

Selbstreinigungsprozesse im Gewässersystem der Petite Camargue Alsacienne: Chance für Natur- und Gewässerschutz?

Oliver Stucki, Urs Geissbühler und Christoph Wüthrich

Zusammenfassung

Das zur ehemaligen Flusslandschaft des Oberrheins gehörende Gebiet der Petite Camargue Alsacienne (F) weist auch heute noch naturnahe Gewässerstrukturen auf. Für die Erhaltung dieser amphibischen Landschaft wird mit gezielten Eingriffen und einem hydrologischen Konzept Dynamik simuliert. In den Gewässern und Überflutungsbereichen finden dabei stoffhaushaltliche Prozesse statt, wie sie auch in natürlichen Auenlandschaften vorkommen – z. B. eine ausgeprägte Reduktion von Nitrat, Ortho-Phosphat, E.coli und totalen koliformen Keimen. Mit dieser Verbesserung der Wasserqualität hat das Naturschutzgebiet – neben der grossen Bedeutung für die Artenvielfalt – auch eine solche für den Gewässerschutz.

1 Einleitung

Natürliche Flusslandschaften sind integraler Bestandteil des Umlandes und des gesamten Einzugsgebietes und haben mit demselbigen vielfältige Funktionsbeziehungen durch die Vernetzung in der Längs-, Horizontal- und Vertikaldimension sowie in der Zeit (vgl. Bloesch 1997). In solchen Flussebenen herrscht eine grosse Dynamik nicht nur betreffend der Sedimentations- und Erosionsprozesse, sondern auch bezüglich der stoffhaushaltlichen Umsetzungs- und Anlagerungsprozesse im Gerinne und in der Aue (z. B. Nitrifikation, Denitrifikation, chemische Ausfällung, Assimilierung in Biomasse, mikrobieller Abbau, Absorption, Adsorption und Desorption). Diese Prozesse machen letztlich die Selbstreinigungskraft der Landschaft aus.

Die in den letzten Jahrhunderten zunehmende anthropogene Nutzung der Flüsse und ihrer Auenlandschaften führte dazu, dass bis heute wesentliche Teile der Ökosysteme und ihrer Funktionen zerstört und Flüsse von ihren Flussebenen getrennt wurden. Erst seit Ende des 20. Jahrhunderts trat allmählich die Einsicht ein (vgl. z. B. Zaugg Stern & Hostmann 2006), dass Gewässer ganzheitlich zu betrachten und integral zu schützen sind und v. a. einen ausreichenden Gewässer-

Adresse der Autoren: Dipl.-Geogr. Oliver Stucki, Dipl.-Geogr. Urs Geissbühler und Dr. Christoph Wüthrich, Geographisches Institut der Universität Basel, Abteilung Physiogeographie und Landschaftsökologie, Klingelbergstrasse 27, CH-4056 Basel; E-Mail: oliver.stucki@unibas.ch

raum, eine ausreichende Wasserführung und eine ausreichende Wasserqualität aufweisen müssen (BUWAL & BWG 2003). Dies ist eine notwendige Voraussetzung für die langfristige Erhaltung bzw. Wiederherstellung dynamischer Gewässer mitsamt ihren vielfältigen – v. a. auch stoffhaushaltlichen – Funktionen.

Obwohl unter dem Gesichtspunkt der Nachhaltigkeit die Wiederherstellung dynamischer Auen vorzuziehen ist, wird dies gerade in urbanen Gebieten schon alleine aufgrund des Raumbedarfs in vielen Fällen nicht (mehr) möglich sein. Trotzdem können das Element Wasser und Elemente naturnaher Auenlandschaften (Röhrichte, Überschwemmungsflächen, Seen, revitalisierte Bäche) gestalterisch in ehemaligen Überschwemmungsebenen eingesetzt werden – bei einer gleichzeitigen Aufwertung der Erholungsfunktion für die Stadtbevölkerung (vgl. Wüthrich 2002). Unter bestimmten Rahmenbedingungen lassen sich dadurch auch auentypische Prozessketten reaktivieren, während die Gebiete als Ersatzlebensräume für Arten der Auen dienen (vgl. Geissbühler et al. 2005, Stucki 2004). In der Petite Camargue Alsacienne, 8 km nordwestlich der Stadt Basel, sind solche naturnahen Gewässerstrukturen bis heute erhalten geblieben und erlauben es, die Selbstreinigungsprozesse einer naturnahen, amphibischen Landschaft zu untersuchen.

1.1 Die Petite Camargue Alsacienne

Das zur Flusslandschaft des Oberrheins gehörende Gebiet der Petite Camargue Alsacienne wurde durch den Bau des Canal de Huningue vom Hauptgerinne getrennt. Darauf wurde in den Altgewässern 1852/53 eine Fischzuchtanlage mit einem raffinierten Wasserversorgungskonzept eingerichtet (vgl. Schlumberger 1979, Durrer et al. 1997a). Nach der Aufgabe dieses Betriebes im Jahre 1971 kämpfte der Verein “Amis de la Petite Camargue” zusammen mit anderen Organisationen und Personen für die Erhaltung der Gewässer und der sie umgebenden Auenrelikte (vgl. Daske 1979), bis am 11. Juni 1982 eine Fläche von 120 ha (Untere Au) rechtlich unter Schutz gestellt werden konnte. Seither wurde das Gebiet auf 906 ha vergrössert und wird heute von der “Association Petite Camargue Alsacienne” verwaltet (Lenzin 2004, 17ff).

Die Petite Camargue Alsacienne wird von verschiedenen Fliessgewässern durch- und umflossen (Abb. 1), die sich in ihrer Herkunft und Qualität alle recht stark unterscheiden. Der grösste Teil des Gewässersystems ist auf die Fischzuchtanlage zurückzuführen. Allerdings wurden die Gewässer im Laufe der Jahre mehr oder minder stark verändert (vgl. Durrer et al. 1997a). Viele natürliche Wassergräben, Altarme und (Grundwasser-)Weiher wurden in den 1990er Jahren (mit dem Bagger) reaktiviert und für die “Wiederherstellung” der Überflutungsdynamik wurde ein hydrologisches Konzept erstellt (Durrer et al. 1997b). Im ganzen Gebiet sind sowohl Fliessgewässer, Schilfgebiete wie auch stehende Gewässer zu finden.

1.2 Der Étang U

Der U-förmige Weiher in unmittelbarer Nähe zur ehemaligen Fischzuchtanlage wurde mit dem Bau derselbigen künstlich erstellt (Abb. 1). Er wurde seit jeher mit Rheinwasser über die Rigole bewässert (vgl. Boissaye & Knibiely 2005, 51). Im 20. Jahrhundert verlandete er zunehmend. Zur Reaktivierung der offenen Wasserfläche wurde der Wasserspiegel im Jahre 1999/2000 um 60 cm erhöht. Die Ufer werden einerseits von ausgedehnten Schilfzonen geprägt, andererseits sind sie bewaldet. Mit einer Fläche von rund 30'000 m² ist der Étang U das grösste stehende Gewässer in der Petite Camargue Alsacienne. Er hat eine mittlere Tiefe von 0.7 m und eine grösste Tiefe von 1.0 m. Das Wasservolumen beträgt während des Sommerregimes 21'000 m³, so dass sich das Wasser bei einem mittleren Zufluss von 3'900 m³/d theoretisch fünf Tage im Étang U aufhält. Im Winterregime ist der Wasserspiegel um 15 cm abgesenkt.



Abb. 1 Übersicht über die heutigen Gewässer (schwarz) in der Petite Camargue Alsacienne. Die Fliessrichtung ist grundsätzlich Richtung Nordwest. Zur Orientierung sind auch Siedlungsflächen und Einzelgebäude (hellgrau) sowie Strassen (dunkelgrau) und Wege (dunkelgrau punktiert) dargestellt. (Aus *Stucki* 2006)

A = Obere Au, B = Mittlere Au, C = Untere Au, D = Kirchenerkopf, 1 = Grand Canal d'Alsace, 2 = Canal de Huningue, 3 = Augraben, 4 = Rigole, 5 = Grand Prè, 6 = Triangle de l'Écluse, 7 = Étang Petit Triangle, 8 = Étang Waldaue mit Mare des Tritons, 9 = Étang U, 10 = Grand Marais, 11 = Grand Triangle, 12 = Neugraben, 13 = Étang Ormis, 14 = Étang Halle, 15 = Étang Nord, 16 = Chenal des Sources, 17 = Étang Long

1.3 Das Grand Marais

Beim Grand Marais handelt es sich um einen etwa 1'300 m langen Altarm des Rheins, der auf Luftbildern deutlich auch als solcher erkennbar ist (*Freiermuth 1997, Gallusser & Schenker 1992*). Um die Zuwucherung und damit Verlandung des offenen Wasserbereiches mit Riedgräsern und Schilf zu bremsen, wurden erstmals zwischen 1990 und 1992 (*Berger 1993, 38*) durch mechanische Eingriffe (Bagger) einzelne Weiher und ganze Fliesskorridore ausgehoben. Das Grand Marais weist heute eine Kombination von Fliessgewässern, Schilfgebieten und Stillgewässern auf (Abb. 2). Es wird hauptsächlich mit Rheinwasser aus der Rigole gespeist. Daneben gibt es kleinere Zuflüsse aus den südwestlich davon gelegenen Étang Waldaue (mit dem Mare des Tritons), Étang Halle und Étang Nord, die auch mit Rheinwasser gespeist werden. Der grösste Teil des Gebietes rechterhand des Ausgrabens entwässert somit in das Grand Marais (Abb. 1).



Abb. 2 Fliessgewässer, Schilfgebiete und Stillgewässer wechseln sich im Grand Marais ab (19.4.2006).

Photo: Urs Geissbühler

2 Methodik

Im Jahre 2005 wurde die Wasserqualität der Gewässer der Petite Camargue Alsacienne im Rahmen des MGU-Projekts F1.03 analysiert. Die Ermittlung der Daten erfolgte mit monatlichen (morgendlichen) Schöpfproben an 17 Beprobungspunkten in der mittleren und unteren Au. Schwerpunktmässig wurden v. a. der Étang U und das Grand Marais untersucht. Dabei wurde zur Quantifizierung der Veränderungen während der Passage jeweils das einlaufende Wasser (CH 1: in der Rigole nach der Abzweigung vom Canal de Huningue, CH 2: in der Rigole direkt vor dem Einlauf in den Étang U) mit dem auslaufenden Wasser (EU 3: direkt beim Auslauf aus dem Étang U, MA 5: bevor das Wasser den Canal de Huningue unterquert) verglichen (vgl. Abb. 1).

Direkt im Gelände wurden mit Feldgeräten jeweils pH-Wert, O₂-Gehalt und -Sättigung, spezifische elektrische Leitfähigkeit, Wassertemperatur und Trübung, im Labor gelöster organischer Kohlenstoff (DOC), UV-Extinktion (SAK 254), Ammonium (NH₄⁺), Nitrat (NO₃⁻), Ortho-Phosphat (PO₄³⁻), Sulfat (SO₄²⁻), Chlorid (Cl⁻) und Bakteriologie (*E.coli*, totale koliforme Keime) nach standardisierten Methoden bestimmt (vgl. *Wüthrich & Leser* 2006).

3 Resultate

Im Folgenden werden ausgewählte Resultate (Nährstoffe: Nitrat, Ammonium, Ortho-Phosphat, Bakteriologie: *E.coli*, totale koliforme Keime) dargestellt. Allgemeine limnoökologische Bedingungen werden – sofern sie für die ablaufenden stoffhaushaltlichen Prozesse von Bedeutung sind – erwähnt. Ausführliche und weiterführende Resultate sind in *Geissbühler et al.* (2006), *Geissbühler* (2006) und *Stucki* (2006) zu finden.

3.1 Die Selbstreinigungsleistung des Étang U

Die stoffhaushaltliche Wirkung von stehenden Kleingewässern in Auengebieten kann gut am Beispiel des Étang U dargestellt werden: Am Ende der Passage durch den Étang U (CH 2 – EU 3) wird eine deutliche Reduktion des Nitrates gemessen. Im Mittel sinkt die Nitratkonzentration von 6.7 mg/L auf 4.9 mg/L (-26.5 %), wobei die monatlichen Unterschiede beachtlich sind (Abb. 3). Beim Ammonium zeigt sich dagegen ein unklares Bild. Im Mittel findet eine Zunahme von 9.3 % statt (CH 2: 0.08 mg/L, EU 3: 0.09 mg/L), wobei jahreszeitliche Unterschiede zu sehen sind: Von Oktober bis März reduziert sich die Ammoniumkonzentration deutlich, wogegen die höchsten Werte im Hochsommer gemessen werden (Denitrifikation in einem sauerstoffarmen Milieu).

Die Konzentration des Ortho-Phosphates nimmt während der Seepassage im Mittel von 0.06 mg/L deutlich um 43.9 % auf 0.03 mg/L ab. Die Unterschiede von Monat zu Monat sind allerdings gross und ohne saisonale Abhängigkeit (Abb. 4).

Eine starke Reduktion erfolgt auch bei den untersuchten bakteriologischen Keimen während der Seepassage (Abb. 5). Im Mittel vermindern sich *E.coli* um 91.9 % von 675 auf 55 KBE/100mL (KBE = Kolonie bildende Einheit) und die totale koliforme Keimzahl wird von 708 KBE/100mL um 58.9 % auf 291 KBE/100mL reduziert.

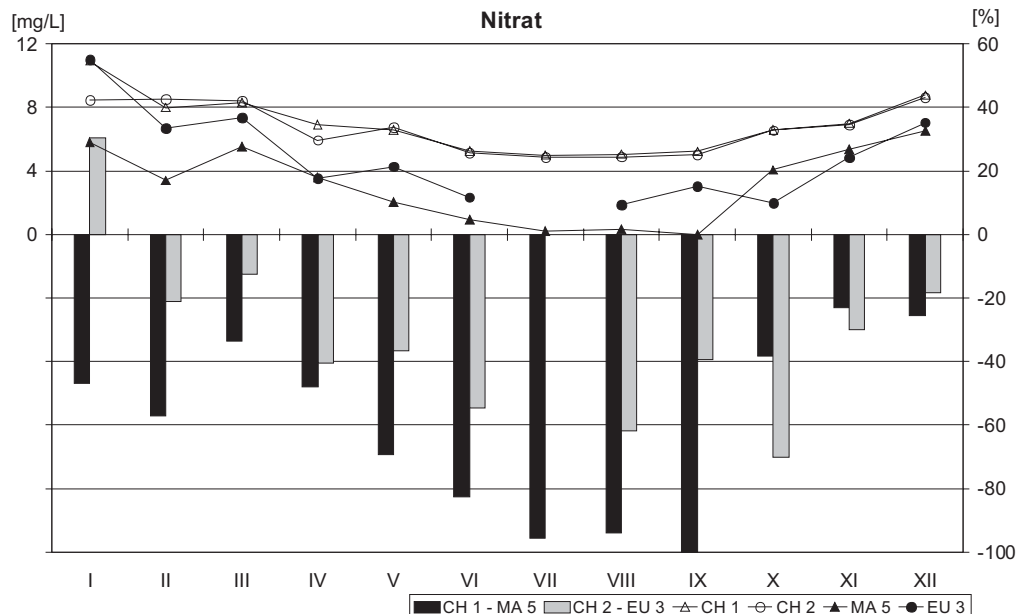


Abb. 3 Obere Grafikhälfte: Nitratkonzentrationen im Étang U und im Grand Marais im Jahresverlauf (2005). Dargestellt sind jeweils die Werte der monatlichen Einzelmessungen vom Einlauf in das Grand Marais (CH 1) und in den Étang U (CH 2) sowie vom Auslauf aus dem Étang U (EU 3) und dem Grand Marais (MA 5). Untere Grafikhälfte: Prozentuale Zu- oder Abnahme der Konzentration während der Passage durch den Étang U (CH 2 – EU 3) bzw. durch das Grand Marais (CH 1 – MA 5).

3.2 Die Selbstreinigungsleistung des Grand Marais

Die stoffhaushaltliche Wirkung von grossflächigen Röhrichtarealen kann gut am Beispiel des Grand Marais dargestellt werden: Während der Passage durch das Grand Marais (CH 1 – MA 5) findet eine deutliche Reduktion des Nitrates statt. Im Mittel sinkt die Nitratkonzentration von 7.0 mg/L auf 3.2 mg/L (-54.8 %). Die Abnahme schwankt dabei zwischen vollständiger Elimination (-100 %) im September und einer Reduktion von “nur” 23.0 % im November. Interessant ist die kontinuierlich steigende Reduktion von März (-33.6 %) bis zur vollständigen Abnahme im September und dem anschliessenden “Sprung” auf eine geringe Reduktion der Nitratkonzentration (Abb. 3). Die Effizienz der Ammoniumreduktion unterliegt dagegen deutlichen Schwankungen. Im Mittel findet eine Reduktion um 23.0 % statt (CH 1: 0.10 mg/L, MA 5: 0.07 mg/L), es können aber – v. a. im Frühjahr und Sommer – auch grössere Eliminationen gemessen werden. Eine klare Zunahme während der Fliessstrecke ist im Oktober und Dezember feststellbar.

Eine durchwegs starke Reduktion findet während der Passage durch das Grand Marais beim Ortho-Phosphat statt. Im Mittel sinkt die Konzentration von 0.06 mg/L auf 0.01 mg/L (-78.6 %) (Abb. 4).

Die relativ lange Passage durch das Grand Marais ermöglicht eine effiziente Reduktion der untersuchten bakteriologischen Keime. *E. coli* vermindern sich im Mittel um 87.7 % von 475 auf 58 KBE/100mL (Abb. 5). Auffallend dabei ist die vollständige Elimination aller *E. coli*-Keime an sechs Beprobungsterminen. Für die totale koliforme Keimzahl sieht das Bild dagegen nicht ganz so eindrücklich aus: 558 KBE/100mL werden um 28.4 % auf 400 KBE/100mL reduziert.

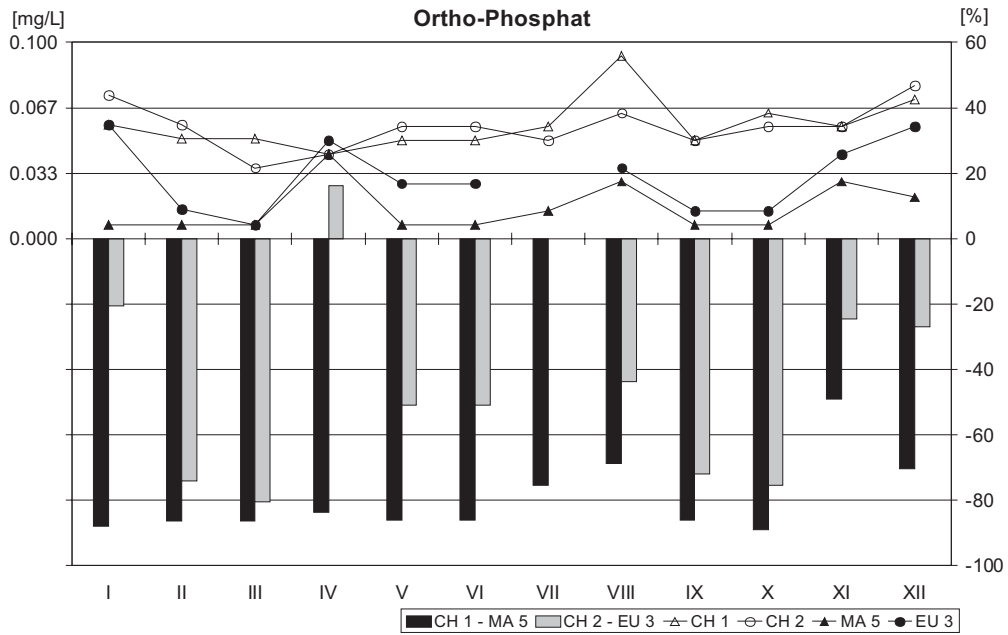


Abb. 4 Obere Grafikhälfte: Ortho-Phosphatkonzentrationen im Étang U und im Grand Marais im Jahresverlauf (2005). Dargestellt sind jeweils die Werte der monatlichen Einzelmessungen vom Einlauf in das Grand Marais (CH 1) und in den Étang U (CH 2) sowie vom Auslauf aus dem Étang U (EU 3) und dem Grand Marais (MA 5). Untere Grafikhälfte: Prozentuale Zu- oder Abnahme der Konzentration während der Passage durch den Étang U (CH 2 – EU 3) bzw. durch das Grand Marais (CH 1 – MA 5).

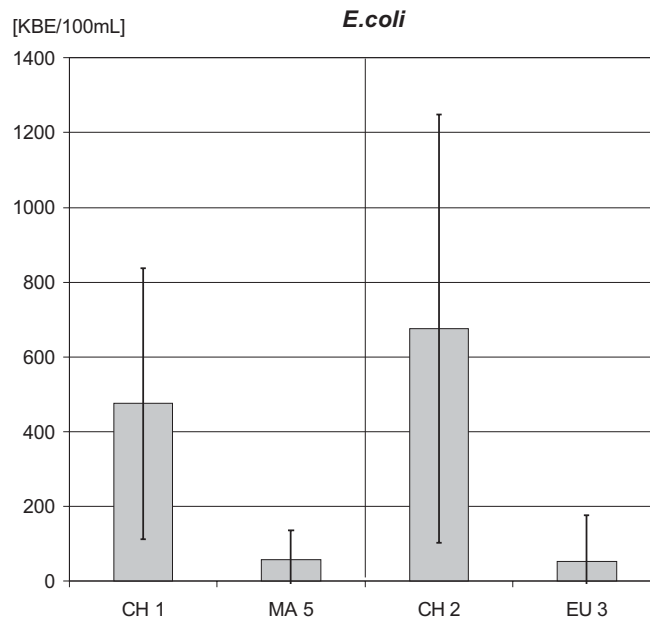


Abb. 5 Die Jahresmittelwerte der monatlichen Schöpfproben (2005) zeigen bezüglich bakterieller Belastung mit der Fließstrecke durch das Grand Marais (CH 1 – MA 5) eine sehr deutliche Keimabnahme von 87.7 %, durch den Étang U (CH 2 – EU 3) eine solche von 91.9 %. Die Enden der senkrechten Linien markieren die jeweilige Standardabweichung.

4 Diskussion

Die Untersuchungen zeigen, dass sich nach Aufenthalt des Wassers im Étang U bzw. nach der Passage durch das Grand Marais im Vergleich zum eingeleiteten Wasser ein neues Milieu einstellt (Abb. 6). Dabei findet bezüglich Stoffhaushalt mehrheitlich eine Qualitätsverbesserung statt, d. h. die Selbstreinigung im System ist relativ effizient.

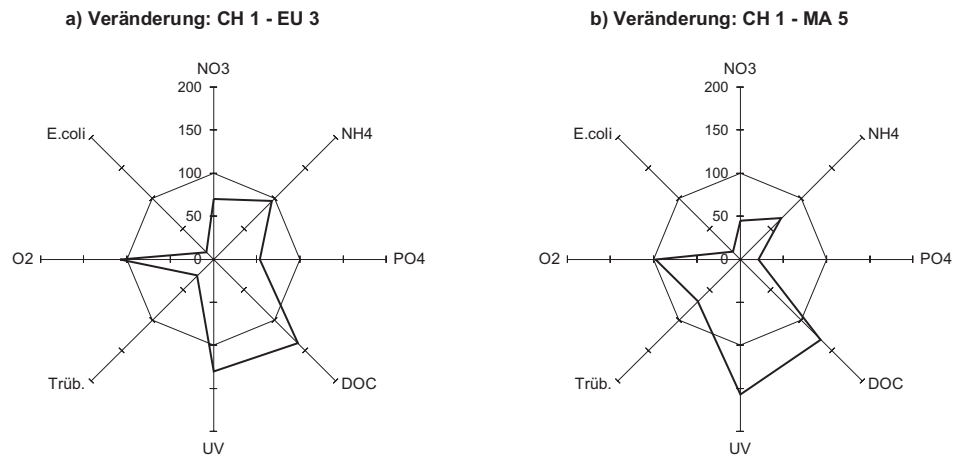


Abb. 6 Zusammenfassender Vergleich der wichtigsten Wasserqualitätsparameter im Gewässersystem der Petite Camargue Alsacienne (Jahresmittelwerte). Mit der dicken Linie wird die relative Veränderung (in Prozent) am Ende der Fließstrecke a) im Étang U (EU 3) und b) im Grand Marais (MA 5) gegenüber dem eingeleiteten Rheinwasser (CH 1) (Index 100, entspricht der dünnen Linie) angegeben. Es ist ersichtlich, dass sich die Wasserqualität in beiden Gewässern während der Passage stark verändert. Während – bei im Mittel gleich bleibender Sauerstoffsättigung (O₂) – die organischen Inhaltsstoffe (DOC, UV-Extinktion) zunehmen, gehen die Nährstoffe (NO₃, NH₄, PO₄), die Trübung (Trüb.) und bakteriellen Keimzahlen (*E.coli*) stark zurück.

4.1 Nitrat und Ammonium

Der Stickstoff ist v. a. auf Grund seiner Funktion als zentraler Baustein im Eiweißstoffwechsel aller Organismen von zentraler Bedeutung. Im Gewässer steht er in der anorganischen Form als Ammonium und Nitrat im Mittelpunkt, welche beide von Produzenten als N-Quelle genutzt werden. Mit Beginn der Primärproduktion im Frühjahr kann deshalb erwartet werden, dass die Nitratkonzentration in der wärmeren Jahreszeit stetig abnimmt (Vest 1999). Im Jahresgang der Nitratkonzentration des Rheinwassers ist diese Entwicklung belegt. Typisch ist auch der rasche Wiederanstieg im Herbst, wenn der biologische Abbau gegenüber der Primärproduktion die Oberhand gewinnt. Zudem nimmt nach der Ernte im Herbst die Düngerauswaschung aus den landwirtschaftlich genutzten Gebieten wieder deutlich zu. Ammonium wird in Gewässern in der Regel durch mikrobielle Nitrifikation zu Nitrat oxidiert, was für den Sauerstoffhaushalt eine Belastung darstellen kann. Im Winter bleiben hohe Ammoniumkonzentrationen auf Grund der temperaturbedingt gehemmten Nitrifikation länger erhalten (DVWK 1993).

Der Jahresgang der Nitratkonzentration überlagert beide hier vorgestellten Gewässer bis ans Ende der Fliesstrecke. Es findet allerdings nicht nur die jahreszeitenbedingte Konzentrationsverminderung statt. Durch weitergehende Umsetzungsprozesse erhöht sich im Grand Marais die Reduktion der untersuchten Stickstoffverbindungen massiv mit der langen Fliesstrecke durch Schilf- und Röhrichtzonen, welche nach *Wissing & Hofmann* (2002) für das Vorkommen nitrifizierender Bakterien sehr wichtig ist. Nach einer hundertprozentigen Elimination im September beträgt die Reduktion des Nitrates im Oktober immerhin noch 38 %. Der Étang U verhält sich diesbezüglich anders: Im Sommer findet in der Folge seines sauerstoffarmen Seemilieus eine starke Nitratzehrung mit einer gleichzeitigen Anreicherung von Ammonium statt. Die Untersuchungen von *Vest* (1999) im mit organischen Stoffen belasteten Aasee (D) decken sich mit diesen Befunden (vgl. *Klapper* 1992).

4.2 Ortho-Phosphat

Für pflanzliche Organismen und deren Stoffwechsel ist der Phosphor essentiell und wird in Form des Ortho-Phosphates aufgenommen. Unter natürlichen Bedingungen ist Phosphor in aquatischen Systemen ein limitierender Nährstoff und hat eine Schlüsselfunktion für die Intensität der Bioproduktion. Entsprechend kann seine besondere Stellung als Eutrophierungsfaktor erklärt werden (*Vest* 1999, vgl. auch *Klapper* 1992, *Vollenweider* 1982). Ähnlich wie beim Stickstoff sind in natürlichen Stillgewässern zu Beginn der Vegetationsperiode als Folge der Mineralisierung grosse Mengen an frei verfügbarem Ortho-Phosphat zu erwarten. Parallel zur Zunahme der Produktion von Biomasse im Frühjahr werden demnach die Ortho-Phosphat-Ressourcen abnehmen, wodurch es zur Stagnation bzw. zum Zusammenbruch der einzelnen P-verwertenden Nahrungsgemeinschaften kommt (auch wenn andere Nährstoffe noch in ausreichender Menge verfügbar sind). Das Ortho-Phosphat in den Fliessgewässern entstammt in erster Linie aus anthropogenen Quellen (*DVWK* 1993).

Nach Durchfliessen der untersuchten Gebiete ist grundsätzlich eine klare Verminderung des Ortho-Phosphates zu verzeichnen. Es sind aber Unterschiede feststellbar: Im Grand Marais findet durchwegs eine starke Reduktion des Ortho-Phosphates statt, während der Étang U keine Abhängigkeit an ein jahreszeitliches Muster zeigt. Bei geringmächtigen Wasserkörpern – wie sie in Étang U und Grand Marais vorhanden sind – kann nach *Pott & Remy* (2000) davon ausgegangen werden, dass die umfangreiche Bildung der jährlichen Phytomasse zum raschen und weitgehend vollständigen Nährstoffumsatz führt. Dabei werden bei ausgewogenem Nährstoffangebot meistens alle Nährstoffe im Gewässer gleichmässig und zum überwiegenden Teil in die Biomasse inkorporiert. Zudem findet eine rasche Akkumulation organischer Sedimente statt, wobei im Sediment gebundene Phosphate in Abhängigkeit des Milieus wieder freigesetzt werden können. Dies könnte im Étang U (mit geringem Sauerstoffangebot besonders im Sommer) mitunter ein Grund für die relativ grossen (nicht-saisonalen) Schwankungen des Reduktionspotenzials sein. Es findet jedoch keine Anreicherung des Ortho-Phosphates durch Rücklösung statt, wie sie z. B. bei *Hupfer et al.* (2002) beschrieben wurde. Bei optimalen Sauerstoffverhältnissen haben die Gewässer für Ortho-Phosphat durchwegs eine bestmögliche Senkenfunktion durch Inkorporierung in Biomasse, z. B. in das Phytoplankton, beim Grand Marais zusätzlich in die durchströmten Makrophytenbestände.

4.3 Bakteriologie

E. coli-Bakterien werden fast ausschliesslich mit Abwässern aus punktuellen und diffusen Quellen in die Gewässer eingetragen. Sie haben somit eine Indikatorfunktion für Gewässerbelastungen. Bei Auftreten von *E. coli* sind auch immer koliforme Keime vorhanden, welche auch an Pflanzen und im Boden sowie in Gewässern in beträchtlichen Konzentrationen auftreten können (DVWK 1996, 51ff). Nicht gelöste Partikel (Trübstoffe) können Träger von Mikroorganismen oder kleine Organismen selber sein (pathogene Keime, Viren, Bakterien, Protozoen, Invertebraten-Larven, Parasiten) (McCarthy & Zachara 1989). Die Sedimentation solcher Schwebstoffe und der anschliessende Abbau der Bakterien durch Antagonisten im Biofilm tragen somit erheblich zum Selbstreinigungspotenzial eines Gewässers und einer funktionierenden Auenlandschaft bei.

In den Feuchtgebieten und Stillgewässern der Petite Camargue Alsacienne sind die entsprechenden Milieubedingungen für Antagonisten von krankheitserregenden Keimen (z. B. aerobe mesophile Keime) erfüllt, wie die reduzierten Keimzahlen nach der Passage von Étang U und Grand Marais zeigen. Das Selbstreinigungspotenzial v. a. bezüglich der Indikatorkeime *E. coli* (-91.9 % im Étang U bzw. -87.7 % im Grand Marais) ist als sehr hoch einzuschätzen.

5 Fazit

Die Untersuchungen im Gewässersystem der Petite Camargue Alsacienne zeigen, dass grossflächige Überflutungsflächen und naturnahe Fliess- und Stillgewässer einen wesentlichen Beitrag zur Verbesserung der Wasserqualität leisten können. Diese Verbesserung des Oberflächenwassers nach dem Durchfliessen solcher Gewässersysteme ermöglicht es, im Rahmen eines modernen Flusslandschaftsmanagements wieder vermehrt Elemente naturnaher Auenlandschaften als wirkungsvolle Reinigungsstufe einzusetzen – in heute noch durch andere Nutzungsformen geprägten ehemaligen Überschwemmungsebenen (vgl. Wüthrich et al. 2006).

Der Petite Camargue Alsacienne kommen somit konkret nicht nur naturschützerische Aufgaben zu, sondern auch Aufgaben im Prozessschutz (Selbstreinigungsprozesse von Auenlandschaften) und folglich dem Gewässerschutz. Daher sind die Bestrebungen zur weiteren Revitalisierung der angrenzenden Gebiete fortzuführen, insbesondere auch mit der Reaktivierung weiterer Flutgräben und amphibischer Bereiche. Neben diesen Aufgaben im Natur- und Gewässerschutz kann die Petite Camargue Alsacienne gleichzeitig einer (gelenkten) Erholungsnutzung dienen.

Danksagung

In erster Linie danken wir der Stiftung Mensch-Gesellschaft-Umwelt (heute Programm MGU), die das Projekt F1.03 durch Deckung der Forschungskosten weitgehend finanzierte. Weiter danken wir der Association und der Forschungskommission Petite Camargue Alsacienne für die konstruktive Zusammenarbeit und die wohlwollende Begleitung unserer Untersuchungen.

Literatur

- Berger C. 1993. *Die unbelebten Standortfaktoren Relief, Boden und Wasser als Grundlage der Naturschutzgebietsplanung in der "Petite Camargue Alsacienne" (F)*. Diplomarbeit am Geographischen Institut der Universität Basel, 1–160 + 36 S. Anhang.
- Bloesch J. 1997. Revitalisierung der Fließgewässer im Einzugsgebiet des Vierwaldstättersees. *Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft Luzern* 35: 9–28.
- Boissaye A. & Knibiely P. 2005. *La Petite Camargue Alsacienne. Dans la jungle du Rhin...* Regards sur une réserve naturelle. Strasbourg, 1–140.
- BUWAL & BWG 2003. Leitbild Fließgewässer Schweiz. Für eine nachhaltige Gewässerpolitik. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft & Bundesamt für Wasser und Geologie, Bern, 1–12.
- Daske D. 1979. La réserve naturelle, pourquoi? *Bulletin de la Société Industrielle de Mulhouse* 3/79 (775): 11–16.
- Durrer H., Binnert J.P. & Lacoste V. 1997a. *Hydrologisches Konzept*. Strategien zur Wiederbelebung der Mittleren Au in der Petite Camargue Alsacienne (F/Elsass) 1996. Institut für Medizinische Biologie der Universität Basel, 1–37.
- Durrer H., Jenn H., Golay N., Vaterlaus C., Walther B., Amrhein V., Ochsenbein A. & Lenzin H. 1997b. *Renaturierung der Mittleren Au in der Petite Camargue Alsacienne (F/Elsass) von 1993–1996*. Schlussbericht MGU-Projekt FO3, Universität Basel, 1–227.
- DVWK 1993. *Aussagekraft von Gewässergüteparametern in Fließgewässern*. Teil I: Allgemeine Kenngrößen, Nährstoffe, Spurenstoffe und anorganische Schadstoffe, Biologische Kenngrößen. Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V., Merkblätter zur Wasserwirtschaft 227, Bonn, 1–53.
- DVWK 1996. *Aussagekraft von Gewässergüteparametern in Fließgewässern*. Teil II: Summenparameter für Kohlenstoffverbindungen und sauerstoffverbrauchende Substanzen, Mineralstoffe, organische Schadstoffe, hygienische Kennwerte, Teil III: Hinweise zur Probennahme für physikalisch-chemische Untersuchungen. Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V., Merkblätter zur Wasserwirtschaft 228, Bonn, 1–70.
- Freiermuth B. 1997. *Die Entwicklung der Landschaft der Petite Camargue Alsacienne im Wandel der Zeit*. Ein MGU-Teilprojekt innerhalb des Projektes "Renaturierung der Petite Camargue Alsacienne". Institut für Medizinische Biologie der Universität Basel, 1–63 + 6 S. Anhang.
- Gallusser W.A. & Schenker A. 1992. *Die Auen am Oberrhein*. Basel, 1–192.
- Geissbühler U. 2006. *Selbstreinigungsleistung urbaner Flusslandschaften bei Basel*. Inwertsetzung revitalisierter und naturnaher Auen- und Feuchtgebieten in den ehemaligen Flussebenen von Wiese, Birs und Rhein. Dissertation am Geographischen Institut der Universität Basel, in Arbeit.
- Geissbühler U., Stucki O. & Wüthrich C. 2005. Selbstreinigungsleistung des Gewässersystems in der Brüglinger Ebene (Basel, Schweiz). Potenziale für die Inwertsetzung urbaner Flusslandschaften. *Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaften beider Basel* 8: 135–153.
- Geissbühler U., Stucki O. & Wüthrich C. 2006. Selbstreinigungsleistung urbaner Flusslandschaften. In: Wüthrich C., Huggenberger P., Freiberger H., Geissbühler U., Regli C. & Stucki O.: *Revitalisierung urbaner Flusslandschaften*. Schlussbericht zum MGU-Forschungsprojekt F1.03, Universität Basel, 17–43.
- Hupfer M., Gelbrecht J., Köhler J., Ackermann G. & Schulz M. 2002. Nährstoffdynamik. In: Köhler J., Gelbrecht J. & Pusch M. (Hrsg.). *Die Spree. Zustand, Probleme, Entwicklungsmöglichkeiten*. Limnologie aktuell 10, Stuttgart, 100–110.
- Klapper H. 1992. *Eutrophierung und Gewässerschutz*. Jena, 1–277.
- Lenzin H. 2004. *Petite Camargue Alsacienne*. Botanischer Exkursionsführer mit Artenlisten und Routen. Basel, 1–218.
- McCarthy J.F. & Zachara J.M. 1989. Subsurface transport of contaminants. *Environmental Science & Technology* 23(5): 496–502.
- Pott R. & Remy D. 2000. *Gewässer des Binnenlandes*. Stuttgart, 1–255.
- Schlumberger O. 1979. Histoire de la pisciculture. *Bulletin de la Société Industrielle de Mulhouse* 3/79 (775): 35–39.
- Stucki O. 2004. Der Quellsee in der Brüglinger Ebene: Eine echte Oase? Ein urbanes Gewässer als Natur-, Lebens- und Erholungsraum. *Regio Basiliensis* 45(3): 229–241.
- Stucki O. 2006. *Strukturen und Funktionen urbaner Kleingewässer um Basel. Quellsee (Brüglinger Ebene) und Étang U (Petite Camargue Alsacienne) als Natur-, Lebens- und Erholungsraum*. Dissertation am Geographischen Institut der Universität Basel, in Arbeit.
- Vest M. 1999. *Auswirkungen städtischer und ländlicher Einflussnahmen auf ein urbanes (Still-)Gewässer, dargestellt am Beispiel des Aasees in Münster (Westf.)*. Abhandlungen aus dem Westfälischen Museum für Naturkunde 61(1): 1–112.
- Vollenweider R. 1982. *Eutrophication of waters. Monitoring, assessment and control*. OECD, Paris, 1–154.

- Wissing F. & Hofmann K. 2002. *Wasserreinigung mit Pflanzen*. Stuttgart, 1–273.
- Wüthrich C. 2002. Die landschaftliche Vielfalt der Langen Erlen. *Basler Stadtbuch* 2001 (122): 195–199.
- Wüthrich C. & Leser H. 2006. *Geoökologischer Laborkurs. Das Handbuch zum Kurs*. Geographisches Institut der Universität Basel, 1–116.
- Wüthrich C., Huggenberger P., Freiberger, H., Geissbühler U., Regli C., & Stucki O. 2006. *Revitalisierung urbaner Flusslandschaften*. Schlussbericht zum MGU-Projekt F1.03, Universität Basel, 1–83.
- Zaugg Stern M. & Hostmann M. 2006. Vom Expertenentscheid zum Risikodialog. *Eawag News* 61d: 12–14.