

Entwicklung eines Sanierungskonzeptes für die Gewässer einer urbanen Großsiedlung am Beispiel des Märkisches Viertels, Berlin.

Günter Gunkel und Uwe Lange

Synopsis

The "Märkisches Viertel" is an urban settlement in Berlin with 40,000 inhabitants being build up 25 years ago. In this part of the city a double sewage system is used, which lead the rain water from roads and roofs into ditches and small lakes being loaded by rain water input with nutrients, pesticides and wastes from the catchment area.

The "Märkisches Viertel" serves as a model system for urban development, and a concept for rainwater treatment as well as for water management is given. In a multistep system, rain water can be purified: oxidation ditch, sedimentation pond, lake with hypolimnic aeration, and a lake system with a differentiated concept for utilization, arranged as a successive flooded system.

limnology, urban ecology, lake restoration, rain water treatment, water management

1. Einleitung

Der fortschreitende Rückgang der städtischen Gewässer durch Verfüllung oder Verrohrung sowie das Auftreten sichtbarer Schädigungen als Folge einer übermäßigen Nutzung und Belastung verlangen einen Beitrag der Limnologie als ein interdisziplinärer Forschungsansatz, um die urbanen Gewässer zu erhalten und zu entlasten; allerdings besteht ein großes Defizit an der qualitativen und quantitativen Erfassung der biogenen Prozesse in stark belasteten urbanen Gewässern (GUNKEL 1991).

Das Märkische Viertel Berlin dient als Modell für die Stadtentwicklungsplanung einer urbanen Großsiedlung (SENATSWERWALTUNG f. BAU- u. WOHUNGSWESEN, 1989); festgestellte Datendefizite im Bereich des Wassers führten zu einem umfangreichen Untersuchungsprogramm (GUNKEL 1991). Eine Verbesserung der Entwässerungssituation und des ökologischen Zustandes der Gewässer setzt die konsequente Anwendung der technischen und ökotechnischen Verfahren der Gewässersanierung und des Gewässermanagements voraus (HAMM & KUCKKLENTZ 1981, DVWK 1988, UHLMANN 1988, US EPA 1988).

2. Material und Methoden

2.1 Gewässer des Märkischen Viertels

Das Märkische Viertel ist eine urbane Großsiedlung am nördlichen Stadtrand von Berlin mit 40.000 Bewohnern; Bereiche mit Hochhausbebauung werden ergänzt durch Abschnitte mit Flachbebauung sowie Ein- und Mehrfamilienhäusern, Sport- und Grünanlagen, Kleingartenkolonien, eine begrünte Hausmülldeponie als Freizeitpark und landwirtschaftlich genutzte Flächen. Die Entwässerung des Gebietes erfolgt durch eine Getrenntkanalisation (Schmutzwasserkanal, Regenwasserkanal); die Regenwasserkanäle münden in offene Gräben und werden über das Grabensystem (Fasaneriegraben mit dem Mittelfeldbecken als Regenrückhaltebecken, Packereigraben, Zulandgraben) in das ausgebaute Seggeluchbecken abgeleitet. Das Seggeluchbecken ist ein Flachgewässer von 1,7 ha mit einer Feuchtwiese von 1,3 ha, die einen schützenswerten Bestand von Makrophyten aufweist. Der geologische Untergrund wird durch eiszeitliche Ablagerungen geprägt; eine mächtige Geschiebemergelschicht keilt zum Seggeluchbecken aus, ein ursprüngliches Flachmoorgebiet durch Austritt von Schichtenwasser. Das Grundwasser liegt in weiten Bereichen ca. 10 bis 15 m unter Geländeneiveau und steht gespannt an.

Die natürlichen Entwässerungsgräben sind begradigt und im Sohlenbereich durch Betonhalbschalen verfestigt worden; Durchlässe (\varnothing 80 bis 170 cm), Abstürze und Tosbecken sind Teil des Gewässerausbauens. Das Grabenprofil ist durch eine großflächige Auffüllung des Geländes während der Bauzeit trapezförmig tief eingeschnitten (an der Oberkante ca. 10 m breit; ca. 2,5 m tief).

Das Einzugsgebiet des Packereigrabens im Bereich des Märkischen Viertels beträgt 410 ha. Mit Ausnahme der landwirtschaftlichen Flächen und der Kleingartenkolonien sind die Entwässerungsflächen weitgehend versiegelt und tragen unmittelbar zum Abfluß bei.

2.2 Untersuchungsprogramm

Zur Ermittlung der wasserchemischen, limnologischen hydrologischen und hydrogeologischen Daten wurde ein zweijähriges Untersuchungsprogramm durchgeführt mit monatlicher Probenahme an fünf verschiedenen Positionen der Gewässer (Fasaneriegraben, Packereigraben, Zulandgraben, Mittelfeldbecken und Seggeluchbecken, GUNKEL 1991). Zur Fauna und Flora der Gewässer sind Bestandsaufnahmen und Bewertungen vorhanden (SUKOPP 1984).

3. Ergebnisse

3.1 Die Belastungen der Gewässer im Märkischen Viertel

Die intensive Nutzung der Gewässer in urbanen Ballungsgebieten, insbesondere auch die intensive Nutzung des Einzugsgebietes der Gewässer, führt zu einer starken Belastung der limnischen Systeme, teilweise auch zum Überschreiten der Belastungsgrenzen der Gewässer. Als Belastungen der Gewässer sind zu unterscheiden:

a) Eingriffe baulicher Art:

Durch die Versiegelung im Einzugsbereich der Gewässer tritt eine Verringerung des Basisabflusses bei gleichzeitiger Erhöhung der Spitzenabflüsse (Regenableitungen) auf. Der flankierend durchgeführte Gewässerausbau zur Beschleunigung der Wasserableitung (Begradigung, Sohlenverbau, Abstürze mit Tosbecken, Uferverbau) sowie die Trockenlegung der Litoralbereiche als Folge der intensiven Flächennutzung und der Sicherung der ufernahen Grundstücke führt zum Rückgang der Besiedlung der Gewässer. Eine verringerte ökologische Stabilität und eine Reduzierung der Abbauleistungen in den Gewässern ist die Folge, als weitere negative Auswirkungen sind zu nennen die auftretende Grundwasserabsenkung und die Abflußcharakteristik (Verhältnis Basisabfluß zu Spitzenabfluß).

b) Belastungen durch direkte Nutzung:

Direkte Nutzungen der urbanen Gewässer sind die Einleitung von Notüberläufen (bei Mischkanalisation), die Einleitung Regenwasser der Straßen- und Dachflächen bei Getrenntkanalisation, der direkte Nährstoffeintrag durch Anfütterung von Wasservögeln und durch die Sportangelnutzung.

c) Belastungen durch indirekte Nutzungen und aus diffusen Quellen:

Indirekte Nutzungen bzw. diffuse Quellen stellen eine erhebliche Belastung für urbane Gewässer dar; es treten Vertrittschäden, Fäkalverunreinigungen (u. a. durch Kanalfehlanschlüsse, Ratten- und Hundekot, illegale Entsorgung im Bereich von Kleingartenkolonien, Schichtenwasser durch Sickergruben) und eine Vermüllung (direkter Eintrag, Windeintrag) auf. Im Einzugsgebiet der urbane Gewässer sind erhöhte Emissionen zu erwarten (u. a. als Folge des Kfz-Verkehr), die Freizeitnutzungen führen, soweit sie möglich sind, zu weiteren Belastungen (Schädigung der Litoralzone durch Boot- und Badebetrieb, Verbißschäden durch übermäßige Wasservogelpopulationen).

Die wasserchemischen und limnologischen Daten der Entwässerungsgräben im Märkischen Viertel (Fasaneriegraben, Packereigraben, Zulandgraben; Tab. 1) zeigen stark erhöhte Nährstoffkonzentrationen (insbesondere Ammonium, ortho-Phosphat, gelöster und partikulärer Phosphor), hohe pH-Werte und eine sehr starke Sauerstoffzehrung (als BSB und CSB). Die Phytoplanktonbiomasse ist gering, es treten jedoch coliforme Bakterien in großer Dichte auf; der Sestonengehalt ist sehr hoch als Folge des Stoffaustrages aus dem Einzugsgebiet.

Tab. 1: Limnologische Daten der Gräben im Märkischen Viertel (Fasaneriegraben, Packereigraben, Zulangraben); Datengrundlage bildet eine zweijährige Untersuchung mit monatlicher Probenahme.

Limnologische Daten der Gräben im Märkischen Viertel			
Parameter	Mittelwert (n = 54)	σ	Extreme
pH			7,4 - 10,1
Gesamt-N	11,6 mg/l	15,0	0 - 67 mg/l
NH ₄ ⁺ -N	6,7 mg/l	11,3	0 - 42 mg/l
NO ₂ ⁻ -N	0,2 mg/l	0,4	0 - 2,1 mg/l
Gesamt-P	0,21 mg/l	0,6	0,01 - 4,08 mg/l
Gesamt-P gel.	0,12 mg/l	0,4	0,01 - 2,70 mg/l
o-PO ₄ ³⁻ -P	0,08 mg/l	0,20	0,00 - 1,44 mg/l
O ₂			1,9 - 27,1 mg/l
BSB ₁	2,5 mg/l O ₂	2,4	0,1 - 11,4 mg/l O ₂
BSB ₅	10,8 mg/l O ₂	12,9	0 - 44 mg/l O ₂
CSB	48 mg/l O ₂	33	8 - 205 mg/l O ₂
Chl a (V - IX)	33 mg/l	39	5 - 144 µg/l
Seston	18 mg/l	18	3 - 103 mg/l
Coliforme	7*10 ³ KBE/ml	18*10 ³	10 ² - 10 ⁶ KBE/ml
Phytopl. ZZ			< 25.000 n/ml
- Biovol.			< 10 mm ³ /l

Tab. 2: Limnologische Daten der Seen im Märkischen Viertel (Mittelfeldbecken, Seggeluchbecken); Datengrundlage bildet eine zweijährige Untersuchung mit monatlicher Probenahme.

Limnologische Daten der Seen im Märkischen Viertel			
Parameter	Mittelwert (n = 36)	σ	Extreme
pH			7,7 - 9,4
Gesamt-N	8,4 mg/l	7,3	1 - 24 mg/l
NH ₄ ⁺ -N	3,8 mg/l	4,9	0 - 17 mg/l
NO ₂ ⁻ -N	0,11 mg/l	0,12	0 - 0,5 mg/l
Gesamt-P	0,19 mg/l	0,14	0,01 - 0,52 mg/l
Gesamt-P gel.	0,09 mg/l	0,7	0,03 - 0,34 mg/l
o-PO ₄ ³⁻ -P	0,05 mg/l	0,06	0,00 - 0,27 mg/l
O ₂			2,8 - 44,0 mg/l
BSB ₁	4,1 mg/l O ₂	2,6	0,7 - 11,0 mg/l O ₂
BSB ₅	14,6 mg/l O ₂	22,7	0 - 91 mg/l O ₂
CSB	57 mg/l O ₂	21	18 - 121 mg/l O ₂
Chl a (V - IX)	280 mg/l	303	15 - 1440 µg/l
Seston	28 mg/l	24	3 - 104 mg/l
Coliforme	7*10 ³ KBE/ml	18*10 ³	10 ¹ - 10 ⁵ KBE/ml
Phytopl. ZZ			< 1.100.000 n/ml
- Biovol.			< 160 mm ³ /l

Auch die Seen im Märkischen Viertel (Mittelfeldbecken, Seggeluchbecken) zeigen ein hohes Belastungsniveau bzw. weisen auf ein Überschreiten der Belastungsgrenzen hin (Tab. 2). Letale Bedingungen für Fische und andere Organismen treten wiederholt auf (erhöhte pH-Werte, erhöhte Nitrit-Konzentrationen), der Nährstoffgehalt ist sehr hoch (insbesondere Ammonium und gelöster Phosphor) und führt zu Algenmassenentfaltungen; als Maximum wurden 1440 µg/l Chl a (bei einer Massenentfaltung von *Chlamydomonas*) bzw. 1.100.000 Zellen/ml (Massenentfaltung von *Cryptophyceae*, Monaden) erfaßt. Die Sauerstoffzehrung in den Gewässern (als BSB und CSB) ist sehr hoch und führt zu anaeroben Sedimenten und anoxischen Verhältnissen im Gewässer.

Grundlage für die Bewertung des Nährstoffeintrages bildet das Vollenweider Belastungsmodell (VOLLENWEIDER 1975, VOLLENWEIDER & KERÉKES 1980), die Phosphor-Flächenbelastung wird in Abhängigkeit von der hydraulischen Belastung und der tolerierbaren P-Belastung bewertet. Die Anwendung des Vollenweider Belastungsmodells ergibt für einen See im Märkischen Viertel ohne flankierende Maßnahmen einen hypertrophen Charakter mit einer nicht tolerierbaren P-Belastung von 7,3 g P m⁻² a⁻¹, die tolerierbare P-Belastung beträgt ca. 1 g P m⁻² a⁻¹. Durch die konsequente Anwendung der technischen und ökotechnischen Verfahren könnte die P-Belastung um mehr als 90% verringert werden, so daß der See in einen noch eutrophen, jedoch tolerierbaren Nährstoffstatus gelangen würde.

3.2 Sanierungskonzept für das Gewässersystem des Märkischen Viertels

Die Sanierung urbaner Gewässersysteme muß unter Einbeziehung des Einzugsgebietes erfolgen, da der relative Stoffeintrag aus dem Einzugsgebiet im Vergleich zu anthropogen nicht belasteten Gewässern deutlich erhöht ist als Folge erhöhter Abflußbeiwerte (Versiegelung im Einzugsgebiet) und verringerter Fließzeiten. Entsprechend müssen landschaftsplanerische und wasserwirtschaftliche Maßnahmen im Einzugsgebiet durchgeführt werden, um die Abflußverhältnisse zu verbessern (Tab. 3).

Tab. 3: Sanierungsmaßnahmen und Verfahren des Gewässermanagements für urbane Gewässer.

Management urbaner Gewässer	
Landschaftsplanerische Maßnahmen:	Dachbegrünung Fassadenbegrünung Entsiegelung Nährstoffaustrag
Wasserwirtschaftliche Maßnahmen:	Schluckbrunnen Infiltrationsbecken Retentionsräume
Technische Maßnahmen:	Feinrechen Mikrosiebung P-Fällung (simultan, in situ) Sedimentationsbecken Tiefenwasserentnahme Ringkanal bypass
Ökotechnische Maßnahmen:	Oxidationsteich Vorseee Seenbelüftung Zwangszirkulation Makrophytenbeet
Biomanipulation	Nahrungskettenbeeinflussung phytophage Fische

Ziel ist die Verringerung des Direktabflusses durch Erhöhung des Basisabflusses (als Interflow), der Grundwasserneubildung und der Evapotranspiration. Von großer Bedeutung ist hierbei die Schaffung von Retentionsräumen, u. a. durch Einstau von Wasserflächen, Litoralbereichen oder Überflutungsräumen, und durch

Speicherung im Bodenkörper; sowohl die Retentionsräume als auch der Bodenkörper geben den Direktabfluß zeitlich verzögert ab und führen zur Verringerung der hydraulischen Belastung.

Zahlreiche technische und ökotechnische Maßnahmen zur Sanierung von Gewässern sind in den letzten Jahren entwickelt und erprobt worden, die auf ihre Eignung und Effektivität zu überprüfen sind (Tab. 3); flankierend müssen die Verfahren der Biomanipulation als ein notwendiger Bestandteil des Gewässermanagements angewendet werden.

Das entwickelte Konzept der Regenwasserableitung und -aufbereitung im Bereich des Märkischen Viertels besteht aus einem vierstufigen Verfahren (Abb. 1).

a) Oxidationsgraben

Als erste Stufe ist eine Oxidation vorgesehen (Umbau des Fasaneriegrabens zum Oxidationsgraben). Die wesentlichen biologischen Prozesse sind die Nitrifikation zur Vorbereitung der folgenden Denitrifikation, der aerobe Abbau, insbesondere der gelösten organischen Stoffe, und die Bildung von Bakterienflocken mit verbesserten Sedimentationseigenschaften; zusätzlich erfolgt die Bildung von sedimentationsfähigen Eisenhydroxophosphaten. Die Wirksamkeit eines Oxidationsgrabens (1.500 m²) ist während des Basisabflusses sehr hoch; die Aufenthaltszeit beträgt dann > 3 d. Allerdings ist die Aufenthaltszeit des Wassers bei Regenwetterabfluß minimal (bei HQ, ca. 20 min), so daß dann kein biologischer Abbau erfolgen kann.

b) Sedimentationsbecken

Als zweite Stufe der Wasseraufbereitung muß eine Sedimentation erfolgen (mit einem Feinrechen zur Müllentfernung); das Sedimentationsbecken sollte mit einer Lamellenwand als Prallkörper zur Verbesserung der Sedimentationseigenschaften ausgestattet sein. Entscheidend für die Effektivität ist die Sicherstellung der Sedimentation durch eine Strömungsgeschwindigkeit von < 3 cm/sec und einer Aufenthaltszeit von > 1,5 h. Dieser Durchfluß kann durch ein Wirbelventil sichergestellt werden, daß gleichzeitig der Belüftung dient. Eine Tauchwand entfernt die an der Oberfläche flotierenden Stoffe (z. B. nach einem Ölunfall).

Die wesentlichen Prozesse der Wasseraufbereitung sind die Sedimentation, die Kopräzipitation (Mitfällung durch Adsorption an Seston und Eisenhydroxiden) und die Denitrifikation zur Entfernung des Stickstoffes. Die Effektivität beträgt > 90% für Schwebstoffe (Schlammanfall ca. 150 m³/a), die Phosphorkonzentration kann um ca. 70% verringert werden (davon ca. 50% part. P); die Reduktion des Stickstoffes beträgt ca. 80% (10% als N_{part} und ca. 70% über die Denitrifikationsleistung). Allerdings kann in einem Sedimentationsbecken mit 3.000 m³ nur ein wenig intensiver Niederschlag behandelt werden - auch unter Einbeziehung des Einstaufeffektes der Gräben. Niederschlagsereignisse mit einer Wahrscheinlichkeit von weniger als 4 mal pro Jahr liefern so große Wassermengen, daß sie die vorgegebenen Rahmenbedingungen überschreiten und über einen Bypass abgeleitet werden müssen. Eine Wahrscheinlichkeit von 4 mal pro Jahr ist jedoch so groß, daß sie für den Nährstoffeintrag in ein Gewässer nicht tolerabel ist.

c) Vorsee mit hypolimnischer Belüftung

Als dritte Stufe ist ein Vorsee mit einer hypolimnischen Belüftung notwendig (Vergrößerung und Vertiefung des Mittelfeldbeckens), um die gelegentlich durch Starkregen ausgelösten Nährstoffeinträge aufzufangen. Bemessungsgrundlage ist eine Tiefe von 10 m wegen der thermischen Schichtungsbildung, eine Aufenthaltszeit im Epilimnion von mindestens 7 d und ein Retentionsvermögen im Epilimnion von mindestens HQ₁₀. Schwebstoffe und abbaubare anorganische Stoffe werden nahezu vollständig entfernt, die Reduktion des Phosphors beträgt ca. 70% (P-Speicherung der Phytoplankter, Sedimentation). Der Sauerstoffbedarf beträgt 50 kg/d bei einem Vorrat von nur 250 kg im Hypolimnion.

d) Kaskadenförmig angelegte Seen

Als vierte Stufe ist eine Umgestaltung des Packereigrabens/Seggeluchbeckens zu einer kaskadenförmig angelegten Seenkette vorgesehen. Der Neue See (als Erweiterung des Fasaneriegrabens und Packereigrabens) ist als hart verbautes Gewässer im urbanen Zentrum geplant (Uferbefestigung teilweise mit einer Spundwand), das vorhandene östliche Seggeluchbecken soll Freizeitznutzungen (Modellboote, Liegewiese) zugänglich sein bei naturnaher Gestaltung, und das vorhandene westliche Seggeluchbecken mit der Seggeluchwiese dient als Naturschutzraum. Die Verbindung der Seen erfolgt über den eingestauten Packereigraben bzw. über einen Brückendurchlaß zwischen dem westlichen und östlichen Seggeluchbecken.

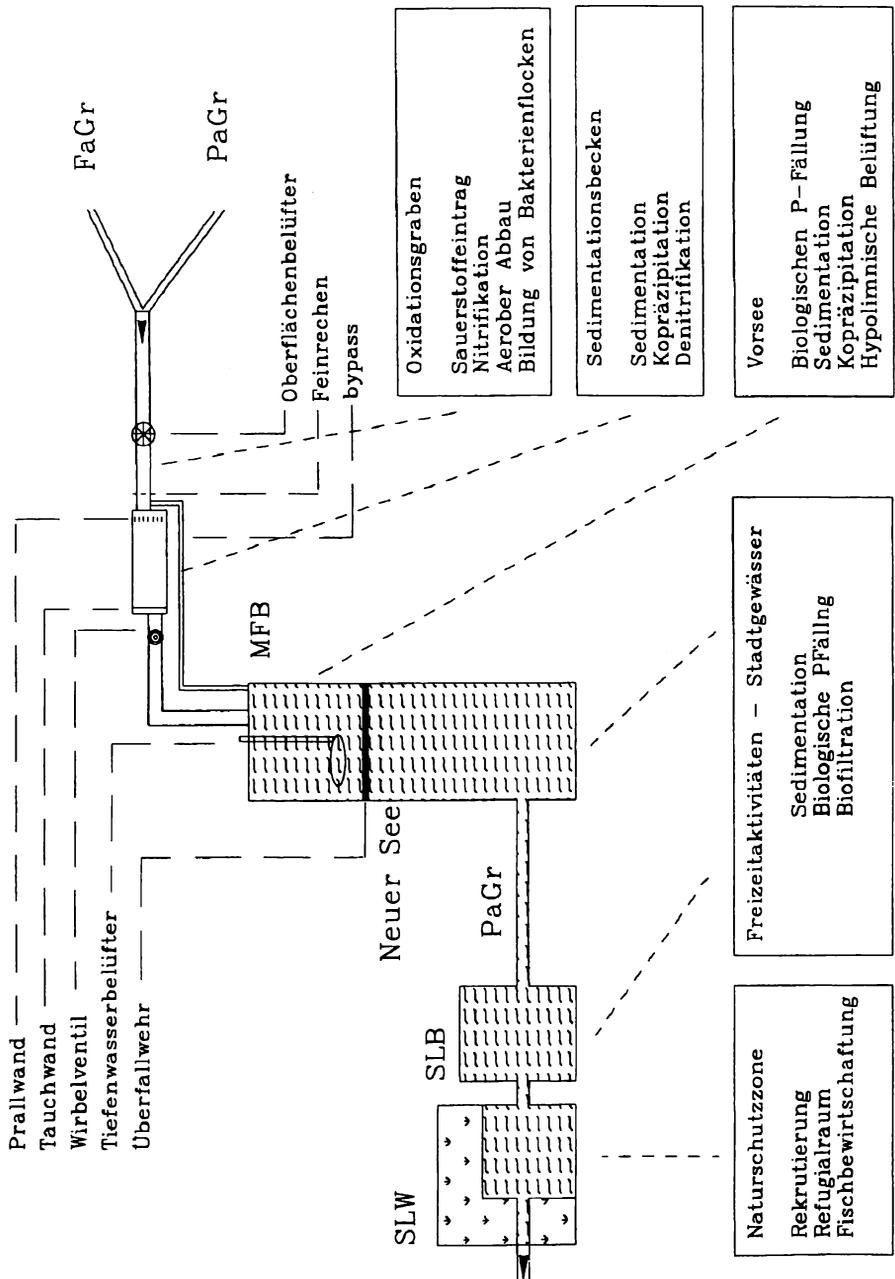


Abb. 1: Sanierungskonzept für das Gewässersystem des Märkischen Viertels (FaGr = Fasaneriegraben, PaGr = Packereigraben, MFB = Mittelfeldbecken, SLB = Seggeluchbecken, SLW = Seggeluchwiese).

Die wesentlichen Prozesse in dieser kaskadenförmigen Seenkette sind die Sedimentation, die Biologische P-Fällung über das Plankton und die Biofiltration durch das Zooplankton (u. a. Reduzierung der coliformen Bakterien). Die Plankton- und auch die Fischbiozönose sollen im wesentlichen im westlichen Seggeluchbecken

mit den submersen Makrophytenbeständen und den Bewässerungsrinnen der Seggeluchwiese aufgebaut und stabilisiert werden. Die sehr starke Verringerung der Phosphatbelastung auf ca. $0,7 \text{ g P m}^{-2} \text{ a}^{-1}$ im Seggeluchbecken ermöglicht und sichert diese Funktion als Rekrutierungs- und Refugialraum; eine Stabilisierung der Planktonbiozönose ist somit auch für den als hart verbautes Gewässer geplanten Neuen See ohne natürliche Flachwasserbereiche zu erwarten. Eine Bewirtschaftung der Fischbestände (als Biomanipulation) ist notwendig, um die Populationen klein zu halten und zooplanktivore Arten zurückzudrängen.

Flankierend müssen Regenwassereinleitungen der Straßenentwässerung in diesem Bereich gefaßt und über eine Regenwasserleitung an den Ausfluß geführt werden; weitere Maßnahmen werden somit am Unterlauf des Gewässer langfristig notwendig.

4. Diskussion

Die vielfältigen Ansprüche an die Gewässernutzung verlangen einerseits eine abgestufte Mehrfachnutzung unter Berücksichtigung der Kapazitätsgrenzen, andererseits machen sie auch eine naturnahe Umgestaltung vieler vorhandener Gewässer notwendig, insbesondere jener Gewässer, die ausschließlich für eine unmittelbare und schnelle Wasserableitung ausgebaut worden sind.

Im städtischen Bereich treten zahlreiche zusätzliche Belastungsfaktoren auf, die die erfolgreiche Renaturierung der Gewässer wesentlich erschweren. Besondere Beachtung verdienen die Sedimente, die als Senken der für die Schadstoffe dienen (Schwermetalle, schwerflüchtige chlorierte Kohlenwasserstoffe); eine flächenhafte Kontaminierung renaturierter Bereiche durch Schadstoffeintrag bzw. Schadstoffverfrachtung muß verhindert werden. Belastete Oberflächengewässer führen durch die erhöhte Infiltration im Bereich naturnah gestalteter Abschnitte zudem zu einer Grundwassergefährdung.

Zusammenfassung

Das Märkische Viertel in Berlin ist eine urbane Großsiedlung mit einer Getrenntkanalisation und der Einleitung des Regenwassers in offene Gräben und Seen. Die Regenwassereinleitung aus dem Wege- und Straßenbereich bewirkt eine starke Beeinträchtigung der Gewässer aufgrund der Belastung mit Nähr- und Schadstoffen, und es treten deutliche Überschreitungen der Belastungsgrenzen auf. Die Gewässer sind eutrophiert mit extremen Algenmassenentwicklungen, es treten starke Sauerstoffzehrungen auf, eine Vermüllung findet statt und ein Eintrag von coliforme Keime ist festzustellen.

Die Sanierung des Gewässersystems im Märkischen Viertel ist als vierstufige Anlage konzipiert worden mit einem Oxidationsgraben, einem Sedimentationsbecken verbunden mit einem Feinrechen, einem Vorsee mit hypolimnischer Belüftung und der kaskadenförmig angelegten Seenkette.

Literatur

- DEUTSCHER VERBAND FÜR WASSERWIRTSCHAFT UND KULTURBAU (DVWK), 1988: Sanierung und Restaurierung von Seen. - DVWK Merkblätter 213/1988, Verlag Paul Parey Hamburg: 33 S.
- GUNKEL, G., 1991: Die gewässerökologische Situation in einer urbanen Großsiedlung (Märkisches Viertel, Berlin). - In: SCHUHMACHER, H. & B. THIESMEIER (Hrsg.): Urbane Gewässer. - Westarp Wissenschaften: 122-174.
- HAMM, A. & V. KUCKLENTZ, 1981: Möglichkeiten und Erfolgsaussichten der Seenrestaurierung. - Bayer. Staatsminist. f. Landesentw. u. Umweltfragen: 221 S.
- SENATSWERWALTUNG f. BAU- u. WOHNUNGSWESEN, 1989: Das Märkische Viertel - Wohin nach 25 Jahren? Ideen - Perspektiven - Bausteine. Hrsg. GEHRMANN, M. E. & H. KLIPPEL. - Bezirksamt Reinickendorf/Senatsverwaltung für Bau- und Wohnungswesen, 1989.
- SUKOPP, H., 1984: Grundlagen für das Artenschutzprogramm. - Landschaftsentwicklung und Umweltforschung, Schriftenreihe des FB Landschaftsentwicklung der TU Berlin, Nr. 23, 3 Bd.
- UHLMANN, D., 1988: Hydrobiologie - Ein Grundriß für Ingenieure und Naturwissenschaftler. Gustav Fischer Verlag, 3. A.: 198 S.
- US EPA, 1988: Lake and reservoir restoration guidance manual. - EPA 440/5-88-002.

VOLLENWEIDER, R. A., 1975: Input-Output Models - with special reference to phosphorus loading concept in limnology. - Schweiz. Z. f. Hydrologie 37: 53-84.

VOLLENWEIDER, R. A. & J. KEREKES, : The loading concept as a basis for controlling eutrophication. - Progress in Water Technol. 12, 2: 5 -39.

Adressen

Priv. Doz. Dr. Günter Gunkel
Technische Universität Berlin
FG Wasserreinigung, Sekr. KF 4
Straße des 17. Juni 135

1000 Berlin 12

Dipl.-Ing. U. Lange
Geoplan Ingenieurgesellschaft mbH
Reuchlinstr. 10-11

1000 Berlin 61

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie](#)

Jahr/Year: 1992

Band/Volume: [21_1992](#)

Autor(en)/Author(s): Gunkel Günter, Lange Uwe

Artikel/Article: [Entwicklung eines Sanierungskonzeptes für die Gewässer einer urbanen Großsiedlung am Beispiel des Märkisches Viertels, Berlin. 193-200](#)