

Hydrochemische Voruntersuchung zur Gewässervernetzung Orth an der Donau

Die vorliegende Studie umfasst eine Status quo Erhebung hydrochemischer Parameter im Auensystem bei Orth an der Donau. Die 1999 untersuchten geochemischen, nährstoffchemischen und partikulären Parameter verdeutlichen den derzeitigen Vernetzungsgrad des Seitenarmsystems mit der Donau.

Thomas Hein





Hydrochemische Voruntersuchung zur Gewässervernetzung Orth an der Donau

durchgeführt und erstellt von:

THOMAS HEIN

MITARBEITER:

Arge Donau (C. Baranyi, Mag. C. Holarek)

CHEMISCHE ANALYTIK

durchgeführt am Inst. f. Ökologie und Naturschutz, Abt. Limnologie (H. Kraill)



Voruntersuchung Gewässervernetzung Orth:

Fachbereich Hydrochemie

| | |
|--|-----------|
| Zusammenfassung | 2 |
| Einleitung und Fragestellung | 3 |
| Fragestellung Fachbereich Hydrochemie..... | 3 |
| Untersuchungsprogramm | 5 |
| Räumliches Design..... | 5 |
| Zeitliches Design..... | 7 |
| Parameter und verwendete Methoden..... | 7 |
| Ergebnisse | 11 |
| Hydrologie..... | 11 |
| Standortvergleich hydrochemischer Parameter..... | 13 |
| Effekte der Traversen auf charakteristische Parameter..... | 21 |
| Räumliche Darstellung chemischer Parameter..... | 22 |
| Effekt der Nährstoffsituation auf die Phytoplanktonbiomasse..... | 24 |
| Vergleich mit anderen Auegebieten im Nationalpark..... | 27 |
| Diskussion | 29 |
| Perspektiven und Prognosen | 31 |
| Literatur | 32 |
| Danksagung | 35 |

Zusammenfassung

Die vorliegende Studie umfasst eine Status quo Erhebung hydrochemischer Parameter im Orther Ausystem im Hinblick auf geplante Vernetzungsmassnahmen (LIFE98NAT/A/005422). Die untersuchten geochemischen, nährstoffchemischen und partikulären Parameter verdeutlichen den derzeitigen Vernetzungsgrad mit der Donau. 6 Untersuchungsstandorte und 3 Referenzstandorte wurden zu 6 Terminen in Abhängigkeit von der hydrologischen Situation zwischen März und September 1999 beprobt.

Die Altarme Große wie auch Kleine Binn / Hagen sind derzeit aufgrund mangelnder Durchgängigkeit bzw. aufgrund der Wasserdefizite in den Bereichen oberhalb der Traversen über längere Perioden des Jahres keine zusammenhängenden Gewässerzüge und daher sind lokale Faktoren zur Zeit die bestimmenden Elemente für die hydrochemische Situation der einzelnen Abschnitte. Höhere geochemische Werte im Gewässerzug Kleine Binn / Hagen weisen auf die stärkere hydrologische Isolation von der Donau hin. Nur kurzzeitig bei Hochwasser bzw. in den Bereichen unterhalb der Badwandl- und Tierbodentraverse und im Donauarm stehen die Altarme direkt mit der Donau in Verbindung, das sich anhand erhöhter Nährstoffkonzentrationen zeigen läßt. Im Gewässerzug Große Binn kommt es darüber hinaus durch donaubeeinflusstes Sickerwasser zu Nährstoffeinträgen. Aufgrund der fehlenden hydrologischen Dynamik führen die Einträge lokal zu hohen Phytoplanktondichten.

Eine Erhöhung der hydrologischen Vernetzung mit der Donau verbessert die Wasserbilanz der Oberflächengewässer und führt zu Nährstoff- bzw. Schwebstoffeinträgen. In Verbindung mit einer verbesserten Durchgängigkeit innerhalb des Ausystems können nicht gewünschte Entwicklungen (Eutrophierung durch Algenwachstum) durch reduzierte Wasserverweildauern und Erhöhung des Stoffumsatzes in der Wassersäule kompensiert werden.

Keywords: Life, Hydrochemie, Donau, Au, Phytoplankton, Nährstoffe, hydrologische Vernetzung

Einleitung und Fragestellung

Die Donau und ihre Auen östlich von Wien stellen ein wesentliches Element des Landschaftswasserhaushaltes dieser Region dar (BMLF 1999), sind von großem naturräumlichen Wert (LAZOWSKI 1997), unterliegen vielfältiger menschlicher Nutzung (LEDITZNIG, & FRAISSL 1996) und sind in ihrer Funktion als Refugialraum und biogeographischer Korridor von Bedeutung (TOCKNER & SCHIEMER 1997). Wie die meisten großen Flußlandschaften (WARD et al. 1998) sind auch die Donau-Auen östlich von Wien drastisch durch die anthropogenen Eingriffe der letzten hundert Jahre verändert worden (DISTER 1994). Wesentliche geomorphologische, hydrologische und ökologische Prozesse, zumeist charakteristisch für Aulandschaften, wurden reduziert bzw. ihre ursprüngliche Ausprägung sehr stark modifiziert (HEIN et al. 1999b). Dies führt in weiterer Folge zu einer stetigen Verschlechterung der ökologischen Situation und macht Maßnahmen zur Restaurierung funktionaler Abläufe zur Erhaltung des gesamten Lebensraumes notwendig (SCHIEMER et al. 1999).

Ein langfristig zu sichernder Nutzungsaspekt in der Orther Au ist die Bedarfsdeckung für die Trinkwasserversorgung der umliegenden Gemeinden (BIFFL et al. 1995). Die Nutzung des Grundwasserkörpers für die Trinkwasserversorgung wird durch die Altarmvernetzung nachhaltig gesichert und negative ökologische Wirkungen können durch die Vernetzungsmassnahmen kompensiert werden (BMLF 1999).

Fragestellung Fachbereich Hydrochemie

Ein bestimmendes Kriterium für die ökologische Funktionsfähigkeit von Flussauen ist die hydrologische Vernetzung, die Konnektivität mit dem Hauptstrom. Das Ziel des Gesamtprojektes ist es daher durch bauliche Maßnahmen zur Erhöhung der hydrologischen Dynamik bzw. zur stärkeren hydrologischen Vernetzung beizutragen und so nachhaltig die ökologische Funktionsfähigkeit der Donauauen im Nationalparkgebiet zu erhalten bzw. zu verbessern. Zur Evaluierung der Massnahmen ist ein begleitendes ökologisches Monitoring vorgesehen.

Zielsetzung der geplanten baulichen Änderungen für das Massnahmegebiet Orth ist es, diesem Abschnitt den Charakter eines stark durchströmten Seitenarmes an durchschnittlich 290 Tage im Jahr zu geben (Details siehe Einreichung, NATIONALPARK DONAUAUEN GMBH 1998). Um diese Vorgaben zu erreichen sind 3 Absenkungen des uferbegleitenden Treppelweges auf MW₉₆ – 1 m (KWD 1996, WASSERSTRASSENDIREKTION 1998) zur verstärkten Anbindung an die Donau vorgesehen. Des weiteren sind die Abtragung der Badwandl traverse im Gewässerzug Große Binn und der Einbau eines Kastendurchlasses in die Tierbodentraverse im Gewässerzug Kleine Binn / Hagen zur Erhöhung der Durchgängigkeit innerhalb des Ausystemes geplant (Abb. 1). Einen generellen Überblick über den Zustand des Untersuchungsgebietes aus ökologischer Sicht findet sich bei HEILER (1997) und eine morphologische sowie hydrologische Charakterisierung der Orther Auen findet sich bei RECKENDORFER (2000).

Eine verstärkte hydrologische Vernetzung mit der Donau führt aufgrund der hydrochemischen Beschaffenheit der Donau zu einem Anstieg der Nährstofffrachten und Schwebstoffgehalte. Des weiteren kommt es auch zu Änderungen in der Dynamik des organischen Materials in den Altarmen. Diese Veränderungen gehen einher mit verkürzten Retentionszeiten aufgrund erhöhter Durchgängigkeit in den Altarmen und führen zu einer grundsätzlichen Umstellung der Produktionsabläufe in den Augewässern (HEIN et al. 1999b, TOCKNER et al. 1999). Die geänderte Dynamik der Nährstoffkonzentrationen, des organischen Materials und der Schwebstoffgehalte ist von zentraler Bedeutung für die Lebensgemeinschaften und deren Produktivität. Daher ist die Untersuchung dieser Vorgänge die Basis für eine Interpretation der floristischen und faunistischen Aufnahmen (SCHIEMER et al. 1999).

Die Erhebung vor und nach den Restrukturierungsmaßnahmen ermöglicht die Auswirkungen auf die einzelnen Gewässersysteme der Großen wie Kleinen Binn zu erfassen und die Eingriffe fachspezifisch zu beurteilen. In Relation zu charakteristischen hydrologischen Situationen wird das Nährstoffangebot für autotrophe Organismen, wie auch das Kohlenstoffangebot als Basis für die heterotrophe Aktivität abgeschätzt.

In dynamischen Augewässerabschnitten zeigen Phytoplankter nicht nur ausgeprägte Schwankungen sondern sind zumeist auch eine bedeutende Primärproduzentengruppe (HEIN et al. 1999a).

Der Einfluß hydrologischer Vernetzung auf die zeitliche wie räumliche Dynamik der Nährstoffsituation (anorganische wie auch organisch gebundene Verbindungen), um das Eutrophierungspotential und mögliche Konsequenzen abschätzen zu können, steht bei den Untersuchungen im Vordergrund.

Zielsetzungen der vorliegenden Studie:

- Voruntersuchung zur Evaluierung der geplanten Baumassnahmen
- Hydrochemische Charakterisierung der Orther Au
- Effekte der hydrologischen Vernetzung auf Phytoplanktondichten

Untersuchungsprogramm

Räumliches Design

Im Zuge der Erhebungen wurden 6 Standorte, die im Einflussbereich der geplanten Maßnahmen liegen, und 3 Referenzstandorte (RF2 und RF3 lt. Karte und die Donau – RF1 beim Ufergasthaus) ausgewählt (Abb. 1). Die Standorte O1 – O6 sind so gewählt, daß einerseits jeweils 3 in der Kleinen (O1, O2, O6) und 3 in der Großen (O3, O4, O5) Binn liegen. Des weiteren sind die Probenstandorte so positioniert, daß 3 (O2, O5, O6) oberhalb von Traversen liegen und 3 unterhalb, um die Barrierewirkung der einzelnen Traversen beurteilen zu können.

Die beiden Referenzpunkte im Altarmsystem bleiben von den Maßnahmen unbeeinflusst und können daher zur Interpretation hydrologisch bzw. saisonal bedingter Schwankungen herangezogen werden.

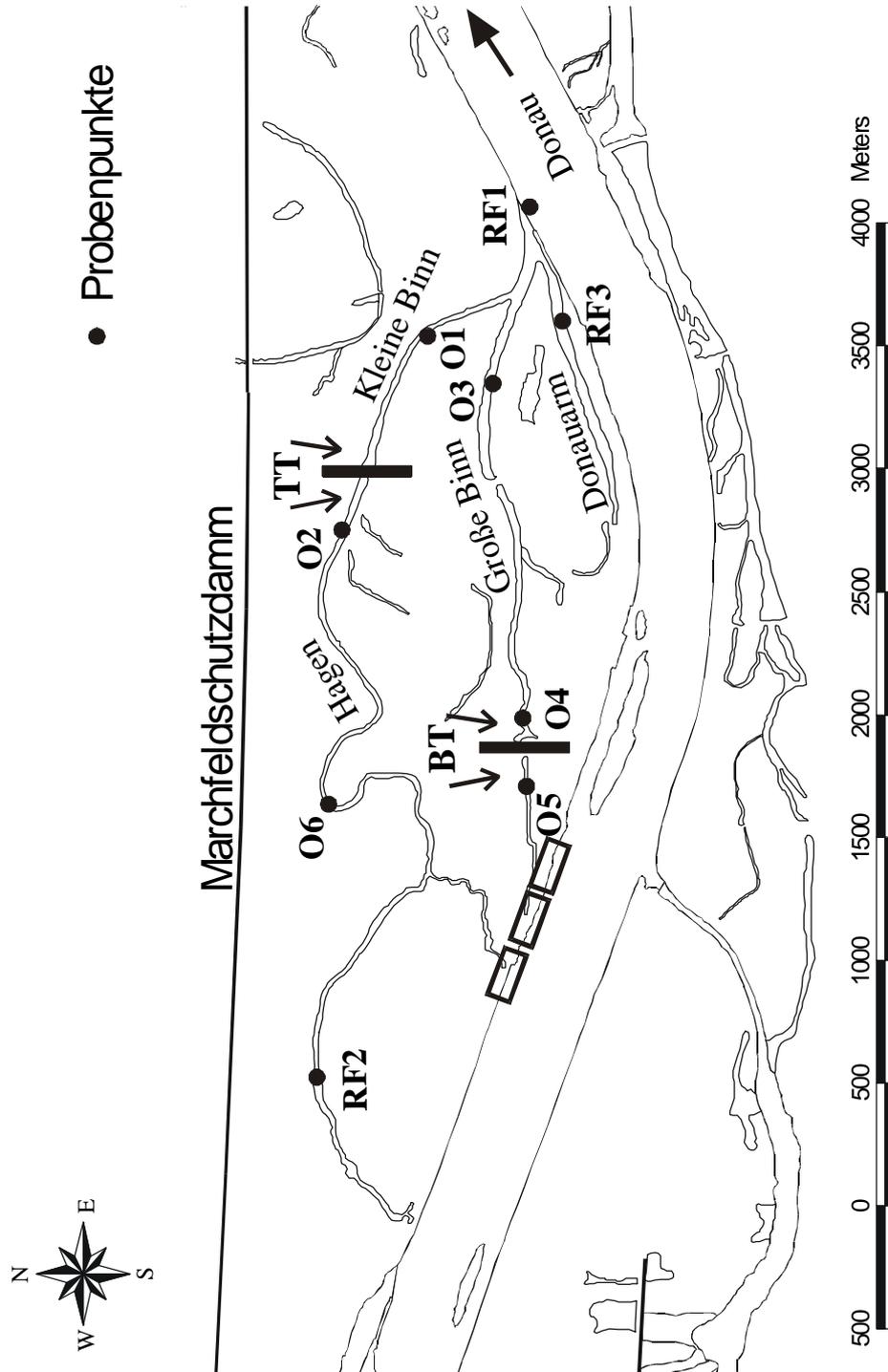


Abb. 1: Untersuchungsgebiet mit den Probestandorten und deren GIS Code. Schwarze Balken markieren die Traversen (TT: Tierbodentraverse, BT: Badwandltraverse), die umgebaut werden sollen. Pfeile zeigen Lage der Lattenpegel. Rechtecke symbolisieren die geplanten Absenkungen. Diese Karte ist dem Bericht in A3 Format beigelegt.

Zeitliches Design

6 Termine sind 1999 abhängig von den Donauwasserständen (Referenz Pegel Orth) vom 15.03.99 bis zum 15.09.99 durchgeführt worden (Tab. 1).

Tab. 1: Termine, Zielsetzung und hydrologische Bedingungen für die Probenahmen Modul III. HW: Hochwasser, MW: Mittelwasser, NW: Niederwasser bezogen auf KWD 1996 (WASSERSTRASSENDIREKTION 1998).

| Termine | Pegel Orth (cm), charakt. hydrologische Situation | Zielsetzung |
|----------|---|--------------------------------------|
| 15.03.99 | 356; HW (Peak: 03.03.99) | Ausmaß derzeitiger Vernetzung bei HW |
| 19.04.99 | 254; zw. MW und MW + 1 m | Ausmaß derzeitiger Vernetzung bei MW |
| 28.04.99 | 308; zw. MW und MW + 1 m | Ausmaß derzeitiger Vernetzung bei MW |
| 11.06.99 | 336; nach HW (Peak: 27.05.99) | Durchgängigkeit bzw. Heterogenität |
| 16.06.99 | 310; nach HW (Peak: 27.05.99) | Durchgängigkeit bzw. Heterogenität |
| 15.09.99 | 148; NW | Isolationsgrad vor den Baumaßnahmen |

Parameter und verwendete Methoden

Zur Beantwortung der gestellten Fragenkomplexe sind folgende Parameter untersucht worden.

Probenahme und Freilandhebungen

Das Wasser wurde an den jeweiligen Standorten in 20 cm Tiefe in gereinigte (mit 10 % HCl) und gespülte 5 bis 10 L Kanister gefüllt. Vor Ort wurde Temperatur, Leitfähigkeit, Sauerstoffgehalt und pH Wert mittels WTW Messgeräten Serie 330 bzw einer YSI Multisonde Serie 9000 ermittelt. Die Proben wurden dunkel aufbewahrt und innerhalb von drei Stunden ins Labor gebracht.

Laboranalysen

Im Labor wurden die Wasserproben am selben Tag für die chemischen Analysen filtriert. Vorbehandelte (4 h bei 450 °C erhitzt) Glasfaserfilter (GF/F) wurden für die Schwebstoffanalysen verwendet, das Filtrat wurde für die hydrochemischen Untersuchungen herangezogen. Für die Pigmentanalyse (Chl *a*) wurden die Proben durch Glasfaserfilter (GF/C) filtriert und die Filter tiefgekühlt bis zur Extraktion gelagert. Für die Bestimmung des organischen Materials wurden vorbehandelte (Säure gereinigt und 4 h bei 450 °C erhitzt) Glasfiltrationen und Glasfaserfilter (GF/F) benutzt. Das Filtrat wurde gekühlt bis zur Messung der optischen Eigenschaften bzw. zur DOC Analyse aufbewahrt. Die Filter wurden bei 60 °C getrocknet und tiefgekühlt gelagert.

Chemische Analysen

Die Untersuchungen zur Wasserchemie wurden vom Institut für Ökologie und Naturschutz (vormals Zoologie), Abt. Limnologie der Universität Wien durchgeführt. Die Parameter wurden nach Standardmethoden analysiert (GOLTERMAN et al. 1978, PARSONS et al. 1984) (Tab. 2). Nitrat wurde nach MÜLLER & WIEDEMANN (1955) und Chlorid photometrisch (MERCK 1984) bestimmt.

Analysen des organischen Materials

Der Kohlenstoffgehalt der gelösten Fraktion (DOC: Dissolved Organic Carbon) wurde mittels eines Shimadzu Modell „TOC-5000“ C-Analysers (Platinkatalysator auf Quarz) bestimmt (BENNER & STROM 1993). Die optischen Eigenschaften des gelösten organischen Materials wurden bestimmt um Hinweise über dessen Herkunft (terrestrisch oder aquatisch) bzw. Zusammensetzung (Aromatizität) zu bekommen (CHIN et al. 1994). Mittels Spektralphotometer (Hitachi Modell U2000) wurde die Absorption des Filtrats bei 250, 280, 300 und 360 nm gemessen, die Streuung (bei 700 nm) abgezogen; Reinstwasser (MilliQ) diente als Referenz (BATTIN 1998).

Die Absorbance (A_λ) wurde mit der Gleichung : $a_l = 2.303 \frac{A_l}{Cr}$ errechnet. λ ist die Messwellenlänge, a die Absorption, r die Küvettenlänge und C die DOC Konzentration (BATTIN 1998). Die Fluoreszenzeigenschaften des gelösten organischen Materials (Filtrat) wurden bei einer Anregung von 370 nm bei einem pH von 2 (Probe mit HCl angesäuert) mit einem Shimadzu Fluorometer Modell RF 1501 (1 cm Quartzküvette) gemessen (MCKNIGHT et al. in press). Als Referenz diente Reinstwasser (MilliQ) und wurde von den Probenwerten abgezogen. Zur Charakterisierung der Herkunft des organischen Materials wurde ein Index, das Verhältnis 450 zu 500 nm, herangezogen (MCKNIGHT et al. im Druck). Das C : N Verhältnis des gelösten organischen Materials wurde verwendet um ein Mass für die Qualität (Degradation, biologische Verfügbarkeit) zu erhalten.

Tab. 2: Parameter und Grundlage der angewendeten Methoden.

| Parameter | Methode | Einheit |
|--------------------------|---|-----------------------------|
| pH & Alkalinität | mit pH-Meter (Metrohm 651) und anschließender potentiometrischer Endpunktstiration bis pH 4,3. | - / mmol l ⁻¹ |
| Chlorid | photometrisch (l = 490 nm) über Eisen-(III)-thiocyanat | mg l ⁻¹ |
| Phosphorfractionen: | photometrisch (l = 885 nm) als reduzierte alpha-Phosphormolybdänsäure, gelöster und Totalphosphor nach Schwefelsäure/Peroxid Aufschluß. | µg l ⁻¹ |
| Nitrat | photometrisch (l = 420 nm) als Nitrosalicylat. | µg l ⁻¹ |
| Nitrit | photometrisch (l = 543 nm) als Azofarbstoff. | µg l ⁻¹ |
| Ammonium | photometrisch (l = 685 nm) als Indophenolblau, Berthelot - Reaktion. | µg l ⁻¹ |
| Stickstofffractionen | photometrisch (l = 685 nm) als Indophenolblau nach Schwefelsäure/Peroxid Aufschluß. | µg l ⁻¹ |
| Schwebstoffgehalt | Vorbehandelte Filter (GF/F - 4 h bei 450 °C); nach Filtration über Nacht bei 95 °C trocknen; für Aschgewicht 4 h bei 450 °C | mg l ⁻¹ |
| organischer Anteil (POM) | Differenz Trockengewicht - Aschgewicht | mg l ⁻¹ |
| Chlorophyll a (Chl a) | photometrisch nach Kaltextraktion mit Aceton bei 663 nm und 750 nm | µg l ⁻¹ |

Statistische Auswertungen

Die Dateneingabe aller erhobenen Parameter erfolgte in eine Datenbank, gesichert auf der Abt. Limnologie des Institutes für Ökologie und Naturschutz, entsprechend den Vorgaben des Auftraggebers.

Alle statistischen Auswertungen wurden mit dem Software Paket „SPSS for Windows“ berechnet. Eine Beschreibung der statistischen Verfahren findet sich bei RECKENDORFER & BARANYI (2000). Die Unterschiede zwischen den Standorten wurden mittels eines nicht parametrischen Tests (Kruskal Wallis Test) überprüft, da die Varianzhomogenität nicht in allen Fällen gegeben war (Leven's Test). Der paarweise Vergleich wurde mit dem Tamhane's post hoc test (Tam.p.h.t.) durchgeführt. Grundlage der Hauptkomponentenanalyse war eine Korrelationsmatrix von 7 Variablen, die in unterschiedlichen Ausystemen (Untere Lobau: Standorte vom Schönauer Wasser bis zum Eberschüttwasser (HEIN 2000a), Regelsbrunn: 6 Standorte im Hauptgewässerzug (HEIN 2000b), Orth: Standorte des vorliegenden Berichts) und der Donau (2 Standorte) zu 2 Terminen (1. bei MW zwischen 13. und 19. April 1999; 2. nach HW zwischen 08. und 11. Juni 1999) erhoben wurden (Tab. 9). Die extrahierten und varimax rotierten Hauptkomponenten (Faktor 1 und 2) wurden in Beziehung zu den Ladungen der Originalvariablen gebracht. Eine Varianzanalyse (ANOVA Design) der berechneten Faktoren wurde anhand der gruppierenden Variable Standorte durchgeführt und signifikante Unterschiede mit dem Scheffe's Test überprüft.

Ergebnisse

Hydrologie

Die Wasserführung der Donau lag über dem langjährigen Mittel, während der Untersuchungsperiode 1999 wurde zu 85 % Mittelwasser (MW_{96} lt. WASSERSTRASSENDIREKTION 1998) überschritten (Abb. 2). Niederwasserperioden konnten nur gegen Ende der Untersuchung im September festgestellt werden. 2 Hochwasserwellen traten in diesem Zeitraum auf, die erste am 23.02.99 und die zweite zwischen 23. und 27.05.99 mit jeweils einer Höhe um HSW_{96} (WASSERSTRASSENDIREKTION 1998).

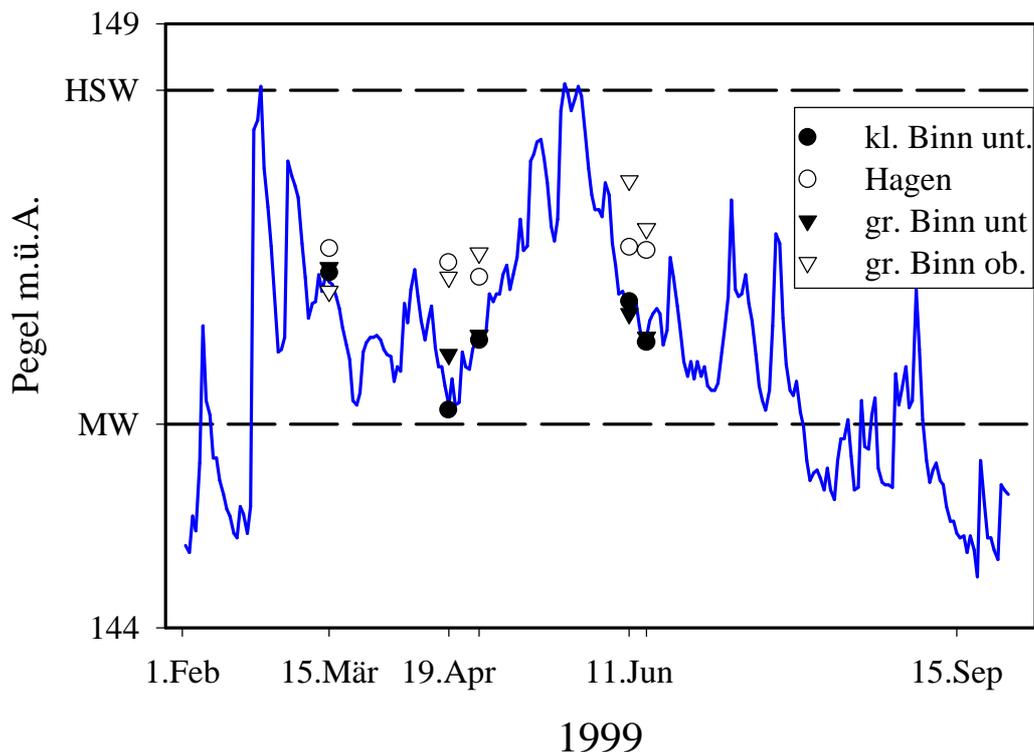


Abb. 2: Pegel Orth (Donau), Pegeldata innerhalb des Ausystems. MW und HSW (höchster schiffbarer Wasserstand) laut KWD 1996 (WSD 1998).

Im Ausystem waren die Wasserstände unterhalb der Traversen (Badwandl- bzw. Tierbodentraverse) deutlich unter den Werten oberhalb. Nur am 15.03.99 aufgrund nachhaltiger kleinerer Hochwasserwellen wurden kaum Höhenunterschiede ober- und unterhalb der Traversen festgestellt (Abb. 2).

Aufgrund der geringen Ablesefrequenz der Lattenpegel im Augebiet (Abb. 1) im Jahre 1999 und damit verbunden der geringen Aussagekraft, wurden Pegelablesungen von Juni 1996 bis April 1997 zur weiteren Analyse herangezogen. Pegelweganalysen ergaben die höchste Fluktuation im Augebiet in der Kleinen Binn, gefolgt von der Großen Binn oberhalb der Badwandltraverse (Tab. 3). Die geringsten Schwankungen wurden für den Abschnitt oberhalb der Tierbodentraverse kalkuliert. Die Summe der Schwankungen über den Beobachtungszeitraum bestätigten den Trend, abnehmende Werte von der Donau zum Hagen (Kleine Binn oberhalb) (Tab. 3).

Tab. 3: Pegelweganalysen der 4 Lattenpegel im Orther Ausystem und der Donau bei Orth. Daten (10.06.96 bis 30.04.97) zur Verfügung gestellt von der Wasserstraßendirektion. MW: Mittelwert, Stdabw: Standardabweichung, tägl. PD: tägliche Pegeldifferenz absolut, PW: Pegelweg. Gr B OW: Große Binn Oberwasser, Gr B UW: Große Binn Unterwasser, Kl B: Kleine Binn.

| Parameter | Donau | Gr B OW | Gr B UW | Hagen | Kl B |
|---------------------|-------|---------|---------|-------|------|
| MW tägl. PD (m) | 0,26 | 0,16 | 0,11 | 0,08 | 0,20 |
| Stdabw tägl. PD (m) | 0,26 | 0,18 | 0,19 | 0,15 | 0,24 |
| PW Σ (m) | 25,52 | 15,23 | 10,35 | 7,61 | 19,4 |

Die Pegelaufzeichnungen aus den Jahren 96/97 zeigen, dass die Wasserstände unterhalb der Tierbodentraverse mit dem Donaupegel mitschwingen (lineare Regression: $r^2 = 0,69$; $p < 0,001$; $n = 277$), während der Bereich unterhalb der Badwandltraverse nur bei höheren Wasserständen die Oszillationen der Donau nachvollzieht (HEILER 1997). Die Badwandltraverse ist durch eine geringere hydrologische Stauwirkung im Vergleich zur Tierbodentraverse charakterisiert, der Pegelstand im Unterwasser liegt im Mittel sogar um 30 ± 29 cm höher als oberhalb.

Nach einer Hochwasserspitze sinkt der Pegel innerhalb kurzer Zeit ab und pendelt sich auf den Wasserstand der Donau ein (HEILER 1997). Die Tierbodentraverse hat derzeit eine starke Stauwirkung auf den Hagen, im Mittel beträgt die Differenz 87 ± 72 cm zur Kleinen Binn (Unterwasser). Nach Hochwasserspitzen geht dieser Pegel innerhalb von 30 Tagen auf Mittelwasserniveau zurück.

Standortvergleich hydrochemischer Parameter

Zur Darstellung genereller Trends und Unterschiede zwischen den Standorten, wurden die statistischen Kenngrößen tabellarisch zusammengefasst und auf ihre signifikanten Unterschiede (Tam.p.h.t., $p < 0,05$) getestet.

Geochemische Parameter (Tab. 4)

Leitfähigkeit wie auch Alkalinität zeigten ähnliche Trends in diesem Auebereich, geringe Mittelwerte bei den Referenzstandorten (RF) 1 und 3 und signifikant höhere Werte bei RF2. Alle Referenzstandorte waren durch geringe Standardabweichungen charakterisiert, ein Hinweis auf konstante hydrologische Bedingungen. Die höchste durchschnittliche Leitfähigkeit und Alkalinität wurde bei O1 gemessen, bei O5 die geringsten Mittelwerte. Der Gewässerzug Kleine Binn / Hagen war tendenziell durch höhere Mittelwerte als die Standorte in der Großen Binn charakterisiert. Dies weist einerseits auf die stärkere Isolation der Kleinen Binn von der Donau hin und lässt sich andererseits vor allem bei O1 durch eine Beeinflussung von anderen Dotationsquellen (ev. Grundwasser) erklären. Die Chloridkonzentrationen zeigten ein sehr homogenes Bild mit einer Schwankungsbreite zwischen 8 und 19 mg l⁻¹ aller gemessenen Werte, die geringsten Werte wurden in der Großen Binn im Juni nach dem Hochwasser festgestellt.

Tab. 4: Statistische Kenngrößen ausgewählter geochemischer Parameter. MW: Mittelwert, Stdabw: Standardabweichung. Gewässerabkürzungen siehe Tab. 3.

| Parameter | Standort | Gewässer | Anzahl | MW | Stdabw | Minimum | Maximum |
|--|----------|----------|--------|------|--------|---------|---------|
| Leitfähigkeit $\mu\text{S cm}^{-1}$ | O1 | Kl Binn | 6 | 528 | 93 | 433 | 692 |
| | O2 | Hagen | 6 | 461 | 76 | 330 | 547 |
| | O3 | Gr Binn | 6 | 462 | 62 | 384 | 561 |
| | O4 | Gr Binn | 6 | 445 | 29 | 408 | 477 |
| | O5 | Gr Binn | 6 | 373 | 39 | 316 | 409 |
| | O6 | Hagen | 6 | 501 | 53 | 399 | 550 |
| | RF1 | Donau | 6 | 382 | 32 | 335 | 425 |
| | RF2 | Hagen | 6 | 518 | 37 | 480 | 565 |
| | RF3 | Donauarm | 4 | 395 | 32 | 372 | 442 |
| Alkalinität mmol l^{-1} | O1 | Kl Binn | 6 | 4,47 | 0,99 | 3,28 | 6,24 |
| | O2 | Hagen | 6 | 3,83 | 0,71 | 2,80 | 4,72 |
| | O3 | Gr Binn | 6 | 3,84 | 0,61 | 3,26 | 5,00 |
| | O4 | Gr Binn | 6 | 3,63 | 0,06 | 3,53 | 3,70 |
| | O5 | Gr Binn | 6 | 2,93 | 0,21 | 2,66 | 3,28 |
| | O6 | Hagen | 6 | 4,26 | 0,41 | 3,56 | 4,78 |
| | RF1 | Donau | 6 | 3,02 | 0,19 | 2,72 | 3,20 |
| | RF2 | Hagen | 6 | 4,47 | 0,55 | 3,76 | 5,34 |
| | RF3 | Donauarm | 4 | 3,25 | 0,27 | 3,04 | 3,64 |

Gelöste anorganische Nährstoffe (Tab. 5)

Die mittleren Nährstoffkonzentrationen waren durch deutlich höhere Werte in der Großen Binn (O3, O4, O5) gekennzeichnet. O4 hatte die signifikant höchsten mittleren Nitrat- und Orthophosphatwerte im Aubereich. Die Standorte in der Kleinen Binn waren durch die geringsten Konzentrationen und einen abnehmenden Trend flussaufwärts charakterisiert. Die Referenzstandorte (RF2 und 3) bestätigten den Trend, nämlich mit stärkerer Vernetzung steigende Nährstoffkonzentrationen. Die Ammoniumwerte lagen im Mittel deutlich unter $40 \mu\text{g l}^{-1}$, nur bei O5 wurden höhere Werte nachgewiesen. Die Nährstoffkonzentrationen in der Donau waren im Bereich anderer Untersuchungen (HEIN et al. 1999b, TOCKNER et al. 1999).

Tab. 5: Statistische Kenngrößen ausgewählter nährstoffchemischer Parameter.

| Parameter | Standort | Gewässer | Anzahl | MW | Stdabw | Minimum | Maximum |
|--------------------|----------|----------|--------|-------|--------|---------|---------|
| PO ₄ -P | O1 | Kl Binn | 6 | 2 | 0,8 | 1 | 3 |
| µg l ⁻¹ | O2 | Hagen | 6 | 2 | 0,8 | 1 | 3 |
| | O3 | Gr Binn | 6 | 8 | 8,3 | 2 | 22 |
| | O4 | Gr Binn | 5 | 29 | 8,9 | 14 | 36 |
| | O5 | Gr Binn | 6 | 7 | 8,2 | 2 | 23 |
| | O6 | Hagen | 6 | 2 | 0,5 | 2 | 3 |
| | RF1 | Donau | 5 | 20 | 12,1 | 6 | 38 |
| RF2 | Hagen | 6 | 4 | 4,9 | 1 | 14 | |
| RF3 | Donauarm | 4 | 4 | 4,0 | 2 | 10 | |
| NO ₃ -N | O1 | Kl Binn | 6 | 787 | 733,7 | 246 | 2251 |
| µg l ⁻¹ | O2 | Hagen | 6 | 420 | 684,7 | 53 | 1784 |
| | O3 | Gr Binn | 6 | 1086 | 559,2 | 165 | 1687 |
| | O4 | Gr Binn | 6 | 1435 | 796,3 | 174 | 2320 |
| | O5 | Gr Binn | 6 | 883 | 782,5 | 69 | 2380 |
| | O6 | Hagen | 6 | 301 | 432,9 | 55 | 1172 |
| | RF1 | Donau | 6 | 1917 | 480,1 | 1487 | 2740 |
| | RF2 | Hagen | 6 | 433 | 558,8 | 77 | 1540 |
| RF3 | Donauarm | 4 | 1241 | 146,2 | 1107 | 1428 | |

Partikuläre Parameter (Tab. 6)

Die anorganischen Schwebstoffkonzentrationen (PIM: particulate inorganic matter) spiegeln aufgrund der hohen Frachten der Donau bei Vernetzung das Ausmass der Integration der Altarme in das Abflussgeschehen der Donau wider (HEIN et al. 1999b). Die Standorte O1, O3 und RF3, die mit der Donau oberflächlich in Verbindung stehen, zeigten zwar die höchsten Mittelwerte im Augebiet, waren aber auch kurz nach Hochwassersituationen doch deutlich geringer als der entsprechende Donauwert. Der hohe Mittelwert bei Standort O5 war auf einen hohen Extremwert (15.09.99: 38 mg l⁻¹) aufgrund der Resuspension von Sediment während der fast vollständigen Austrocknung dieses Abschnittes zurückzuführen.

Bei der organischen Partikelfraktion (POM: particulate organic matter) wurden bei RF2 und RF3 die höchsten Mittelwerte gefunden, bei den Chl *a* Konzentrationen waren O5 und RF3 durchschnittlich am höchsten. Die Chl *a* Werte liegen im Orther Auegebiet generell höher als im Regelsbrunner Ausystem nach der Öffnung (HEIN 2000b). Der Standort O4 war durch die geringsten Konzentrationen bei allen dargestellten partikulären Parametern charakterisiert.

Tab. 6: Statistische Kenngrößen ausgewählter partikulärer Parameter. PIM: particulate inorganic matter – partikuläres anorganisches Material, POM: particulate organic matter, P_{part}: partikulärer Phosphor, N_{part}: partikulärer Stickstoff.

| Parameter | Standort | Gewässer | Anzahl | MW | Stdabw | Minimum | Maximum |
|---|----------|----------|--------|-------|--------|---------|---------|
| PIM mg l ⁻¹ | O1 | Kl Binn | 6 | 7,20 | 1,88 | 5,20 | 10,30 |
| | O2 | Hagen | 6 | 6,91 | 4,27 | 3,54 | 15,32 |
| | O3 | Gr Binn | 6 | 9,81 | 10,09 | 2,34 | 29,68 |
| | O4 | Gr Binn | 6 | 1,60 | 0,77 | 0,70 | 2,81 |
| | O5 | Gr Binn | 6 | 10,47 | 13,82 | 2,38 | 38,38 |
| | O6 | Hagen | 6 | 4,13 | 1,57 | 2,72 | 6,18 |
| | RF1 | Donau | 6 | 31,05 | 28,76 | 9,84 | 82,30 |
| | RF2 | Hagen | 6 | 3,96 | 0,72 | 2,93 | 4,68 |
| | RF3 | Donauarm | 4 | 11,76 | 4,86 | 5,92 | 17,82 |
| POM mg l ⁻¹ | O1 | Kl Binn | 6 | 5,85 | 1,60 | 3,67 | 7,90 |
| | O2 | Hagen | 6 | 6,19 | 1,47 | 4,34 | 7,94 |
| | O3 | Gr Binn | 6 | 4,63 | 3,77 | 1,49 | 9,64 |
| | O4 | Gr Binn | 6 | 1,24 | 0,54 | 0,61 | 2,06 |
| | O5 | Gr Binn | 6 | 6,40 | 1,84 | 4,76 | 9,96 |
| | O6 | Hagen | 6 | 5,78 | 1,39 | 3,90 | 7,52 |
| | RF1 | Donau | 6 | 6,36 | 2,41 | 3,60 | 10,06 |
| | RF2 | Hagen | 6 | 7,06 | 2,48 | 2,63 | 9,86 |
| | RF3 | Donauarm | 4 | 7,51 | 0,60 | 6,78 | 8,02 |
| P _{part} µg l ⁻¹ | O1 | Kl Binn | 6 | 49 | 16 | 27 | 70 |
| | O2 | Hagen | 6 | 50 | 17 | 36 | 81 |
| | O3 | Gr Binn | 6 | 45 | 28 | 13 | 81 |
| | O4 | Gr Binn | 6 | 7 | 6 | 2 | 19 |
| | O5 | Gr Binn | 6 | 66 | 42 | 31 | 149 |
| | O6 | Hagen | 6 | 46 | 7 | 40 | 57 |

Fortsetzung Tab. 6.

| Parameter | Standort | Gewässer | Anzahl | MW | Stdabw | Minimum | Maximum |
|----------------------|----------|----------|--------|-----|--------|---------|---------|
| P_{part} | RF1 | Donau | 6 | 47 | 13 | 34 | 66 |
| $\mu\text{g l}^{-1}$ | RF2 | Hagen | 6 | 57 | 22 | 25 | 90 |
| | RF3 | Donauarm | 4 | 55 | 16 | 43 | 78 |
| N_{part} | O1 | Kl Binn | 6 | 353 | 175 | 96 | 561 |
| $\mu\text{g l}^{-1}$ | O2 | Hagen | 6 | 387 | 159 | 194 | 654 |
| | O3 | Gr Binn | 6 | 296 | 214 | 55 | 638 |
| | O4 | Gr Binn | 6 | 101 | 77 | 28 | 198 |
| | O5 | Gr Binn | 6 | 464 | 225 | 166 | 788 |
| | O6 | Hagen | 6 | 351 | 148 | 74 | 478 |
| | RF1 | Donau | 6 | 187 | 25 | 143 | 217 |
| | RF2 | Hagen | 6 | 394 | 233 | 49 | 604 |
| | RF3 | Donauarm | 4 | 393 | 169 | 186 | 550 |
| Chl <i>a</i> | O1 | Kl Binn | 6 | 39 | 18 | 14 | 62 |
| $\mu\text{g l}^{-1}$ | O2 | Hagen | 6 | 33 | 11 | 15 | 49 |
| | O3 | Gr Binn | 6 | 23 | 24 | 1 | 59 |
| | O4 | Gr Binn | 6 | 2 | 3 | 0 | 7 |
| | O5 | Gr Binn | 6 | 44 | 17 | 20 | 66 |
| | O6 | Hagen | 6 | 26 | 6 | 20 | 35 |
| | RF1 | Donau | 6 | 19 | 12 | 6 | 38 |
| | RF2 | Hagen | 6 | 28 | 11 | 11 | 41 |
| | RF3 | Donauarm | 4 | 44 | 32 | 17 | 90 |

Gelöstes organisches Material (Tab. 7)

Geringere mittlere Konzentrationen an gelöstem organischen Kohlenstoff wurden bei den mit der Donau in Verbindung stehenden Standorten O1, O3 und RF3 ermittelt, während im Bereich des Hagen (O2, O6, RF2) tendenziell höhere Mittelwerte gemessen wurden. Der gelöste organische Phosphor (DOP) war bei allen Standorten im Mittel unter $10 \mu\text{g l}^{-1}$, nur bei O5 konnten höhere Werte ($11 \pm 8 \mu\text{g l}^{-1}$) gefunden werden. Parameter zur Bestimmung des Ursprungs wie auch des Degradationszustandes der gelösten Fraktion deuteten bei allen Standorten auf eine Dominanz terrestrischer Quellen anhand des Fluoreszenzindex ($< 1,5$) bzw. auf refraktäres Material anhand

der C : N Werte (> 10) hin. Auch die Absorptionswerte (UV Ratio) bestätigten einerseits die geringen Unterschiede zwischen den Standorten und andererseits die Dominanz refraktärer Komponenten.

Die Konzentrationen des organischen Materials deuteten auf keine signifikanten räumlichen wie zeitlichen Trends innerhalb der Orther Auen hin. Generell ist bei allen Standorten das Verhältnis zwischen gelöster und partikulärer organischer Fraktion um 1, ein Hinweis auf die größere Bedeutung autochthoner Produktion und intensivierter biologischer Abbauvorgänge (TOCKNER et al. 1999). Terrestrisches, refraktäres Material dominiert quantitativ den gelösten organischen Pool (Tab. 7), wobei der Umsatz einzelner Stoffklassen, die auf die tatsächliche mikrobielle Aktivität Einfluss haben (ZEPP & SONNTAG 1995), im Rahmen dieser Studie nicht näher differenziert wurden (KARGL, unpubl. Daten).

Tab. 7: Statistische Kenngrößen ausgewählter gelöster organischer Parameter.
DOC: dissolved organic carbon.

| Parameter | Standort | Gewässer | Anzahl | MW | Stdabw | Minimum | Maximum |
|--------------------|----------|----------|--------|-------|--------|---------|---------|
| DOC | O1 | Kl Binn | 6 | 2,97 | 1,05 | 2,03 | 5,02 |
| mg l ⁻¹ | O2 | Hagen | 6 | 3,58 | 0,71 | 2,41 | 4,32 |
| | O3 | Gr Binn | 6 | 2,57 | 1,37 | 1,74 | 5,29 |
| | O4 | Gr Binn | 6 | 2,31 | 0,96 | 1,48 | 4,17 |
| | O5 | Gr Binn | 5 | 3,48 | 0,52 | 2,95 | 4,25 |
| | O6 | Hagen | 6 | 4,01 | 1,39 | 2,56 | 5,98 |
| | RF1 | Donau | 6 | 2,81 | 0,86 | 2,04 | 3,96 |
| | RF2 | Hagen | 5 | 3,94 | 1,35 | 2,43 | 5,22 |
| | RF3 | Donauarm | 3 | 2,23 | 0,24 | 2,08 | 2,51 |
| C:N | O1 | Kl Binn | 6 | 14,85 | 6,47 | 10,27 | 27,74 |
| | O2 | Hagen | 6 | 14,69 | 3,62 | 10,66 | 21,11 |
| | O3 | Gr Binn | 6 | 17,56 | 17,08 | 9,83 | 52,36 |
| | O4 | Gr Binn | 6 | 18,58 | 9,86 | 10,35 | 35,63 |
| | O5 | Gr Binn | 5 | 13,86 | 5,03 | 9,53 | 21,64 |
| | O6 | Hagen | 6 | 17,83 | 3,84 | 14,65 | 23,82 |
| | RF1 | Donau | 6 | 16,08 | 5,63 | 9,80 | 25,64 |
| | RF2 | Hagen | 5 | 14,95 | 2,89 | 9,87 | 16,78 |
| | RF3 | Donauarm | 3 | 11,57 | 1,18 | 10,32 | 12,67 |

Fortsetzung Tab. 7.

| Parameter | Standort | Gewässer | Anzahl | MW | Stdabw | Minimum | Maximum |
|--------------|----------|----------|--------|------|--------|---------|---------|
| Ratio Fluor | O1 | Kl Binn | 4 | 1,47 | 0,08 | 1,41 | 1,59 |
| 450/500 nm | O2 | Hagen | 4 | 1,42 | 0,02 | 1,41 | 1,44 |
| Ex 370 | O3 | Gr Binn | 4 | 1,46 | 0,07 | 1,39 | 1,55 |
| | O4 | Gr Binn | 4 | 1,47 | 0,05 | 1,41 | 1,52 |
| | O5 | Gr Binn | 3 | 1,40 | 0,04 | 1,38 | 1,45 |
| | O6 | Hagen | 4 | 1,43 | 0,03 | 1,41 | 1,47 |
| | RF1 | Donau | 4 | 1,43 | 0,06 | 1,38 | 1,51 |
| | RF2 | Hagen | 4 | 1,43 | 0,01 | 1,41 | 1,44 |
| | RF3 | Donauarm | 3 | 1,45 | 0,04 | 1,41 | 1,49 |
| UV Ratio | O1 | Kl Binn | 6 | 6,36 | 0,87 | 5,59 | 8,00 |
| 250 / 360 nm | O2 | Hagen | 6 | 6,31 | 0,61 | 5,80 | 7,38 |
| | O3 | Gr Binn | 6 | 6,07 | 0,74 | 5,29 | 7,50 |
| | O4 | Gr Binn | 6 | 6,26 | 1,18 | 4,56 | 7,50 |
| | O5 | Gr Binn | 5 | 5,77 | 0,44 | 5,47 | 6,56 |
| | O6 | Hagen | 6 | 6,13 | 0,83 | 5,29 | 7,44 |
| | RF1 | Donau | 6 | 5,90 | 0,54 | 5,09 | 6,33 |
| | RF2 | Hagen | 5 | 6,07 | 0,57 | 5,33 | 6,83 |
| | RF3 | Donauarm | 3 | 6,42 | 0,73 | 5,60 | 7,00 |

Sauerstoff, pH Wert (Tab. 8)

Die höchsten Sauerstoffsättigungen wurden bei flussaufwärts gelegenen Abschnitten (O5 und O6) gefunden. Neben den Sauerstoffverhältnissen waren auch der mittlere pH Wert wie auch die mittlere Chl *a* Konzentration (Tab. 6) und der mittlere gelöste organische Phosphor bei O5 am höchsten, ein Hinweis auf die hohe Produktivität des Phytoplanktons in diesem Bereich.

Der Standort O4 ist durch eine deutlich differierende hydrochemische Beschaffenheit gekennzeichnet (Tab. 5, 6 und 8). Neben der signifikant geringsten Sauerstoffsättigung und dem geringsten mittleren pH Wert wurden extrem geringe Konzentrationen an Schwebstoffen und Phytoplankton bei gleichzeitig signifikant höheren Nährstoffkonzentrationen bei O4 ermittelt.

Diese Befunde zeigen die derzeitige räumliche Heterogenität der Großen Binn unterhalb der Badwandl traverse. Eine Durchgängigkeit dieses Gewässerzuges ist nur bei Hochwasserereignissen gegeben.

Tab. 8: Statistische Kenngrößen ausgewählter Parameter. MW: Mittelwert, Stdabw: Standardabweichung.

| Parameter | Standort | Gewässer | Anzahl | MW | Stdabw | Minimum | Maximum |
|-------------------------------|----------|----------|--------|-----|--------|---------|---------|
| O ₂ Sättigung % | O1 | Kl Binn | 4 | 118 | 25 | 83 | 140 |
| | O2 | Hagen | 3 | 136 | 16 | 121 | 153 |
| | O3 | Gr Binn | 3 | 133 | 66 | 57 | 175 |
| | O4 | Gr Binn | 3 | 36 | 7 | 28 | 43 |
| | O5 | Gr Binn | 3 | 163 | 13 | 154 | 178 |
| | O6 | Hagen | 3 | 142 | 42 | 95 | 175 |
| pH (Freiland) | RF1 | Donau | 5 | 114 | 18 | 95 | 133 |
| | RF2 | Hagen | 3 | 131 | 37 | 91 | 163 |
| | RF3 | Donauarm | 3 | 139 | 9 | 133 | 149 |
| | O1 | Kl Binn | 5 | 8,0 | 0,2 | 7,8 | 8,3 |
| | O2 | Hagen | 5 | 8,4 | 0,2 | 8,0 | 8,7 |
| | O3 | Gr Binn | 5 | 8,1 | 0,3 | 7,8 | 8,5 |
| | O4 | Gr Binn | 5 | 7,8 | 0,2 | 7,6 | 8,2 |
| | O5 | Gr Binn | 5 | 8,5 | 0,1 | 8,4 | 8,7 |
| | O6 | Hagen | 5 | 8,2 | 0,1 | 8,1 | 8,4 |
| RF1 | Donau | 5 | 8,3 | 0,2 | 8,0 | 8,4 | |
| RF2 | Hagen | 5 | 8,2 | 0,3 | 7,8 | 8,6 | |
| RF3 | Donauarm | 3 | 8,3 | 0,2 | 8,2 | 8,5 | |

Effekte der Traversen auf charakteristische Parameter

Um die hydrologische Durchlässigkeit der Traversen und damit die Durchgängigkeit innerhalb der Altarme zu beleuchten, wurden die Standorte in oberhalb (O2, O5, O6) und unterhalb der Traversen (O1, O3, O4) differenziert und mit den Referenzstandorten 1 und 2 bei den 6 Untersuchungsterminen verglichen. Zwei Parameter (anorganische Schwebstoff- und Nitratkonzentrationen) wurden für diese Darstellungen herangezogen.

Anorganische Schwebstoffe (PIM)

Bei den anorganischen Schwebstoffkonzentrationen waren kaum Unterschiede zwischen ober- und unterhalb der Traversen festzustellen (Abb. 3). Bei den „nach Hochwasser“ Situationen im Juni wurden tendenziell höhere Mittelwerte unterhalb der Traversen festgestellt, die Konzentrationen in der Donau (RF1) waren jedoch deutlich höher als im Ausystem. Auffallend waren die höchsten mittleren Konzentrationen oberhalb der Traversen während einer Niedrigwassersituation (15.09.99) aufgrund der Resuspension von Sedimentpartikeln.

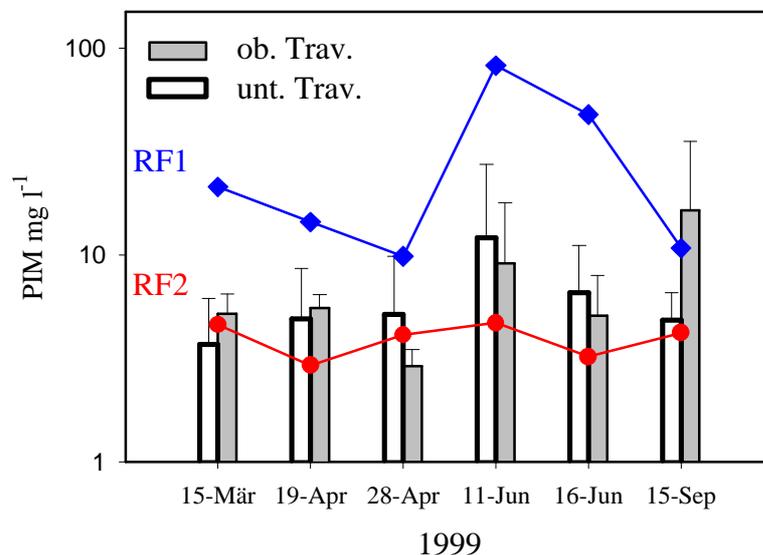


Abb. 3: Balken stellen Mittelwert und Standardabweichung ober- und unterhalb der Traversen dar, die umgebaut werden sollen. Ganglinien zeigen RF1 (Donau) und RF2 (Hagen). Y-Achse logarithmisch skaliert.

Nitrat

Die Nitratkonzentrationen zeigten bei dieser Darstellung signifikant unterschiedliche Konzentrationen zwischen ober- und unterhalb der Bauwerke (Abb. 4). Die maximalen Werte wurden im gesamten Augebiet im März gemessen. Die Konzentration der Donau spiegelte sich in den Konzentrationen im Bereich unterhalb der Traversen wider. Bei Anbindung an den Strom wurden durchwegs Nitratkonzentrationen um $1000 \mu\text{g l}^{-1}$ und höher ermittelt. Die Konzentrationen oberhalb der Traversen lagen im Bereich der Werte bei RF2.

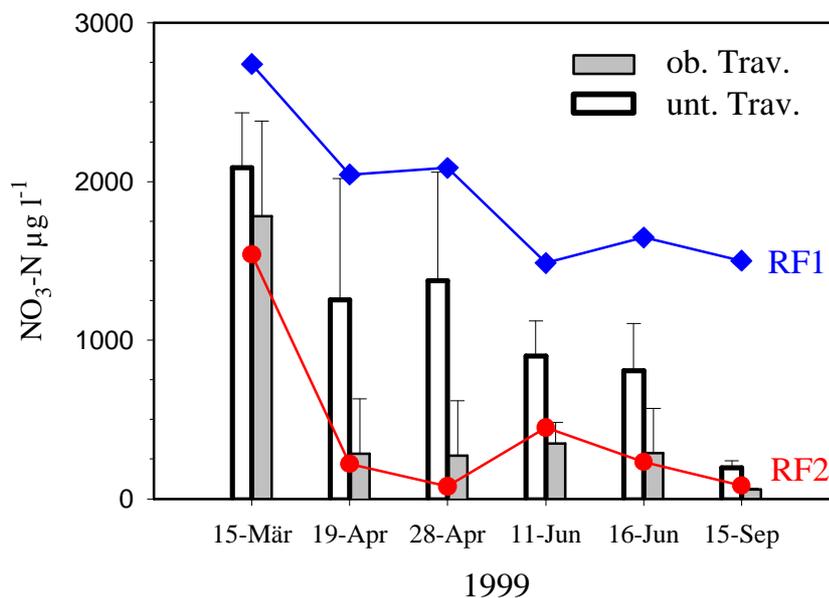


Abb. 4: Nitratkonzentrationen: Balken stellen Mittelwert und Standardabweichung ober- und unterhalb der Traversen dar. Ganglinien zeigen RF1 (Donau) und RF2 (Hagen).

Räumliche Darstellung chemischer Parameter

Das Ausmass der hydrologischen Vernetzung lässt sich anhand der flächigen Darstellung zu charakteristischen Wasserständen nachvollziehen (Abb. 5). Leitfähigkeit wie auch Nitratkonzentration waren nach einem Hochwasser wie auch bei Niederwasser kaum unterschiedlich im Hauptstrom. In Relation zum Donauwert zeigten sich aber im Aubereich deutliche Trends.

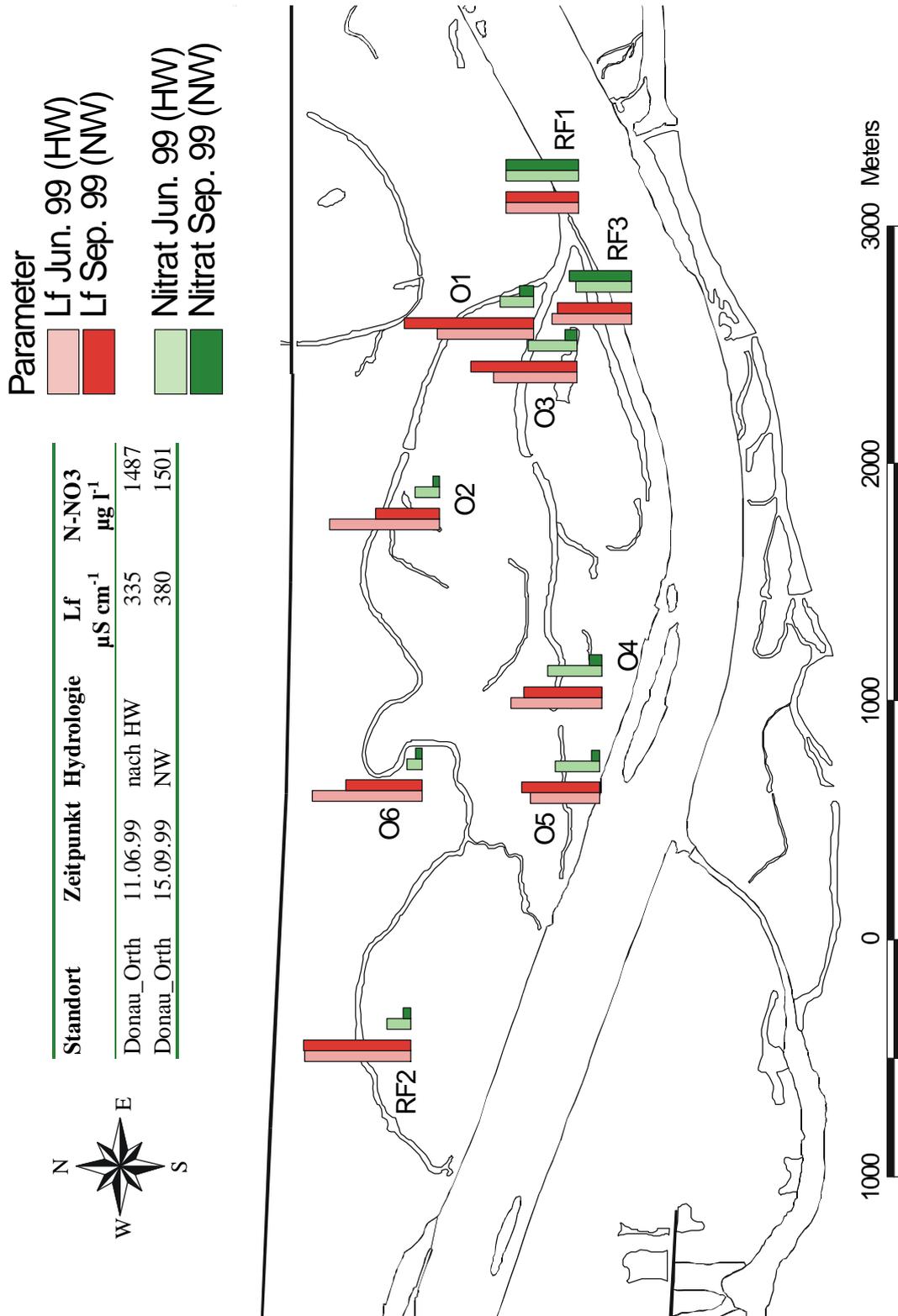


Abb. 5: Nitrat und Leitfähigkeit an 2 Terminen (nach HW und NW) in Relation (%) zum Donauwert (RF1 entspricht 100 %).

Die Leitfähigkeit stieg bei den donaanahen Standorten (O1, O3) während bei den entfernteren Standorten (O2, O4, O6) im Herbst abnehmende Tendenzen ermittelt wurden. Die Referenzstandorte 2 und 3 zeigten kaum Schwankungen im geochemischen Bereich. Bei Nitrat konnten im September durchwegs gesunkene Konzentrationen festgestellt werden (Abb. 5). Vor allem im Gewässerzug der Großen Binn kam es zu deutlichen Abnahmen. Nur bei RF3 wurden zu beiden Terminen ähnlich hohe Nitratwerte gemessen.

Effekt der Nährstoffsituation auf die Phytoplanktonbiomasse

Oberhalb der Traversen

Im jahreszeitlichen Verlauf zeigte sich oberhalb der Traversen, dass durchschnittlich ein Chl *a* Niveau zwischen 25 und 45 $\mu\text{g l}^{-1}$ bestand, während die Phosphatwerte kaum 10 $\mu\text{g l}^{-1}$ erreichten (Abb. 6A). Die höchsten Konzentrationen an Phosphat konnten bei Niederwasser im September gefunden werden. Die Höhe der Chl *a* Werte wies auf zumindest eutrophe Verhältnisse hin, die allerdings von geringen Phosphatwerten in der Wassersäule begleitet wurden (Abb. 6B).

Unterhalb der Traversen

Im direkten Einflussbereich des Hauptstromes konnten höhere Orthophosphatkonzentrationen als oberhalb ermittelt werden, die nach dem Hochwasser im März am höchsten waren (Abb. 7A). Die Schwankungsbreite bei Chl *a* war deutlich höher als oberhalb der Traversen. In den direkt mit der Donau in Verbindung stehenden Bereichen unterhalb der Traversen etablierten sich hohe Phytoplanktondichten bei mittleren Wasserständen (vgl. Regelsbrunn: SCHAGERL & RIEDLER 2000). Im Unterschied zum Bereich oberhalb konnte unterhalb der Traversen ein signifikanter (ANOVA, $p < 0,001$) negativer Zusammenhang zwischen Orthophosphat und Chl *a* Konzentrationen festgestellt werden (Abb. 7B). Erhöhte Phosphorkonzentrationen gingen einher mit minimalen Chl *a* Werten.

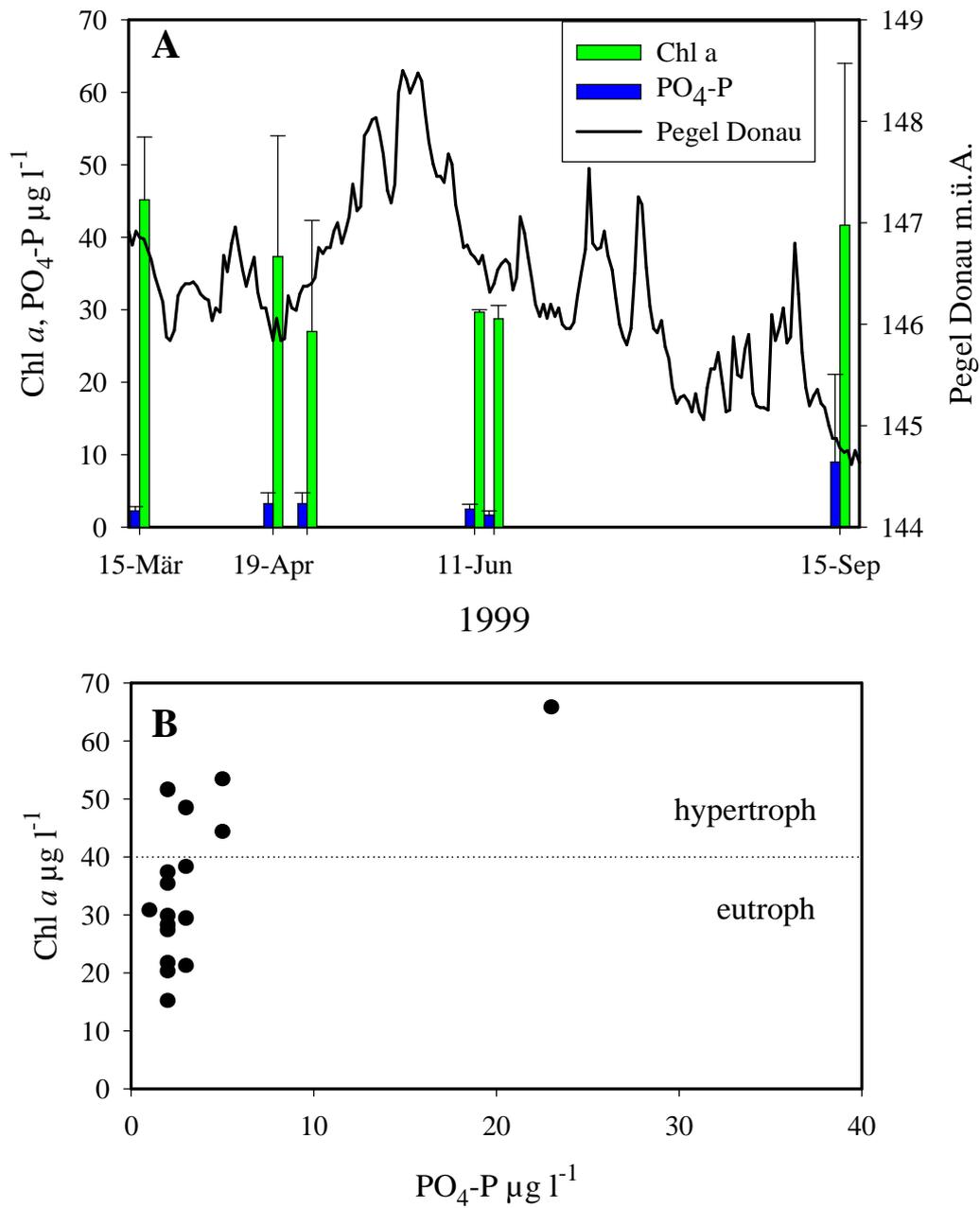


Abb. 6: A) Chl *a* und PO₄-P im Bereich oberhalb der Traversen. B) Zusammenhang PO₄-P und Chl *a*, trophische Klassifizierung.

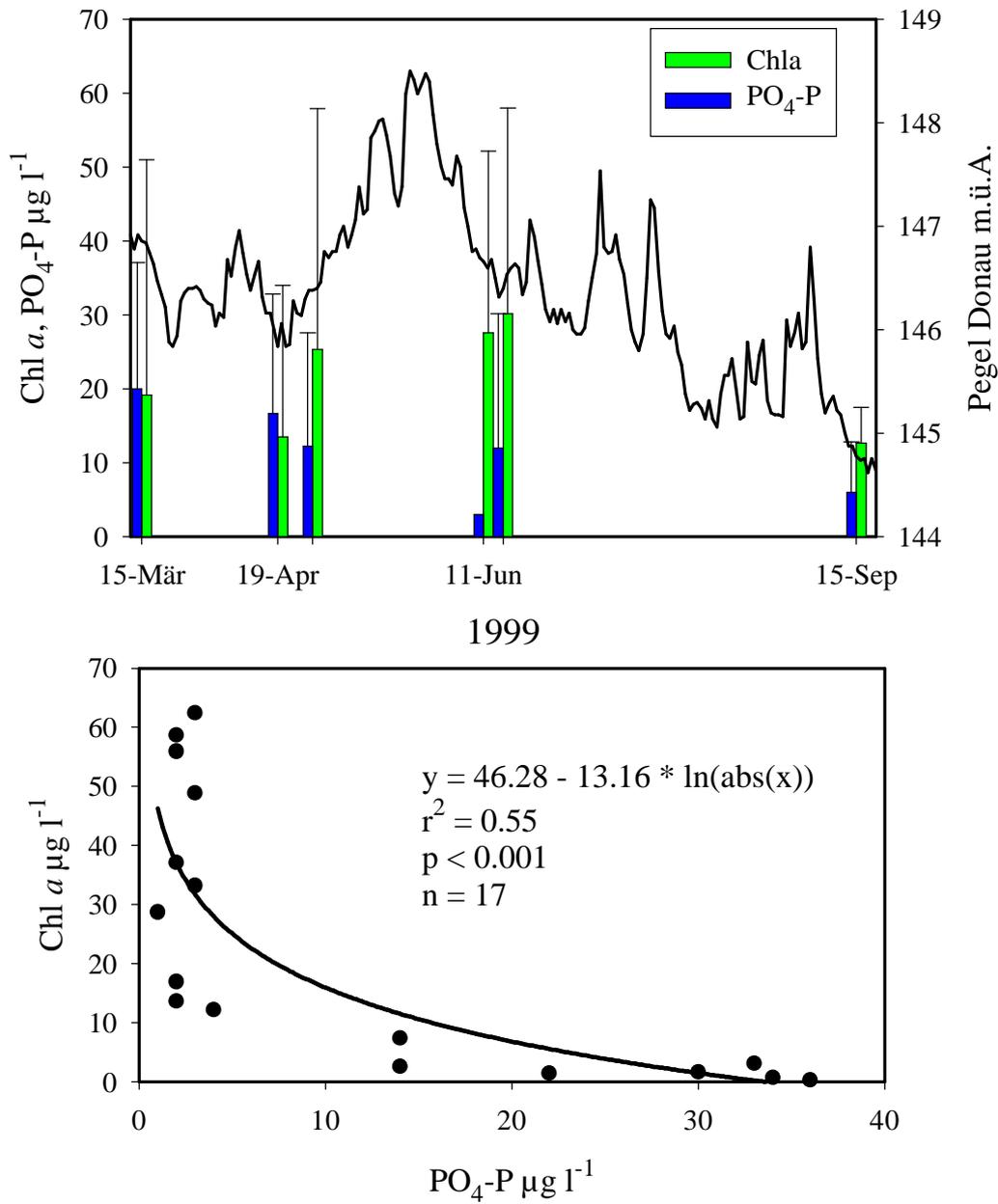


Abb. 7: A) Chl *a* und PO₄-P im Bereich unterhalb der Traversen. B) Signifikanter Zusammenhang PO₄-P und Chl *a*.

Vergleich mit anderen Auegebieten im Nationalpark

Die derzeit herrschende hydrologische Konnektivität der Orther Auen mit dem Hauptstrom wurde mit anderen Auebereichen verglichen, um deren derzeitige Situation zu beurteilen.

Anhand charakteristischer Parameter für hydrologische Vernetzung wurden die Donau, Lobau, Regelsbrunn und Orth vergleichend analysiert. 2 Termine unterschiedlicher hydrologischer Situation wurden für die Auswertung herangezogen, die Probenahmen in den verschiedenen Altarmabschnitten wurden innerhalb weniger Tage (max. 6 d) abgeschlossen. Das Ergebnis der Hauptkomponentenanalyse, die aus den verwendeten Parametern berechneten Faktoren 1 und 2 erklärten insgesamt 83 % der Variabilität (Abb. 8, Tab. 9). Der erste Faktor korrelierte vor allem mit partikulären Parametern, während der zweite durch gelöste Nährstoffparameter bestimmt war.

Tab. 9: Korrelationen der Faktoren der Hauptkomponentenanalyse. POM: particulate organic matter, P_{part}: partikulärer Phosphor, PIM: particulate inorganic matter.

| Parameter | Faktor 1 | Faktor 2 |
|--------------------|-----------------|-----------------|
| POM | 0.90 | -0.13 |
| P _{part} | 0.87 | 0.003 |
| Schwebstoffe | 0.84 | 0.41 |
| PIM | 0.78 | 0.46 |
| PO ₄ -P | 0.003 | 0.90 |
| NO ₃ -N | 0.14 | 0.87 |

Jeder Datenpunkt in der Abb. 8 entspricht einem Standort zu einem Termin. Die Donau war durch konstant hohe Nährstoffkonzentrationen und große Variabilität bei den Schwebstoffkonzentrationen charakterisiert. In Regelsbrunn zeigte sich die höchste Variabilität aller Ausysteme, maximale Partikel- wie auch Nährstoffkonzentrationen konnten gefunden werden, während die Standorte der Unteren Lobau durch geringe Werte und geringe Unterschiede zwischen den Terminen und Standorten geprägt war. In Orth lagen die Nährstoffkonzentrationen generell im Bereich der Werte der Lobau, nur nach dem Hochwasser wurden höhere Nährstoffkonzentrationen in 2 Standorten der Großen Binn festgestellt. Höhere Schwebstoffwerte als in der Lobau konnten in Orth vor allem bei mit der Donau in Verbindung stehenden Gewässern nachgewiesen werden. Hinsichtlich des Faktors 2 wurden signifikante (Scheffe's test, $p < 0,05$) Unterschiede zwischen der Donau, Regelsbrunn und den Ausystemen Lobau und Orth festgestellt. Zwischen den Terminen in Orth zeigte sich, dass nach einem Hochwasser (Termin Juni 99) in der Großen Binn höhere Nährstoffkonzentrationen nachgewiesen wurden.

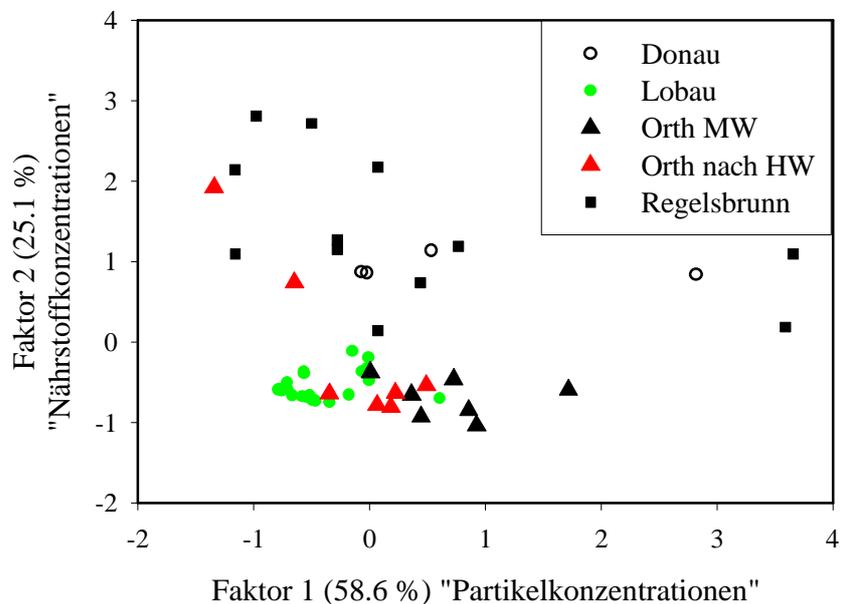


Abb. 8: Hauptkomponentenanalyse von 3 Aubereichen und der Donau bei 2 Wasserständen (MW, nach HW). In Klammern wurde der Erklärungswert der Faktoren angegeben.

Diskussion

Frequenz, Dauer und Ausmaß von Hochwasserereignissen sind für die gewässermorphologische Heterogenität der Aubereiche primär entscheidend, während eine stetige hydrologische Vernetzung zumindest ab Mittelwasser funktionelle Abläufe darüber hinaus wesentlich beeinflusst (JUNK et al. 1989, HEILER et al. 1995, SCHIEMER 1995). Bei Veränderungen der Konnektivität ist daher auf die Nährstoffumsetzung und -dynamik, die Energiekreisläufe (Produktions- und Dekompositionsprozesse), sowie die Feststoffdynamik (Schwebstoffeintrag, Sedimentation und Austrag) zu achten.

Die Mittelwerte der geochemischen und nährstoffchemischen Parameter verdeutlichen den derzeitigen Vernetzungsgrad mit der Donau. Generell sind die Standorte unterhalb der Traversen bzw. der Gewässerzug Große Binn stärker durch die Donau beeinflusst (Abb. 4, 5, Tab. 4, 5 und 6). In der Kleinen Binn wurden höhere geochemische Werte gemessen (Abb. 5, Tab. 4), das den stärkeren Isolationsgrad (siehe auch HEILER et al. 1995, HEIN et al. 1996) der Kleinen Binn und des Hagens auch bei höheren Wasserständen nachweist. Des weiteren könnte auch die Beeinflussung durch den Grundwasserkörper für die höheren geochemischen Werte der Kleinen Binn verantwortlich sein (UBA & BMLF 1999). Bei Niederwasser ist eine größere Heterogenität bei geochemischen Parametern (Abb. 5) und daher aufgrund des geringen Vernetzungsgrades mit der Donau eine ausgeprägte räumliche Differenzierung (TOCKNER et al. in Druck) der einzelnen Bereiche feststellbar.

Bei gelösten Nährstoffen, wie z.B. Nitrat, sind signifikante Unterschiede zwischen den Standorten in der Orther Au zu finden (Abb. 4, Tab. 5). Donaunahe Bereiche (große Binn, Standorte unterhalb der Traversen) sind durch höhere Nitratkonzentrationen bei Anbindung an die Donau charakterisiert (Abb. 4, 5). Während längerer Niederwasserperioden sinken in der Großen Binn die Nährstoffkonzentrationen, ähnliche Nährstoffniveaus finden sich in beiden Gewässerzügen (Abb. 5, 6A und 7A). Die eingetragenen Nährstoffe werden gewässerintern aufgebraucht.

Die mittleren Konzentrationen der anorganischen Schwebstoffe (PIM) wie auch die Messwerte des Gesamtschwebstoffgehaltes bei höheren Wasserständen (15.03.99 und 11.06.99) deuten auf keine massive Integration in das Abflussgeschehen der Donau, wie in anderen Ausystemen (z.B. Regelsbrunn HEIN et al. 1999b) gezeigt, hin (Abb. 3, Tab. 6). Die Anbindung erfolgt derzeit fast ausschliesslich unterströmig und daher kann kein durchgehender Schwebstofftransport in den Altarmen nachgewiesen werden.

Orthophosphat ist in den Donauauen in den meisten Fällen ein primär steuernder Faktor für das Wachstum des Phytoplanktons (HEIN et al. 1999b). Besonders auf Hochwasserereignisse und der damit verbundenen Auswaschung der Zönose folgen massive Zunahmen der Phytoplanktendichten aufgrund des Nährstoffeintrags (HEILER et al. 1995). Generell ist die Phytoplanktonbiomasse im Orther Ausystem höher als in stärker abgedämmten (Untere Lobau) und in dynamischen (Regelsbrunn) Aubereichen. Im Orther Ausystem wurden in den Bereichen unterhalb der Traversen höhere Phosphatkonzentrationen als oberhalb gemessen, während die Chl *a* Konzentrationen gegenläufige Trends zeigten (Abb. 6A und 7A). Bei hohen bzw. extrem niedrigen Wasserständen wurden oberhalb der Traversen tendenziell höhere Chl *a* Konzentrationen gefunden (Abb. 6A und 7A). Die Art der Vernetzung der beiden Bereiche führt auch zu einem grundsätzlich unterschiedlichen Zusammenhang zwischen Phosphat und Chl *a* (Abb. 6B und 7B). Oberhalb der Traversen bei konstanten hydrologischen Bedingungen in Relation zum Wasserstand der Donau führt der Eintrag von Nährstoffen bei höheren Donauwasserständen bzw. die Interaktion mit dem Sediment bei extremen Niederwassersituationen zu verstärktem Algenwachstum.

Anhand hydrochemischer Indikatorparameter lassen sich Ausysteme unterschiedlichen Vernetzungsgrades differenzieren (Abb. 8). Dynamische Aubereiche, wie Regelsbrunn, sind durch höhere Konzentrationen an Schweb- wie Nährstoffen sowie auch durch eine wesentlich größere räumliche wie zeitliche Heterogenität charakterisiert. Lobau und Orth stellen klar den abgedämmten Typus dar, wobei einzelne Messergebnisse in Orth darauf hindeuten, dass zumindest kurzzeitig noch eine aktive Kommunikation mit der Donau besteht.

Perspektiven und Prognosen

Auf Grund der verstärkten Dotation der Altarme mit Donauwasser wird es zu einer Anhebung des Wasserspiegels bei Wasserständen zwischen Mittelwasser (MW) und höchstem schiffbaren Wasserstand (HSW) kommen. Dies wird vor allem neben der Verbesserung der hydrologischen Bilanz der Oberflächengewässer auch zu einer verstärkten Infiltration ins Grundwasser führen, so die Gewässersohlen nicht flächendeckend kolmatiert sind.

Durch die Erhöhung der Dauer und Frequenz der Vernetzung bereits im Mittelwasserbereich und eines fließenden Zustandes im Ausystem (HEILER 1997) kann es zu einer stärkeren Verzahnung aquatischer und terrestrischer Lebensräume kommen. Die Retentionszeit innerhalb der Gewässerzüge und damit der importierten Nähr- und Schwebstoffe wird sich verkürzen, eine Erhöhung des Stoffumsatzes in der freien Wassersäule ist zu erwarten. Erhöhte Durchflussraten und verkürzte Retentionszeiten führen zu einer grundlegenden Umstellung in der Nährstoffdynamik, im Trophiegrad und in den Ab- und Umlagerungsprozessen der Feststoffe.

Nach der Altarmöffnung wird sich der Eintrag an Schwebstoffen aus der Donau und an partikulärem Material aus den terrestrischen Randbereichen sowie deren Austrag durch die Anhebung der Wasserspiegellagen erhöhen. Die relative Bedeutung der einzelnen Primärproduzenten wird sich verschieben: die eutrophierende Wirkung der Donau und die Abnahme der Makrophyten in den vernetzten Gewässern bedingen eine verstärkte Phytoplanktonentwicklung, wobei eine Verschiebung im Artenspektrum zu strömungstoleranten, kurzlebigen Phytoplanktern stattfinden wird. Die durch die gute Nährstoffsituation potentiell mögliche Primärproduktion wird bei hohen Wasserständen durch die erhöhten Schwebstoffkonzentrationen und kurzen Retentionszeiten kontrolliert.

Literatur

- T. J. BATTIN (1998), Dissolved organic matter and its optical properties in a blackwater tributary of the upper Orinoco river, Venezuela. *Org. Geochem.*, 28, 561-569.
- R. BENNER & M. STROM (1993), A critical evaluation of the analytical blank associated with DOC measurements by high-temperature catalytic oxidation. *Mar. Chem.*, 41, 153-160.
- W. BIFFL & R. CHRISTIAN (1995), Wasserwirtschaftlich konforme Trink- und Nutzwasserentnahme aus dem geplanten Nationalpark Donau-Auen. Nationalparkplanung Donau-Auen Betriebsges. Marchfeldkanal.
- BMLF & UBA (1999), Erhebung der Wassergüte in Österreich - Jahresbericht 98. Umweltbundesamt.
- BMLF (1999), Gewässerschutzbericht 1999. BMLF.
- H. BURGER & H. DOGAN-BACHER (1999), Biotoptypenkartierung von Flächen außerhalb des Waldes im Nationalpark Donauauen aus Farbinfrarotbildern. Endbericht zur Luftbildinterpretation und Kartenerstellung. Unveröffentlichte Studie i.A. des BM für Umwelt, Jugend und Familie. Umweltdata GmbH, Wien.
- Y. P. CHIN, G. AIKEN & E. O'LOUGHLIN (1994), Molecular weight, polydispersity, and spectroscopic properties of aquatic humic substances. *Environ. Sci. Technol.*, 28, 1853-1858.
- E. DISTER (1994), The function, evaluation and relicts of near-natural floodplains. *Limnologie aktuell*, 2, 317-329.
- H. L. GOLTERMAN, R. S. CLYMO & M. A. M. OHNSTAD (1978), Methods for physical and chemical analysis of freshwater. In: *IPB Handbook*, Oxford, Blackwell Scientific.
- G. HEILER, T. HEIN & F. SCHIEMER (1995), Hydrological connectivity and flood pulses as the central aspects for the integrity of a river-floodplain system. *Regul. Rivers Res. Managm.*, 11, 351-361.
- G. HEILER (1997), Grundlagen für die ökologische Begleitplanung des Gewässervernetzungsprojektes "Orther Donau-Auen" (Stromkm 1906.5 - 1902.0). BMUJF.

- T. HEIN (2000a), Voruntersuchung Massnahmengbiet Untere Lobau: Fachbereich Hydrochemie. I. A. der Nationalpark Donauauen GmbH.
- T. HEIN (2000b), Gewässervernetzung Regelsbrunn Ökologisches Monitoring: Module Hydrologie, Hydrochemie und Dekomposition, Nachuntersuchung Jahresbericht 1999. I. A. der Wasserstrassendirektion.
- T. HEIN, M. SCHAGERL, G. HEILER & F. SCHIEMER (1996), Chlorophyll-*a* and hydrochemical dynamics in a backwater system of the Danube, controlled by hydrology. Arch. Hydrobiol. Suppl., 113, 463-470.
- T. HEIN, C. BARANYI, G. HEILER, C. HOLAREK, P. RIEDLER & F. SCHIEMER (1999a), Plankton communities controlled by hydrology in two floodplain systems and the River Danube. Arch. Hydrobiol. Suppl. Large Rivers, 11, 439-452.
- T. HEIN, G. HEILER, D. PENNETZDORFER, P. RIEDLER, M. SCHAGERL & F. SCHIEMER (1999b), The Danube restoration project: functional aspects and planktonic productivity in the floodplain system. Regul. Rivers: Res. Mgmt., 15, 259-270.
- W. J. JUNK, P. B. BAYLEY & R. E. SPARKS (1989), The flood pulse concept in river-floodplain systems. In: DODGE (Ed.). Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 106, 110-127.
- W. LAZOWSKI (1997), Auen in Österreich - Vegetation, Landschaft und Naturschutz. UBA Monographien, Vienna, UBA.
- C. LEDITZNIG & C. FRAISSL (1996), Nationalpark Donau-Auen Grundlagen für Managementpläne im Nationalpark Donau-Auen. Provisorische Geschäftsstelle Nationalpark Donau-Auen.
- R. MÜLLER & F. WIEDEMANN (1955), Die Bestimmung des Nitrats in Wasser. In: Jahrbuch für Wasserchem. & Wasserreinigungstech. Verlag Chemie, p. 247-271.
- MERCK (1984), Moderne Analysenverfahren. Eigenverlag.
- D. M. MCKNIGHT, E. W. BOYER, P. K. WESTERHOFF, P. T. DORAN, T. KULBE & D. T. ANDERSON (in press), Spectrofluorometric characterization of aquatic fluvic acid for determination of precursor organic material and general structural properties. Limnology & Oceanography.
- NATIONALPARK DONAUAUEN GMBH (1998), Gewässervernetzung und Lebensraummanagement Donauauen. Life Projektantrag.

- T. PARSONS, Y. MAITA & C. LALLI (1984), A Manual of Chemical and Biological Methods for Seawater Analysis. Oxford, Pergamon Press.
- W. RECKENDORFER (2000), Morphometrie, Hydrologie und Sedimentologie in den Orther Donauauen. Bericht im Rahmen des Projektes „LIFE98NAT/A/005422, Nationalpark Donau-Auen GmbH.
- W. RECKENDORFER & C. BARANYI (2000), Statistische Grundlagen. Bericht im Rahmen des Projektes „LIFE98NAT/A/005422, Nationalpark Donau-Auen GmbH.
- M. SCHAGERL & P. RIEDLER (2000), Phytoplanktonzusammensetzung in der Regelsbrunner Au. In: SCHIEMER, F. & W. RECKENDORFER (Hrsg.): Das Donau Restaurierungsprogramm – Gewässervernetzung Regelsbrunn. Abhandlungen der Zoo.-Bot. Ges. in Österreich 31, in Druck.
- F. SCHIEMER (1995), Restoration of floodplains - possibilities and constraints. Arch. Hydrobiol. Suppl., 101, 163-178.
- F. SCHIEMER, C. BAUMGARTNER & K. TOCKNER (1999), The Danube restoration project: conceptual framework, monitoring program and predictions on hydrologically controlled changes. Regul. Rivers Res. Managm., 15, 231-244.
- K. TOCKNER, F. MALARD & J. V. WARD (in Druck), An extension of the flood pulse concept. Hydrological Processes, in Druck.
- K. TOCKNER, D. PENNETZDORFER, N. REINER, F. SCHIEMER & J. V. WARD (1999), Hydrologic connectivity, and the exchange of organic matter and nutrients in a dynamic river-floodplain system. Freshw. Biol., 41, 521-535.
- K. TOCKNER & F. SCHIEMER (1997), Ecological aspects of the restoration strategy for a river-floodplain system on the Danube River in Austria. Global Ecology and Biogeography Letters, 6, 321-329.
- J. V. WARD, G. BRETSCHKO, M. BRUNKE, D. DANIELOPOL, J. GIBERT, T. GONSER & A. G. HILDREW (1998), The boundaries of river systems: the metazoan perspective. Freshw. Biol., 40, 531-569.
- WASSERSTRASSENDIREKTION (1998), Die kennzeichnenden Wasserstände der österreichischen Donau (KWD 1996). Eigenverlag.
- R. G. ZEPP & C. SONNTAG (1995), Role of Nonliving Organic Matter in the Earth's Carbon Cycle. J. Wiley & Sons Ltd., p. 342.

Danksagung

Als Abschluss möchte das Untersuchungsteam der Nationalpark Donauauen GmbH für die fruchtbare Zusammenarbeit und Hr. FÖ Ing. Kovacs für die aktive Unterstützung danken. Bei Hr. Dr. G. Imhof bedanken wir uns für die konstruktiven Vorschläge zum vorliegenden Bericht und bei Hr. Mag. W. Reckendorfer für die aktive Unterstützung.

- Herausgeber: Nationalpark Donau-Auen GmbH
- Titelbild: Nationalpark Donau-Auen
- Für den Inhalt sind die Autoren verantwortlich
- Für den privaten Gebrauch beliebig zu vervielfältigen
- Nutzungsrechte der wissenschaftlichen Daten verbleiben beim Rechtsinhaber
- Als pdf-Datei direkt zu beziehen unter www.donauauen-projekte.at
- Bei Vervielfältigung sind Titel und Herausgeber zu nennen / any reproduction in full or part of this publication must mention the title and credit the publisher as the copyright owner:
© Nationalpark Donau-Auen GmbH
- Zitiervorschlag: HEIN, T. (2006) Hydrochemische Voruntersuchung zur Gewässervernetzung Orth an der Donau. Wissenschaftliche Reihe Nationalpark Donau-Auen, Heft 15

