

## Wirksamkeit von Entwässerungsbecken im Bereich von Bundesfernstraßen

FA 5.108

Forschungsstelle: IDN Ingenieur-Dienst-Nord GmbH, Oyten  
 Bearbeiter: Dieterich, M. / Grotehusmann, D. /  
 Kasting, U. / Lange, G. /  
 Schütte, M.

Auftraggeber: Bundesanstalt für Straßenwesen  
 Abschluss: August 2001

### 1. Aufgabenstellung

Mit dem FE-Vorhaben "Wirksamkeit von Entwässerungsbecken im Bereich von Bundesfernstraßen" sollten offene Fragen über die Reinigungswirkung von naturnahen Erdbecken im Vergleich zu technisch gestalteten Betonbecken beantwortet werden. Die Bearbeitung des Projektes erfolgte bei der IDN GmbH in Zusammenarbeit mit ifs, Ingenieurgesellschaft für Stadthydrologie, Hannover, und der Philipps-Universität Marburg, FB Biologie, AG Tierökologie. Von der ifS wurde die Einrichtung und der Betrieb der Versuchseinrichtungen sowie die Datenerfassung und -auswertung vorgenommen, die biologischen Untersuchungen erfolgten durch die Philipps-Universität Marburg. Die Untersuchungen wurden an einem naturnah gestalteten Erdbecken und einem Betonbecken, das nach den Bemessungsvorgaben der RiStWag [1982] gebaut worden ist, durchgeführt. Beide Bauweisen sind als derzeitiger Stand der Technik bei der Reinigung der Abflüsse von Straßen anzusehen. Die Ergebnisse der Forschungsarbeit werden nachfolgend vorgestellt.

### 2. Untersuchungsmethodik

#### 2.1 Untersuchte Becken

*Erdbecken Maarhäuser Weg (B-MW) an der BAB A 59*  
 Zum Einzugsgebiet des Regenrückhaltebeckens gehört ein etwa 1 320 m langer Streckenabschnitt der BAB A 59 Köln-Porz und ein etwa 225 m langer Abschnitt der Landstraße L99 (versiegelte Fläche 3,55 ha). Das Erdbecken besitzt einen Dauerstau. Die Sohle ist durchgehend befestigt, mit Schlamm bedeckt und mit Schilf und Rohrkolben bewachsen.

*Betonbecken Westhoyer Weg (B-WW) an der BAB A 4*  
 Zum Einzugsgebiet des Regenklärbeckens gehört ein etwa 1740 m langer Streckenabschnitt der BAB A 4 Köln-Poll (versiegelte Fläche 6,68 ha). Das Betonbecken ist in seiner Hauptfunktion als Leichtstoffabscheider entsprechend RiStWag konzipiert. Es besitzt einen Dauerstau bei einer mittleren Tiefe des Beckens von 1,5 m.

#### 2.2 Messkonzept und messtechnische Ausstattung

Um die Reinigungswirkung der Becken zu quantifizieren, ist die Kenntnis der Wasser- und Stoffbilanz Voraussetzung. Dazu wurden die Zu- und Abflüsse hinsichtlich Quantität und Qualität erfasst. Folgende Geräte für die Durchflussmessung kamen u.a. zum Einsatz: Fließgeschwindigkeitsmessung mit Ultraschall-Doppler-Verfahren, Wasserstandserfassung mit Echolot; für die Probenahme: automatische Probenehmer jeweils am Beckenzulauf und am Beckenablauf; Ansteuerung der Probenehmer

über die Durchflussmessung im Zulaufkanal und für die Niederschlagsmessung: Regenschreiber. Hinzu kommt ein Steuerrechner vor Ort zur Anlagenkontrolle und Organisation des Probenahmebetriebes per Datenfernübertragung, Messdatenerfassung und -speicherung vor Ort und Datenfernübertragung.

**3. Untersuchungsergebnisse über Reinigungswirkungen**

**3.1 Zulaufkonzentrationen**

Die Messeinrichtungen an beiden Entwässerungsbecken wurden im Mai 1998 in Betrieb genommen und bis Oktober 2000 betrieben. Insgesamt sind die Zulaufkonzentrationen der untersuchten Becken als ähnlich anzusehen.

Der Vergleich der jetzt ermittelten Werte zu den Medianwerten anderer Messprogramme zeigt eine Erhöhung für die Parameter AFS (13 %), CSB (42 %), Kupfer (19 %) und Zink (42 %) und eine Verringerung für die Parameter Blei (72 %), Cadmium, Chrom, Nickel und Quecksilber, wobei bei den letztgenannten Parametern die Abweichung nicht quantifiziert werden kann auf Grund der häufigen Unterschreitung der Nachweisgrenze. Die geringeren Bleigehalte der jetzigen Untersuchungen gegenüber früheren Untersuchungen sind auf die Einführung des bleifreien Benzins zurückzuführen.

**3.2. Wirkungsgrade**

Die Beurteilung der Reinigungsleistung der Becken im gesamten Untersuchungszeitraum erfolgt durch Angabe der Wirkungsgrade.

Insgesamt zeigt sich die wesentlich bessere Reinigungsleistung des Erdbeckens am Maarhäuser Weg.

Betrachtet man die Einzelereignisse, so zeigt sich, dass bei einem großen Anteil der Ereignisse auch das B-WW Wirkungs-

grade von über 50 % aufweist. Allerdings gab es zwei Ereignisse mit einer maximalen Oberflächenbeschickung von 7,9 bzw. 9,7 m/h, die zu einem erheblichen Stoffaustrag aus dem Becken führen. Bezogen auf die gesamte erfasste AFS-Fracht bleibt beim B-WW festzuhalten, dass die Sedimentation mit einem Rückhalt von 13 % nur eine stark untergeordnete Rolle bei der Funktion des Beckens spielt.

**3.3 Sedimentuntersuchungen**

An beiden Becken wurden Sedimentproben entnommen. Für das B-MW weisen die gemessenen Konzentrationen im Beckensediment über das Becken verteilt eine große Streubreite auf. Die Maxima der gemessenen Sedimentkonzentrationen überschreiten bei Cadmium und Zink die Z 2-Werte der LAGA; der Median liegt unter diesen Werten. Bei Überschreitung der Z 2-Werte ist eine Ablagerung bzw. Einbau in Deponien nach TA-Siedlungsabfall vorgesehen.

Beim B-WW liegt für Zink bereits das Minimum über dem Z 2-Wert. Bei den Parametern Blei und Cadmium unterschreiten die gemessenen Maxima die jeweiligen Werte. Bei Kupfer und PAK-EPA überschreitet das Maximum den Wert. Bei Räumung des Beckens ist das Sediment somit als Abfall nach der TA-Siedlungsabfall zu behandeln.

**3.4 Untersuchung der Pflanzen**

Für das B-MW wurde untersucht, welchen Anteil die Pflanzen (Schilf und Rohrkolben) an der Festlegung der Schadstoffe besitzen. Bezieht man die insgesamt auf und in den Pflanzen festgelegten Kupfer- und Zink-Mengen auf die jährlichen Zulaufmengen, so zeigt sich, dass durch die Pflanzen nur 0,23 % Kupfer und 0,43 % Zink der Zulaufmengen gespeichert werden. Der Einfluss der Pflanzen auf die Festlegung der Metalle ist somit gering. Die positive Funktion der Pflanzen beruht auf der Gleichmäßigung der Strömung im Becken und der damit verbundenen Energieumwandlung des Zulaufwassers. Dies führt zu einer besseren Sedimentation der partikulären Stoffe im Zufluss.

**3.5 Beckenhydraulik (Tracerversuche)**

Zur Untersuchung der Beckenhydraulik wurden an beiden Becken Tracerversuche durchgeführt.

Die Traceruntersuchungen beim B-MW zeigen, dass für kleine und mittlere Ereignisse nur ein geringer Anteil der Uranifracht ausgetragen wurde. Somit verlängert sich für kleine bis mittlere Ereignisse die Sedimentationszeit deutlich und ist nicht nur auf die Zeit des Durchströmens des Beckens bezogen.

Beim B-WW konnte nachgewiesen werden, dass die Hauptströmung zwischen den Tauchwänden im unteren Bereich des Beckens verläuft. Im mittleren Bereich des Beckens wird der bei den Tracerversuchen beprobte oberflächennahe Bereich nur gering durchströmt. Die Tauchwände erfüllen somit ihre Funktion als Beruhigungselemente für die Strömung im Abscheideraum für Leichtflüssigkeiten.

**3.6 Vorteile/ Nachteile**

Die große Dimensionierung des B-MW mit der damit verbundenen geringeren hydraulischen Belastung hat sich, bezogen auf die Reinigungsleistung des Beckens, sehr positiv ausgewirkt. Auf den direkten Entzug von Schadstoffen haben die Pflanzen nur einen sehr geringen Einfluss. Hauptvorteil der Pflanzen liegt in der Gleichmäßigung der Strömung im Becken.

Hauptnachteil beim B-WW ist die fehlende Drosselung. Bei den beiden stärksten Ereignissen werden durch die hohe hydraulische Belastung bereits abgelagerte Sedimente wieder ausgetragen.

Aus den biologischen Untersuchungen des B-MW ergibt sich auch noch am Auslaufbereich eine deutlich defizitäre Fauna, die auf verbleibende Belastungen hinweist.

Allerdings werden Artengemeinschaften nicht nur von biotischen, sondern auch von biotischen Umweltparametern bestimmt.

**Tabelle 1: Wirkungsgrade bezogen auf die Gesamtfrachtsumme der untersuchten Becken**

Parameter	Becken WW η [%]	Becken MW η [%]
Abfiltrierbare Stoffe	13	82
Zink	23	84
Kupfer	7	77
Blei	29	67
Cadmium	(11) <sup>1)</sup>	(>33) <sup>1) 2)</sup>
Chlorid	-25	-600
CSB	37	72
Ammonium-Stickstoff	-48	-37
Gesamtstickstoff	(29) <sup>1)</sup>	(>24) <sup>1) 2)</sup>
Kohlenwasserstoffe	35	>73 2)
Σ PAK (TVO)	36	96
Σ PAK (US-EPA)	39	96

1) Nachweisgrenze im Zu- und Ablauf ist bei den gemessenen Ereignissen häufig unterschritten. Angegeben ist der Median der Ereignisse, bei denen die Zulaufkonzentration über der Nachweisgrenze liegt.  
 2) Da die Ablaufkonzentration häufig unter der Nachweisgrenze liegt, und für die Berechnung des Wirkungsgrades die Nachweisgrenze angesetzt wurde, stellt der angegebene Wirkungsgrad die minimale Reinigungsleistung für die untersuchten Ereignisse dar.

## 4. Ergebnisse der Biologischen Untersuchungen

### 4.1 Allgemeines

Primäres Ziel des biologischen Teilbeitrages im Rahmen des Projektes "Reinigungsleistung von Entwässerungsbecken an Bundesfernstraßen" war die anlagentypische Dokumentation von Reinigungseffizienz anhand der in verschiedenen Beckentypen (Erdbecken im Vergleich zu Betonbecken) anzutreffenden Limnofauna (Makrozoobenthos). Besonders berücksichtigt wurden mögliche bioindikatorische Aspekte mit dem langfristigen Ziel der Entwicklung eines belastungsspezifischen Bewertungsschemas anhand der Fauna von Entwässerungsbecken. Ein standardisiertes Bewertungsschema ist dabei an die Entwicklung standardisierter Beprobungsverfahren geknüpft. Entsprechend wurden im Rahmen der Untersuchungen auch standardisierte Verfahren zur getrennten Erfassung der Fauna verschiedener Gewässerkompartimente erprobt.

### 4.2 Untersuchte Standorte (Becken und Tümpel)

Im Rahmen der biologischen Untersuchungen wurden im Raum Köln insgesamt 13 Stehgewässer beprobt, und zwar häufige und regelmäßige Beprobung des B-WW, des strukturreichen Erdbeckens B-MW und des unbelasteten Vergleichstümpels in unmittelbarer Nachbarschaft zu B-MW (Tümpel T-MW). Einmalige Beprobung von 5 mit Straßenoberflächenwasser belasteten Erdbecken und einmalige Beprobung von 5 unbelasteten Tümpeln (Referenzgewässer).

## 5. Gesamtergebnisse

Unter Berücksichtigung der Ergebnisse aus einmalig beprobten Gewässern (Becken und Tümpel) basiert die Auswertung der vorgelegten Untersuchung auf 500 000 Tieren. Davon wurden etwa 30 000 Individuen auf Artniveau bestimmt. Die Datenbasis, aus der sich die Ergebnisse und Schlussfolgerungen ableiten, ist damit außergewöhnlich umfangreich.

Die wichtigsten Ergebnisse der biologischen Untersuchungen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

1. Bei den häufig beprobten Gewässern und Standorten wurden die höchsten Artenzahlen in T-MW nachgewiesen. Im Vergleich zu naturnahen Kleingewässern im Raum Köln ergab sich aber auch für T-MW ein deutlicher Artenfehlbetrag. Insgesamt 30 Arten konnten nur in den einmalig beprobten naturnahen Referenzgewässern nachgewiesen werden. Als Ursache des Artenfehlbetrages im T-MW werden nicht identifizierte Belastungen (aktuell oder historisch) angenommen. T-MW ist damit als Referenzgewässer nur bedingt geeignet.
2. Die Fauna im B-WW ist extrem verarmt. Deutliche Defizite ergeben sich nicht nur im Vergleich mit unbelasteten Gewässern, sondern auch in Bezug auf das ebenfalls mit Straßenoberflächenwasser beschickte B-MW. Daraus folgt, dass die für B-WW konstatierte faunistische Verarmung nicht nur auf Belastungen, sondern vor allem auch auf das Fehlen von Strukturelementen zurückgeführt werden kann.
3. Die Fauna im B-MW ist im Vergleich zu B-WW deutlich artenreicher. Anhand der Wasserkäfer- und Wasserwanzen ist die Fauna aber dennoch als degradiert anzusprechen. Typische Arten limnophiler Teichgesellschaften im Naturraum Köln-Bonner Bucht fehlen.
4. Die Fauna innerhalb von B-MW (Vergleich der Standorte) reflektiert nur teilweise den anzunehmenden Belastungsgradienten zwischen Ein-, Mittel- und Auslaufbereich und damit die Reinigungsleistungen innerhalb der Anlage. Im Vergleich zum besonders hoch belasteten Einlaufbereich ist die Fauna im verbleibenden Becken deutlich artenreicher. Auf einer groben Belastungsskala sind Reinigungsleistungen damit anhand der Tierwelt eindeutig dokumentierbar.
5. Auf Taxaebene ist die untersuchte Meiofauna (Hüpfertiere, Wasserflöhe und Muschelkrebse) zur Belastungsindikation

nicht geeignet oder nur sehr eingeschränkt geeignet (mögliche Indikation des Nährstoffgehaltes durch Wasserflohichten).

6. Der Oligochaeten-Chironomiden Index (O/C-Index) differenziert klar entlang des angenommenen Belastungsgradienten zwischen verschiedenen Anlagen und innerhalb von B-MW.
7. Die Standardisierung der Erhebungsmethoden führte zu einer Vereinheitlichung der Beprobungsergebnisse an den dauerbeprobten Standorten (Vergleich zwischen verschiedenen Jahren). Die durchgeführte methodische Standardisierung war daher erfolgreich. Die entwickelten Methoden können als Standard für künftige Erhebungen empfohlen werden.
8. Unter Einbeziehung der Referenzgewässer (Becken und unbelastete Tümpel) wurde eine Ordination mit subjektiv und objektiv gewählten Achsenendpunkten durchgeführt. Als subjektive, den angenommenen Belastungsgradienten reflektierende Achsendpunkte wurden alle Referenztümpel (unbelastet) B-MW-EIN (belastet) gegenübergestellt. Die Ordination mit subjektiv gewählten Achsenendpunkten ist nahezu identisch mit der auf derselben Datenbasis durchgeführten Ordination mit objektiv gewählten Endpunkten. Dies indiziert auf einem insgesamt niedrigen Ähnlichkeitsniveau klar die Bedeutung des Belastungsgradienten für die Zusammensetzung der Fauna.

## 6. Schlussfolgerungen

Sollen in Zukunft Becken, deren Hauptfunktion die Leichtstoffabscheidung ist, auch als Sedimentationsanlage funktionieren, so sollte eine Begrenzung des Zuflusses auf eine kritische Zulaufwassermenge erfolgen oder der Ablauf entsprechend gedrosselt werden. Oberflächenbeschickungen von 9 m/h haben sich für Betonbecken als zu hoch für einen wirkungsvollen Sedimentationsprozess herausgestellt. Weiterhin hat die Beckentiefe auf den Sedimentationsprozess einen entscheidenden Einfluss. Bei der Beurteilung der Beckentiefe ist zu berücksichtigen, dass der obere Bereich des Beckens zwischen den Tauchwänden nicht als Durchfluss- und Sedimentationsraum zur Verfügung steht.

Die Biozönose im Gesamtbecken ist belastungsgeprägt. Inwiefern diese Prägung der Biozönose sich auf die Zusammensetzung der Artengemeinschaft im Auslaufbereich auswirkt (Konkurrenz- und Interaktionsphänomene), ist nicht eindeutig quantifizierbar.

Die Untersuchungen lassen es als fraglich erscheinen, ob Reinigungseffizienz zwischen weniger belasteten Beckensektionen (Mittel- und Auslaufbereich) anhand der benthischen Artengemeinschaften gemessen werden kann. Die Mobilität der benthischen Organismen führt auf einer feineren Belastungsskala zur faunistischen Nivellierung.

Als viel versprechend im Hinblick auf die Indikation von Belastungen in Stehgewässern hat sich bei den vorliegenden Untersuchungen der O/C-Index erwiesen.

## Forschungsbedarf

Ist bei beengten Platzverhältnissen für die Reinigung der Straßenabflüsse ein groß dimensioniertes Erdbecken nicht möglich, so sollte bei Betonbecken viel Wert auf die hydraulische Auslegung gelegt werden, um die negativen Einflüsse vor zu hoher hydraulischer Belastung zu vermeiden. Hierzu sind hydraulische Untersuchungen an RiStWag-Abscheidern erforderlich. Tracerversuche haben sich dabei als sehr hilfreich erwiesen, eine Aussage über die Strömungsverteilung zu geben. Die Untersuchungen des naturnahen Erdbeckens mit den sehr guten Wirkungsgraden zeigen, dass das Becken nicht vollständig ausgelastet ist. Somit sollte untersucht werden, ob eine Optimierung des Beckens hinsichtlich des Flächenbedarfs möglich ist. In diesem Zusammenhang sollte der gezielte Einsatz von Schilfgürteln zur Strömungsberuhigung mit untersucht werden. □