer Erhöhung der Nitratkonzentration und damit zu einer deutlichen Erhöhung der Nitratfrachten kam. Analoge Beobachtungen wurden auch von EBISE, 1984, bei der Analyse von Hochwasserwellen in Japan gemacht. Gerade zu diesen Zeiten ist jedoch die anaerobe Schlammschicht im Schilfgürtel durch frischen, noch nicht angefaulten Schlamm aus der letzten Hochwasserwelle abgedeckt, sodaß die vorher beschriebenen Umsetzungen nur teilweise oder gar nicht stattfinden können. Das im Anschluß an eine Hochwasserwelle durch den Schilfgürtel tretende Wulkawasser mit der erhöhten Nitratkonzentration wäre dann nur unvollständig denitrifiziert und könnte zu einem erhöhten Eintrag von Nitrat in den See führen. Das an Hochwässern besonders reiche Jahr 1982 und das in diesem Jahr parallel beobachtete verstärkte Auftreten von Phytoplankton könnten ein gewisser Hinweis für diese Zusammenhänge sein.

© Landesmuseum für Burgenland, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

5. Literatur

S. EBISE (1984): Seperation of runoff components by NO_3-N loading and estimation of runoff loading by each component. IAHS-Publication No 150, Hydrochemical balances of fresh water systems, p. 393 - 405

W. M. EDMUNDS et al. (1984): A comparative study of sequential redox processes in three british aquifers. IAHS-Publication No 150, Hydrochemical balances of fresh water systems, p. 55 - 70

W. v. d. EMDE u. M. (1984): Erfassung des Nährstoffeintrages in den Neusiedler See durch Fließgewässer und Erstellung von Vorschlägen zur Problemlösung. Gutachten für das BM f. Gesundheit und Umweltschutz

S. HAIDER (1982): Nährstoffbelastung der Wulka durch Oberflächenabfluß. Wiener Mitteilungen, Band 50

S. HAIDER (1983): Der Einfluß von Hochwasserereignissen auf die Nährstoffbelastung des Neusiedler Sees am Beispiel der Wulka. Diplomarbeit, Univ. f. Bodenkultur

E. KUSEL (1983): Kurzbericht über das Forschungsprojekt Blaualgenblüte. AGN-Tagung Eisenstadt, Sept. 1983

L. LIYKLEMA et. al. (1983): Sediments and sediment-water interaction. IIASA collaborative Proceedings Series (p.-83-53) Eutrophication of shallow lakes: Modelling and Management. p. 81 - 100

N. MATSCHÉ, et al. (1984): The influence of the river Wulka on the nutrient load of lake Neusiedl. International Symposium on Hydrochemical Balances of Freschwater Systems. Poster Summaries, Uppsala 1984

F NEUHUBER (1978): Die Phosphorsituation des Neusiedler Sees, ÖWW 30, 94 - 99

S. RYDING (1984): Erosion of agricultural land - a growing water quality problem in rural areas. IAHS-Publication No 150, Hydrochemical balances of fresh water systems, p. 303 - 311

W STALZER (1982): Auswirkungen unterschiedlicher Oxidationszustände im Wulkamündungsbereich auf die Nährstoffbelastung. BFB-Bericht 43, Illmitz 1982

W STALZER (1983/1): Gewässergüterelevante Zusammenhänge von Wulka und Neusiedler See. ÖWW 35, 274 - 280

W STALZER (1983/2): Nährstoffeintrag - Oberirdischer Zufluß AGN-Arbeitsgespräch in Eisenstadt, Sept. 1983

W STALZER (1983/3): Gewässergütemeßstationen an kleinen Fließgewässern am Beispiel der Wulka. Wasser und Abwasser, Bd. 27

W STALZER u. M. (1984): Nährstoffeintrag in den Neusiedler See über die oberirdischen Zuflüsse. Dieser AGN-Berichtsband

A. J. TWINCH (1984): The role of bottom sediments in modifying soluble phosphate loads to a dendritic, hypertrophic reservoir. IAHS-Publication No 150, Hydrochemical balances of fresh water systems, p. 381 - 392

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Wissenschaftliche Arbeiten aus dem Burgenland

Jahr/Year: 1986

Band/Volume: 072

Autor(en)/Author(s): Emde Wilhelm von der, Matsche Norbert, Plahl-Wabnegg Franziska

Artikel/Article: Einfluß von Hochwasserereignissen auf die Nährstoffbelastung der Wulka und deren Auswirkungen auf die Stoffumsetzungen im Schilfgürtel des Neusiedler Sees. 91-121