Güteverbesserung von Stadtgewässern

Rainer Schwerdhelm und Herwig Lehmann

Schlagwörter: Gewässergüte, Stadtgewässer, Sanierung, Restaurierung

Gewässer in urbanen Räumen zeichnen sich durch spezifische Nutzungen und Belastungen aus, die in einer natürlichen Umgebung nicht immer zu finden sind. Am Beispiel verschiedener Gewässer im Stadtgebiet von Hannover werden die Belastungsursachen dargestellt und quantifiziert. Ausgehend von den speziellen örtlichen Gegebenheiten werden zwei Konzepte zur Verbesserung der Wasserqualität entwickelt.

Es wird deutlich, daß durch die räumliche Nähe verschiedener Gewässer zueinander neue Möglichkeiten zur Sanierung und Restaurierung städtischer Gewässer möglich sind.

Surface waters in urban areas are characterized by specific types of use and pollution which are not found in a natural environment. Causes of pollution are described and quantified by taking the example of various expanses and courses of water within the boundaries of the city of Hannover. Using the particular local circumstances, two schemes to improve water quality are developed.

It is shown that the short distances between the different water expanses can facilitate new ways of improving and restoring urban waters.

1. Einleitung

Gewässer in urbanen Räumen zeichnen sich durch unterschiedliche Nutzungsansprüche aus, die auf engstem Raum miteinander existieren müssen. Neben ihrer Funktion als Vorfluter für Einleitungen aus Betrieben, Kläranlagen und der Regenwasserkanalisation dienen sie als Parkgewässer. Weiterhin stellen sie ein Refugium für Lebewesen dar, die in der Stadt sonst keinen Lebensraum finden.

Zur Erfüllung dieser Nutzungsansprüche steht daher die Forderung nach einer möglichst guten Wasserqualität im Raum. Dies kann aufgrund der Kleinräumigkeit und der engen Vernetzungen der Gewässer nur bedingt erfüllt werden, da sich die verschiedenen Nutzungsansprüche teilweise gegenseitig ausschließen.

Eine Studie im Auftrag des Umweltamtes der Stadt Hannover [1] sollte klären, inwieweit und mit welchen Maßnahmen die typischen Gewässer im Stadtgebiet saniert werden können, ohne die Nutzungen zu beeinträchtigen. Besonderer Wert wurde auf die Beschreibung und Quantifizierung der Belastungsursachen gelegt.

Dipl.-Ing. *Rainer Schwerdhelm* und Prof. Dr.-Ing. habil. *Herwig Lehmann*, Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und landwirtschaftlichen Wasserbau, Wassergüte und Umweltschutztechnik, Universität Hannover.

2. Zustand der Gewässer

2.1 Fließgewässer

Die Fließgewässer zeichnen sich durch einen schnellen Wechsel des Ausbaugrades des Gewässerbettes aus. Naturnahe Abschnitte gehen direkt in stark ausgebaute oder verdolte Strecken über. Oft beginnt ein Bach erst mit einem Auslauf der Regenwasserkanalisation, so daß nach Niederschlagsereignissen ein Abfluß von einigen hundert Litern in der Sekunde erreicht werden kann, in trockenen Perioden aber nur ein feuchtes Bachbett zurückbleibt. Ein typisches Beispiel für einen solchen „Stadtbach" ist der Landwehrgraben in Hannover, der an einem Regenrückhaltebecken entspringt und durch das gesamte Stadtgebiet fließt, ehe er in die Leine mündet.

Die Wasserqualität bewegt sich in einem Bereich der Güteklassen II bis II–III. Ausnahmen bilden Bereiche, in denen starke geogen bedingte Salzfrachten den Bachlauf belasten, der dort als biologisch verödet eingestuft werden muß.

2.2 Stehende Gewässer

Die stehenden Gewässer wurden überwiegend künstlich angelegt. Einige wurden von Anfang an als Parkgewässer geplant, andere entstanden durch Kiesbaggerungen.

Die als Parkgewässer geschaffenen Teiche zeichnen sich durch eine geringe Tiefe aus, wodurch es nicht zu der für stehende Gewässer sonst typischen Stagnationsphase kommt. Anders verhält es sich bei den Kiesteichen, die durchaus geschichtete Phasen aufweisen. Typische Parkgewässer in Hannover sind der Annateich im Hermann-Löns-Park und der Maschsee, die eine mittlere Tiefe von weniger als zwei Metern aufweisen.

Alle untersuchten Seen und Teiche bis auf den künstlich abgedichteten Maschsee haben einen hydraulischen Kontakt zum Grundwasser.

Mit einer Sichttiefe von mehreren Metern kann die Qualität der Kiesteiche im Stadtgebiet als gut bezeichnet werden. Allerdings entwickelt sich im Laufe des Sommers ein anaerobes Hypolimnion, das eine Phosphatwanderung aus dem Sediment in das Freiwasser begünstigt. Die nachfolgende Phytoplanktonentwicklung verschlechtert die Wasserqualität im Laufe des Jahres deutlich.

Die Wassergüte der Parkgewässer ist schlechter. Der Maschsee zeigte in den letzten Jahren ein ausgeprägtes Wachstum submerser Makrophyten, die den Wassersport beeinträchtigen. Der Annateich zeichnet sich durch einen sehr hohen Phosphat- und Stickstoffgehalt aus. Mit einer Sichttiefe von weniger als einem halben Meter muß er als stark belastet bezeichnet werden.

3. Belastungsursachen

Gegenwärtig leiten keine Kläranlagen in die Stadtgewässer Hannovers ein. Vorfluter für die gereinigten Abwässer ist die Leine, die als überregionales Gewässer auch die Einleitungen der Mischwasserentlastungsanlagen aufnimmt.

Im wesentlichen sind es drei Mechanismen, die die Gewässer belasten.

3.1 Abschwemmungen von den versiegelten Flächen

Eine bedeutende Belastungsursache bilden die Einleitungen der Regenwasserkanalisation, die die Abschwemmungen von den versiegelten Flächen unmittelbar in die Bäche eintragen. Besondere Bedeutung gewinnen diese Abschwemmungen nach längeren Trokkenzeiten, wenn sich Stoffe wie Abrieb von Fahrzeugreifen, Tropfverluste der Fahrzeuge (Öl, Treibstoff, Fette), Streugut und Hundekot im Straßenstaub angesammelt haben und mit dem ersten Spülstoß eines Niederschlagsereignisses in den Vorfluter gelangen [2]. Über die Frachten können nur bedingt Aussagen getroffen werden.

3.2 Laubfall

Überall dort, wo Gewässer von einem dichten Baumbestand umgeben sind, wird das Fallaub zu einer deutlichen Belastungsquelle.

In den Bächen sammelt sich an Stellen mit geringer Fließgeschwindigkeit eine bis zu einem Meter mächtige Laubschicht an, die das gesamte Abflußverhalten des Baches verändert. Die oberen Zentimeter dieses Sedimentes sind aerob, darunter herrscht ein anaerobes Milieu. Für den Bach wird die Situation kritisch, wenn durch ein Niederschlagsereignis die Abflußmenge und damit die Fließgeschwindigkeit erhöht wird. Beträchtliche Laubmengen in allen Stadien der Zersetzung werden aufgewirbelt und abgespült. Das Wasser ist in einem solchen Fall schwarz, trübe und riecht faulig.

Untersuchungen des Niedersächsischen Wasseruntersuchungsamtes [3] zeigen, daß im Bereich des Stadtwaldes ein Quadratmeter Boden mit durchschnittlich 142 g TS Fallaub bedeckt war, das 3,22 g Stickstoff und 0,156 g Phosphor enthielt.

Unter der Annahme, daß in einem Regenwetterfall eine derartige Laubschicht aus einem Bachbereich mit einer Breite von 1,5 m und einer Länge von 100 m abgespült wird, entspräche dies einer Stickstofffracht von 483 g und einer Phosphatfracht von 23,4 g. Zum Abbau dieser organischen Fracht würden etwa 20 kg Sauerstoff benötigt.

Wird weiterhin angenommen, daß diese Laubschicht innerhalb der ersten halben Stunde eines Regenereignisses abgespült wird, das in dem betrachteten Bach zu einem Abfluß von 300 l/s führt (diese Werte entsprechen einem beobachteten Regenwetterfall im Landwehrgraben), dann ergeben sich Konzentrationen von 0,9 mg N/l, 43 µg P/l und 37 mg BSB/l.

Ein vergleichbares Bild ergibt die Betrachtung der Seen. Wird die oben genannte Laubmenge in ein Parkgewässer mit einer mittleren Tiefe von 1,85 m eingetragen, dann hätte dies nach einer Zersetzung der Blätter eine Konzentrationserhöhung des Phosphors um 84 µg/l und des Stickstoffes um 1,74 mg/l zur Folge. Zum Abbau der organischen Substanz wären rein rechnerisch 173 mg/l Sauerstoff erforderlich.

Das Fallaub ist die Ursache für das starke Sedimentwachstum, das in einigen Bereichen auf einen cm im Jahr geschätzt wird [3].

3.3 Kot der Wasservögel

Die dritte für Stadtgewässer typische Belastungsart ist der Nährstoffeintrag durch Wasservögel. Die Besiedlungsdichte ist im allgemeinen wesentlich höher als in natürlichen Biotopen, da durch Fütterungen und Jagdverbot günstige Lebensbedingungen für die Tiere geschaffen werden. Die Abschätzung des Nährstoffeintrags ist schwierig, da nicht genau bekannt ist, welche Kotmengen von welchem Vogel abgegeben werden. Hinzu kommt, daß sich manche Vögel nur unregelmäßig oder zu bestimmten Tageszeiten im Wasser aufhalten.

Eine Möglichkeit der Hochrechnung ist der Vergleich des Körpergewichtes eines bestimmten Vogels mit dem eines Huhns, dessen Kotmenge und -zusammensetzung bekannt sind. Durch die Zählung der Vögel kann dann auf die eingetragene Kotmenge geschlossen werden.

Die folgenden Rechnungen gehen von der Annahme aus, daß sich die Vögel außerhalb des Gewässers ernähren und ihren gesamten Kot innerhalb der Gewässer abgeben. Diese Bedingung scheint bei den Möwen gut erfüllt zu sein. Aber auch die Graugänse, die sich an Land ernähren und den Hauptteil ihres Kotes auch dort abgeben, belasten das Gewässer. Nach einem Niederschlagsereignis wurde in den ufernahen Bereichen des Annateiches eine Phosphorkonzentration von ein bis zwei mg/l gefunden, was auf abgespülten Vogelkot zurückgeführt wurde [3]. Die hier berechneten Konzentrationen geben demnach Obergrenzen an, die nicht wesentlich nach unten korrigiert werden müssen.

3.3.1 Belastung des Annateiches

Der Koteintrag im Bereich des Annateiches wurde für den Zeitraum September 1986 bis Juli 1989 berechnet. *Bild 1* zeigt die Zahl der Vögel, die sich im Bereich des Annateiches aufhielten. Die berechnete Konzentrationserhöhung des Phosphors unter der Annahme, daß

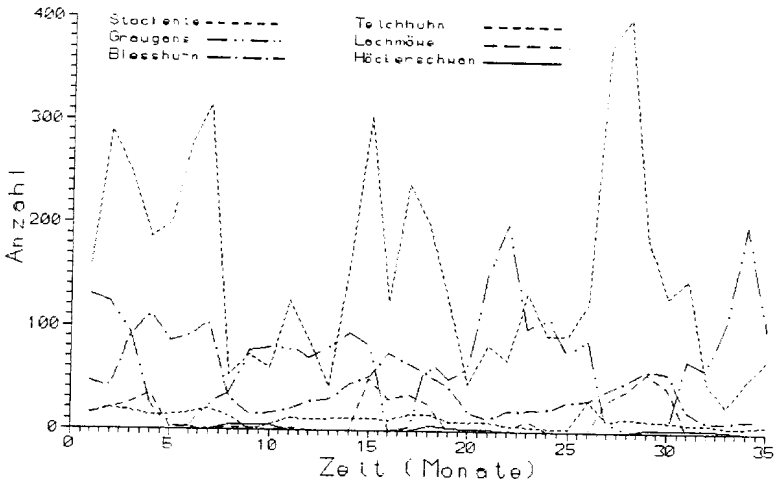


Bild 1. Beobachtete Vogelzahlen im Bereich des Annateiches.

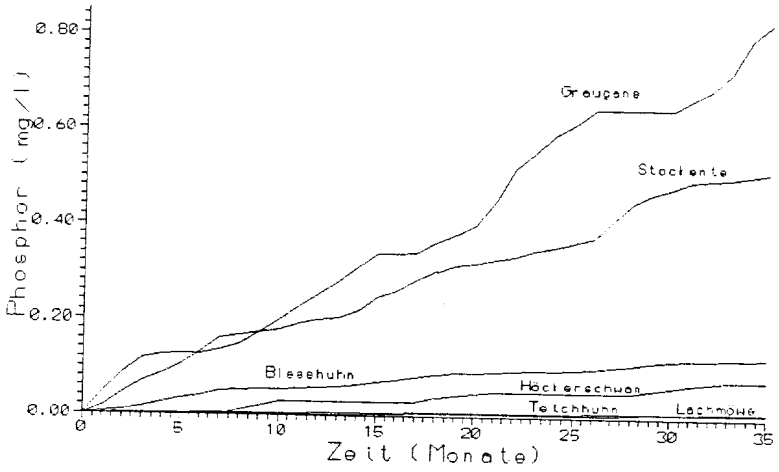


Bild 2. Berechnete Konzentrationserhöhung des Phosphors im Annateich durch den Vogelkot.

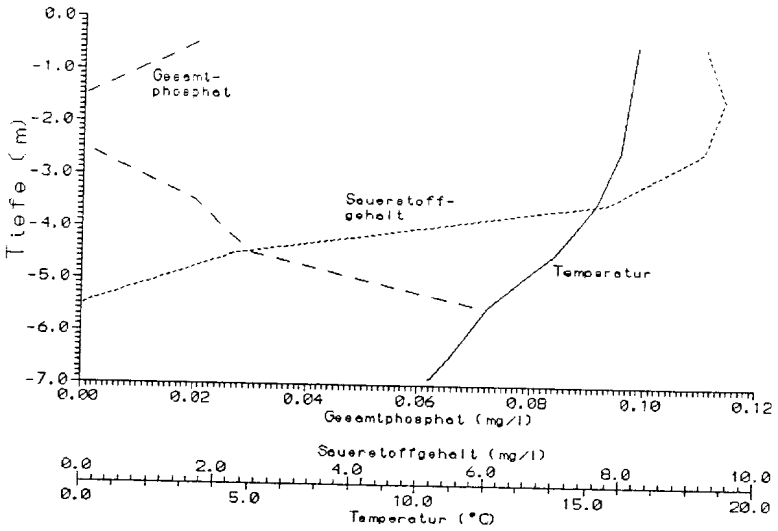


Bild 3. Gemessene Schichtungsverhältnisse in einem Kiesteich in der Leineaue.

sich der Phosphor aufsummiert und nicht abgebaut wird, ist getrennt für jedes Tier in *Bild 2* dargestellt.

Die beobachteten Vogelzahlen würden in dem betrachteten Zeitraum im Annateich unter Vernachlässigung von Abbauprozessen zu den folgenden Konzentrationserhöhungen führen:

- Phosphor: etwa 1,5 mg/l
- Stickstoff: etwa 3,5 mg/l
- BSB_5: etwa 11 mg/l
- CSB: etwa 40 mg/l.

3.3.2 Belastung des Maschsees

Vom 10.11.89 bis zum 13.11.89 wurden die Zahlen der verschiedenen Vogelarten auf dem Maschsee ermittelt [4]. Es zeigte sich, daß er den Möwen als Schlafplatz diente, wodurch sich nachts weit über 3000 Tiere auf dem Teich aufhielten. Unter der Annahme, daß der beobachtete Tagesrhythmus und die Vogelzahlen während der folgenden vier Wochen konstant blieb, ergeben sich nach einem Monat die folgenden Konzentrationserhöhungen:

- Phosphor: 50 bis 74 μg/l
- Stickstoff: 0,13 bis 0,19 mg/l
- BSB_5: 0,33 bis 0,62 mg/l
- CSB: 1,08 bis 1,69 mg/l.

3.4 Nährstoffrücklösung aus dem Sediment

Für die stehenden Gewässer im Stadtgebiet, die zeitweise geschichtet sind, wird die durch ein anaerobes Hypolimnion begünstigte Nährstofffreisetzung aus dem Sediment zu einer Belastungsquelle.

Bild 3 zeigt einen im Juni 1990 gemessenen Zustand in einem Kiesteich in der Leineaue, der über einen Zeitraum von fast drei Monaten nahezu stabil blieb [5]. Die Sichttiefe nahm in diesem Zeitraum von anfänglich 4,5 m auf etwa 2 m ab, was durch eine Entwicklung des Phytoplanktons erklärt werden kann, die durch das aus dem Sediment freigesetzte Phosphat angeregt wurde.

4. Möglichkeiten der Sanierung

Die am nächsten liegende Möglichkeit zur Sanierung der Gewässer, die Verhinderung von Einleitungen aus Kläranlagen und Betrieben, ist im Stadtgebiet von Hannover in den letzten Jahren weitgehend geschehen.

Eine Verhinderung des Eintrages durch Fallaub und Vogelkot ist aus verschiedenen Gründen nicht möglich. Die Abschwemmungen von versiegelten Oberflächen durch Regenereignisse sind in ihrer Entstehung ebenfalls nicht zu verhindern, ohne daß die Nutzung des Straßenraumes stark verändert werden müßte.

Der Einsatz von Regenrückhaltebecken ist aus Platzgründen nicht überall möglich. In Bereichen, in denen ein Bach parallel zur Straße verläuft, entwässern die Gullys ohnehin direkt, d.h. ohne den Umweg über einen Sammler, in den Bach.

Es muß daher versucht werden, die Selbstreinigungskapazität der betrachteten Gewässer zu erhöhen und die belastenden Stoffe, die bereits in das Gewässer gelangt sind, an geeigneten Orten wieder herauszuholen oder festzulegen.

Unter diesem Gesichtspunkt wird die Kleinräumigkeit der Gewässer in einem urbanen Raum zu einem entscheidenden Vorteil, da eine Sanierung oft durch geschickte Änderungen der bestehenden Zu- und Abflüsse geschehen kann. Das soll an zwei Beispielen näher erläutert werden.

4.1 Das System Annateich–Landwehrgraben

Der Annateich wird hauptsächlich durch den Kot der dort lebenden Wasservögel und das Fallaub belastet. Die Schmutzfrachten des Landwehrgrabens stammen aus der Regenwasserkanalisation und ebenfalls aus dem Fallaub. Vor allem aufgrund eines nicht vorhandenen Trockenwetterabflusses bleiben im Landwehrgraben große Laubmengen liegen, die schnell in Fäulnis übergehen. *Bild 4* zeigt die Lage der beiden Gewässer zueinander.

Durch die räumliche Nähe des Annateiches zum Landwehrgraben ist es möglich, den Abfluß des Teiches in den Landwehrgraben zu leiten, so daß dieser ständig Wasser führt. Dadurch kann die Ablagerung von Laub im Bachbett verhindert und eine übermäßige Sauerstoffzehrung sowie eine Freisetzung von Faulstoffen im Regenwetterfall verhindert werden. Aufgrund der erhöhten Fließgeschwindigkeit wird der Gasaustausch des Wassers mit der Atmosphäre intensiviert, so daß entstandene Sauerstoffdefizite leichter ausgeglichen werden können.

Die Wasserqualität des Landwehrgrabens sollte sich auf diese Weise entscheidend verbessern lassen. Das aus dem Annateich abgezogene belastete Wasser kann durch die Selbstreinigungsprozesse im Landwehrgraben ebenfalls an Qualität gewinnen.

Das nicht mehr abgelagerte, sondern von der Strömung verfrachtete Laub muß an anderer Stelle aus dem System entfernt werden. Möglich ist eine gezielte Anordnung von Rechen oder Durchlaufteichen, die in gewissen zeitlichen Abständen geräumt werden müßten.

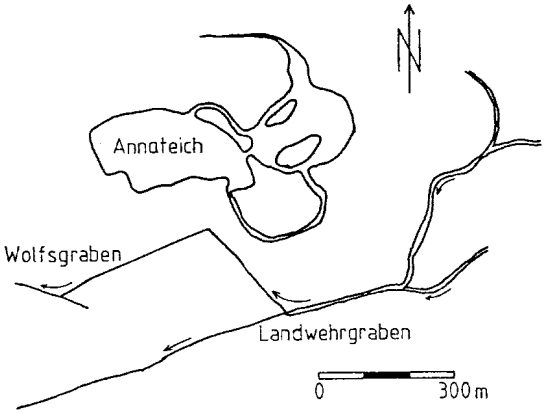


Bild 4. Das System Annateich–Landwehrgraben.

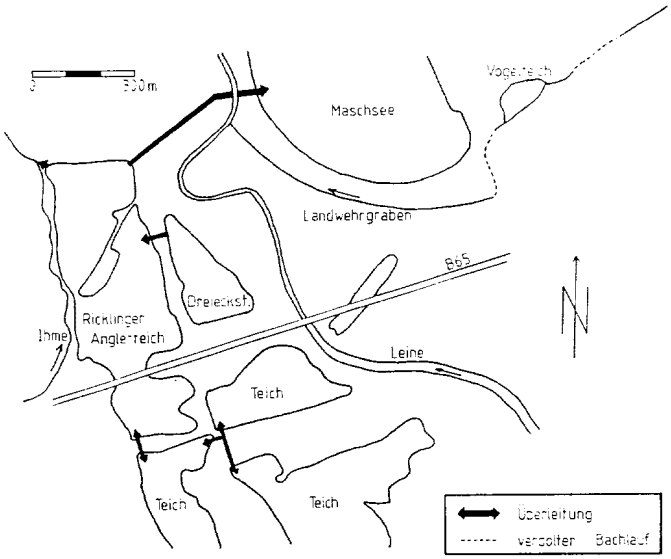


Bild 5. Das System der Kiesteiche in der südlichen Leineaue.

Beim Landwehrgraben erfüllt der durchflossene Vogelteich (s. *Bild 5*) die Funktion einer Laubfalle.

Es wäre in diesem Fall zu prüfen, ob die zur Verfügung stehende Abflußmenge des Annateiches für einen ständigen Abfluß im Landwehrgraben ausreicht.

4.2 Das System Maschsee–Dreiecksteich–Ricklinger Anglerteich–Ihme

Die Teiche in der südlichen Leineaue bilden ein zusammenhängendes Gewässernetz. Dem Ricklinger Anglerteich wird Wasser zur Füllung des Maschsees entnommen. Durch einen Überfall gibt er Wasser in die Ihme ab. Weiterhin existiert ein Überlauf vom Dreiecksteich in den Ricklinger Anglerteich; der Dreiecksteich selbst wird vom Grundwasser gespeist. Die weiteren Verbindungen sind in *Bild 5* dargestellt.

Eine bauliche Veränderung der bestehenden Verbindungen zwischen den Teichen kann die Bildung eines anaeroben Hypolimnions und damit einer durch die Phosphatfreisetzung angeregten Algenblüte verhindern. Durch die Ausnutzung der natürlichen Differenz der Wasserspiegellagen zweier Teiche wird aerobes Tiefenwasser aus dem oberen Teich abgezogen, belüftet und dem Hypolimnion des unteren Teiches wieder zugeführt. *Bild 6* zeigt eine Prinzipskizze des Verfahrens.

Durch diesen Wasseraustausch wird dem oberen Teich das belastete anaerobe Tiefenwasser entzogen, wodurch eine weitere Phosphatremobilisierung aus dem Sediment verhindert und die nachfolgende Phytoplanktonentwicklung gebremst wird. Die Folge ist eine vergrößerte Sichttiefe.

Dem Hypolimnion des unteren Teiches wird durch die Zufuhr des nun belüfteten Tiefenwassers Sauerstoff zugeführt, so daß auch hier eine Phosphatremobilisierung aus dem Sediment unterbunden wird. Gleichzeitig wird die Ausfällung von Phosphorsalzen begünstigt, so daß das Sediment des unteren Teiches als Phosphorsenke für beide Gewässer wirksam wird.

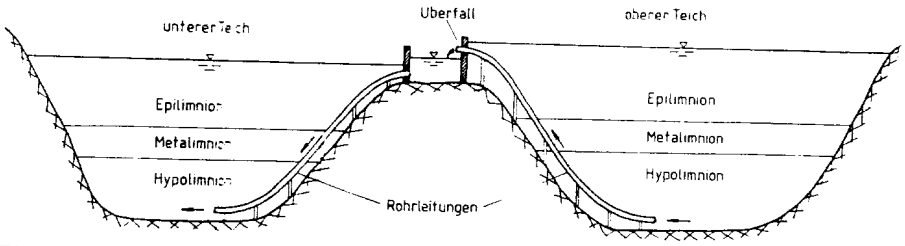


Bild 6. Umleitung des Wassers aus dem Hypolimnion.

Für den Wasseraustausch wird keine Energie benötigt, da die natürliche Differenz der Wasserspiegellagen ausgenutzt wird. Neben einem einfachen Überfall zum Sauerstoffeintrag können an der Überleitungsstelle Aufwuchsflächen nach dem Prinzip des überstauten Tropfkörpers eingebaut werden, um sauerstoffzehrende Substanzen und Nährstoffe aus dem Wasser zu entfernen. Diese Maßnahme käme überall dort in Frage, wo zwei Teiche mit unterschiedlicher Wasserspiegellage dicht nebeneinander liegen.

Da der Maschsee kein eigenes Einzugsgebiet besitzt, wird er mit Wasser aus dem Ricklinger Anglerteich gefüllt, um die Verdunstungsrate auszugleichen. Eine Güteverbesserung der Kiesteiche hätte also auch auf ihn einen positiven Einfluß.

Weiterhin würde die Ihme von der Veränderung profitieren, da der Ricklinger Anglerteich sein überschüssiges Wasser durch einen Überfall an diesen Bach abgibt.

5. Zusammenfassung

In den Jahren 1989 und 1990 wurden acht verschiedene Gewässer der Stadt Hannover auf ihren Belastungszustand und die Möglichkeiten ihrer Sanierung und Renaturierung untersucht.

Es zeigte sich, daß die untersuchten Gewässer trotz augenfälliger Ähnlichkeit in ihren hydraulischen, chemischen und biologischen Eigenschaften sehr unterschiedlich sind, so daß sich Sanierungsvorschläge nicht pauschal formulieren ließen, sondern immer für die speziellen örtlichen Gegebenheiten neu entwickelt werden mußten. Weiterhin wurde deutlich, daß die so isolierte Betrachtung von Gewässern zur Erarbeitung von Konzepten schnell an Grenzen stieß. Es wurde nötig, ganze Gewässersysteme in die Überlegungen mit einzubeziehen, um so durch eine „Gewässergütekunst" die vorhandenen Randbedingungen im Sinne einer Sanierung zu nutzen.

Durch diese recht einfachen Maßnahmen können bedeutende Frachten aus Gewässern entfernt oder in Sedimenten festgelegt werden. Es hängt von den jeweiligen örtlichen Gegebenheiten ab, wie die Zusammenhänge zwischen einzelnen Gewässern im Sinne einer Sanierung genutzt werden können.

Literatur

[1] *Schwerdhelm, R.* und *Pressel, H.:* Wassergüteverbesserung der Gewässer der Stadt Hannover. Band I: Analyse und Hilfsmittel, Studie im Auftrag des Umweltamtes der Stadt Hannover, Hannover 1989.

[2] *Pressel, H.:* Der Einfluß von diskontinuierlichen Einleitungen aus der Kanalisation auf den Sauerstoffhaushalt von tidebeeinflußten Oberflächengewässern. Dissertation am Fachbereich Bauingenieur- und Vermessungswesen der Universität Hannover. Mitteilungen des Institutes für Wasserwirtschaft, Hydrologie und landwirtschaftlichen Wasserbau der Universität Hannover, Heft 72, 1990.

[3] *Poltz, J.:* Limnologische Untersuchung des Annateiches in Hannover 1976 bis 1977. Gutachten des Niedersächsischen Wasseruntersuchungsamtes in Hildesheim, Hildesheim 1978.

[4] *Meyer, B.:* Wie wirkt sich der Vogelkot auf die Gewässer aus? Sonderübung am Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und landwirtschaftlichen Wasserbau. Hannover 1990, unveröffentlicht.

[5] BMFT-Projekt: „Ökologisches Forschungsprogramm Hannover", Fördernummer 0716012, Messungen im Dreieckteich 1990, unveröffentlicht.

(Manuskripteingang: 28. 5. 1991)

Im Parallelheft **gwf-Gas/Erdgas** lesen Sie u.a.:

Fehringer	Die österreichische Gaswirtschaft auf dem Wege zum Jahr 2000
Bernhart/Friedrichs/ Hedden/Lommerzheim	Experimentelle und theoretische Untersuchungen zum Kondensationsverhalten von Erdgasen
Brandt/Remer/Wundram	Trocknung von Erdgasen mit Anteilen an höheren Kohlenwasserstoffen
Kriehmig	Umstellung der zentralen Stadtgasodorierung von Braunkohlen-Leichtöldestillat auf ein Mercaptangemisch
Schwab/Kretzschmar/Frei	Gasqualitätsprobleme bei der unterirdischen Speicherung von Stadt- und Erdgasen
Klug/Kremer	Katalytische NO_x-Reduktion mit Reduktionsmitteln auf der Basis von Erdgas in stark sauerstoffhaltigen Abgasen