



Ministerium für Umwelt, Naturschutz,
Landwirtschaft und Verbraucherschutz
des Landes Nordrhein-Westfalen



**VERFAHRENSBEDINGTE EINFLÜSSE BEI DER QUANTIFIZIERUNG
HYDRAULISCHER UND STOFFLICHER BELASTUNGEN KLEINER
FLIESSGEWÄSSER**

ABSCHLUSSBERICHT

ESSEN, IM DEZEMBER 2008





Abschlußbericht

Der vorliegende Bericht gibt eine Zusammenfassung des bearbeiteten Vorhabens sowie der daraus resultierenden Erkenntnisse. Die Vorgehensweise bei der Bearbeitung wird erläutert.

Die Bearbeitung erfolgte an zwei gut untersuchten Systemen mit nach wie vor laufender Planungs- und Bauaktivität. Zum einen im Sesekeeeinzugsgebiet der „Braunebach“ sowie im Rahmen des Emscherumbaus der „Schwarzbach“, ein Nebengewässer der Emscher.

1. Ausgangsproblematik

1.1 Hintergrund

Kleine Fließgewässer erfahren stoßartige stoffliche und hydraulische Belastungen aus Niederschlagswassereinleitungen aus Siedlungsgebieten. Diese Einleitungen haben erhebliche Auswirkungen auf die physikalischen und chemischen Lebensumstände im Gewässer. Dabei sind Wirkung und Gefährdungspotenzial unterschiedlich in Abhängigkeit von Gewässertyp und Einzugsgebiet.

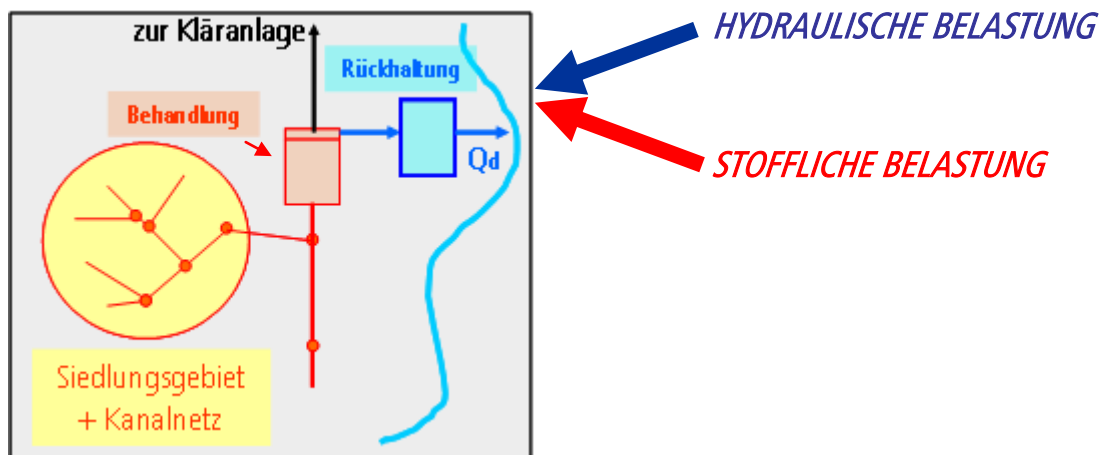


Abbildung 1: Belastungen von Fließgewässern durch Einleitungen aus Siedlungsgebieten

Grundsätzlich werden Normalanforderungen an Regenwasserentlastungsanlagen durch das ATV-Arbeitsblatt 128 (1992) formuliert. Weitergehende Anforderungen an Mischwassereinleitungen bei Gewässern mit besonderem Schutz- oder Bewirtschaftungsbedürfnis werden aus Immissionsbetrachtungen heraus gestellt. Im Jahr 2001 wurde das Merkblatt „Ansatz zur immissionsorientierten Beurteilung von Niederschlagswassereinleitungen“ (BWK M3) durch eine Arbeitsgruppe des Bundes für Wasserwirtschaft und Kulturwirtschaft (BWK) erarbeitet. Durch dieses Merkblatt wurden in Deutschland erstmals stoffliche Vorgaben für Niederschlagswassereinleitungen definiert. Neben



den immissionsorientierten Zielvorgaben (stoffliche Vorgaben) wurde in Kombination eine Begrenzung der emissionsseitigen Belastungen (hydraulische Belastung) festgelegt.

Verfahrenstechnisch wird zwischen einem vereinfachten und detaillierten Verfahren unterschieden. Grundsätzlich gilt, dass sobald die Verfahrens- und Anwendungsgrenzen des vereinfachten Verfahrens überschritten sind oder genügend detaillierte Daten verfügbar sind, ein detaillierter Nachweis geführt werden kann. Dieser kann z. B. aufgebaut sein auf Messprogrammen, Modellrechnungen mit kalibrierten Niederschlag-Abfluss- (N-A) und Gewässergütemodellen, um die formulierten Zielsetzungen nachzuweisen.

Mit Beginn der Bearbeitung des Vorhabens war die Führung des detaillierten Nachweiskonzeptes ist der Spielraum der Anwendung nicht eindeutig abgegrenzt. Zwischenzeitlich liegt der Weißdruck der Arbeitsgruppe mit einem Vorschlag einer Ergänzung zu den Vorgehensweisen bei definierten Verfahren vor (BWK M7).

Grundsätzlich stellte sich die Frage, in welchem Umfang die detaillierte Nachweisführung zur Anwendung kommen könnte und sollte. Unsicherheiten bestehen auch nach wie vor dahingehend, dass bislang keine konkreten Anforderungen und Maßstäbe an die Nachweisführung mittels N-A- und Gewässergütemodellen und ihren Kalibrierungsgrade gestellt werden. Daraus erwächst auch die Fragestellung, welche Qualität und Vergleichbarkeit die modelltechnischen Ergebnisse haben. Diese Frage ist insbesondere bei der Betrachtung neu oder erheblich umzugestaltender Gewässer von Bedeutung, da dort keine Messdaten vorliegen und eine Kalibrierung somit erschwert ist. Letztendlich hat eine geregelte (und standardisierte) Beseitigung dieser Unklarheiten Auswirkungen auf die sich eventuell aus den Nachweisführungen ergebenden Maßnahmen und Investitionen. Im Rahmen der Kostenbetrachtung sollte auch geklärt werden, ob und welcher zusätzlicher Nutzen bei der detaillierten Nachweisführung im Vergleich zum vereinfachten Nachweis möglich ist.

1.2 Regions- und flussgebietsspezifische Fragestellungen

Im Speziellen sollen diese Fragen im Rahmen dieses Vorhabens für das Einzugsgebiet von Emscher und Seseke unter Beachtung der regionalen Besonderheiten beantwortet werden können und somit eine Entscheidungshilfe bei der Gewässerumgestaltung werden.

Dabei ergaben sich raumspezifische und grundsätzliche Fragestellungen:

- Welche Zuflüsse sind aus den unversiegelten Einzugsgebieten zu erwarten?
- Wie stark und wie häufig werden Mischwasserkanalisationen in die Gewässer entlasten?
- Mit Hilfe welcher Maßnahmen können die Gewässerbelastungen aus Regenentlastungen reduziert werden?

Es war zu überprüfen, ob ein an die spezifischen Gegebenheiten des Emscher-Seseke-Raums angepasster Modellansatz für eine kombinierte Immissions- und Emissionsberechnung abgeleitet werden kann. So können Investitionen im Zuge des Umgestaltungsprozesses zielgerichtet und ökologisch effektiv begleitet werden.



2. Bearbeitungsziele und Vorgehen

Die Bearbeitung des Vorhabens gliederte sich in zwei Phasen, in denen jeweils entsprechende Zielstufen erreicht werden sollen. Diesen drei Teilziele waren zwei übergeordneten Bearbeitungsphasen zugeordnet (vgl. Abbildung 2).

Phase A beinhaltet die Bearbeitungen am Untersuchungsgewässer Braunebach; in Phase B war zu überprüfen werden, ob die erarbeiteten Erkenntnisse und Vorgehensweisen in exemplarischer Form auf das Untersuchungsgewässer Schwarzbach angewandt werden können.

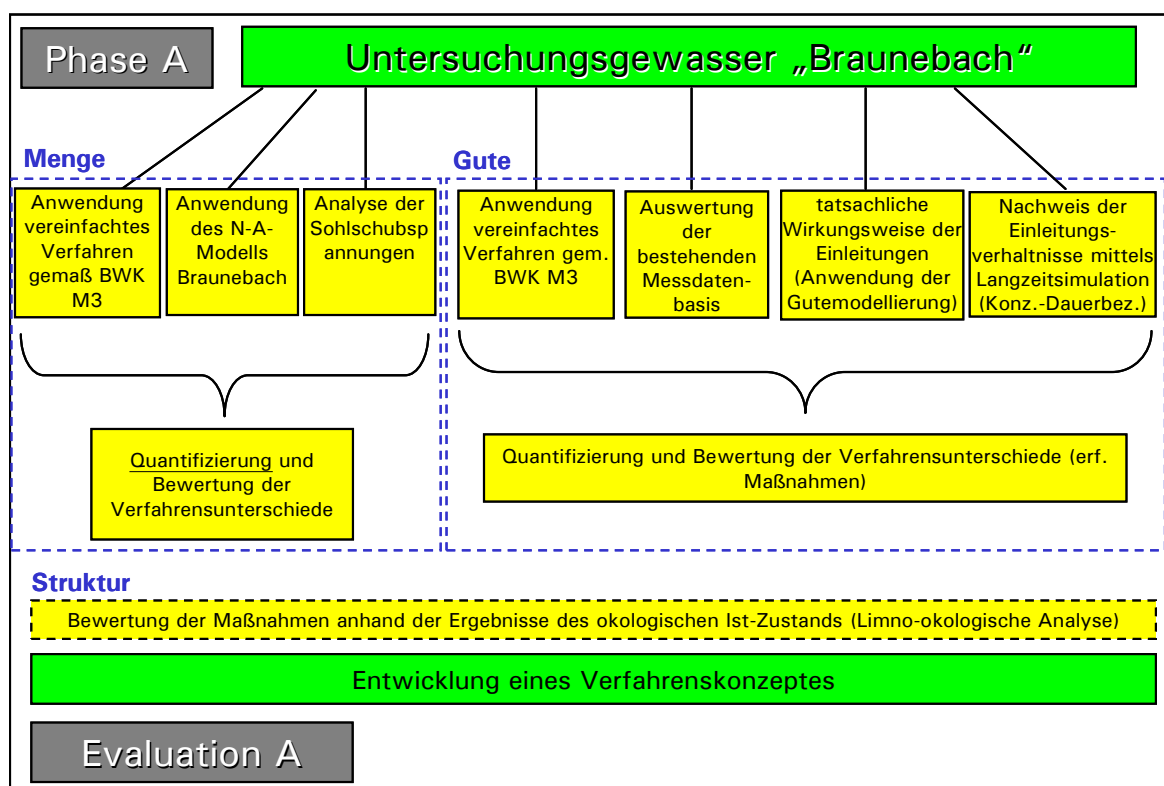


Abbildung 2: Phase A

Das grundlegende Bearbeitungsziel war dabei, die Nachweisverfahren des BWK M3 für die immisionsseitige Beurteilung der Einleitungsbedingungen auf eine Untersuchungsgewässer anzuwenden, für das eine ausreichende Menge an geeigneten Messdaten vorliegt und das zudem im oben beschriebenen Untersuchungsraum liegt. Dies ermöglicht einerseits eine Gegenüberstellung der Ergebnisse aus dem vereinfachten Verfahren und der Auswertung von Messdaten bzw. von an Messdaten kalibrierten N-A-, Gewässergüte- und Schmutzfrachtmodellen (detaillierte Verfahren); andererseits können aus diesem Abgleich wichtige Hinweise hinsichtlich der Qualität der verschiedenen detaillierten Verfahren vor allem im Hinblick auf die Anwendung im Emscher-Seseke-Raum gewonnen werden. Dabei sollen die ausführlichen Verfahren in verschiedenen Detaillierungsstufen eingesetzt werden. Evtl. Defizite hinsichtlich der raumspezifischen Anwendung könnten durch die vorhandene Datenbasis aufgedeckt und in den folgenden Verfahrensschritten behoben werden.



Aus den genannten Bearbeitungsschritten kann schließlich ein Ausblick auf ein auf den Charakter der Emscher-Seseke-Region abgestimmtes sowie mit den Grundsätzen des BWK M3 konformes detailliertes Nachweisverfahren gegeben werden. Dieses Prozedere soll die sukzessive Entwicklung von einfachen Modellen hin bis zu einem detaillierten Nachweisverfahren umfassen. Die für das Untersuchungsgewässer vorhandene ausführliche Datenlage ermöglicht eine gezielte Hinterfragung der Eignung des entwickelten Modells.

Die erarbeitete Verfahrensskizze wird in Phase B an für die Region typischen Einleitungssituationen angewandt (vgl. Abbildung 3). Als Untersuchungsgewässer wurde der Schwarzbach ausgewählt. Daraus resultierend soll ein Vorschlag für eine mögliche Gesamtstruktur eines Verfahrens abgeleitet werden.

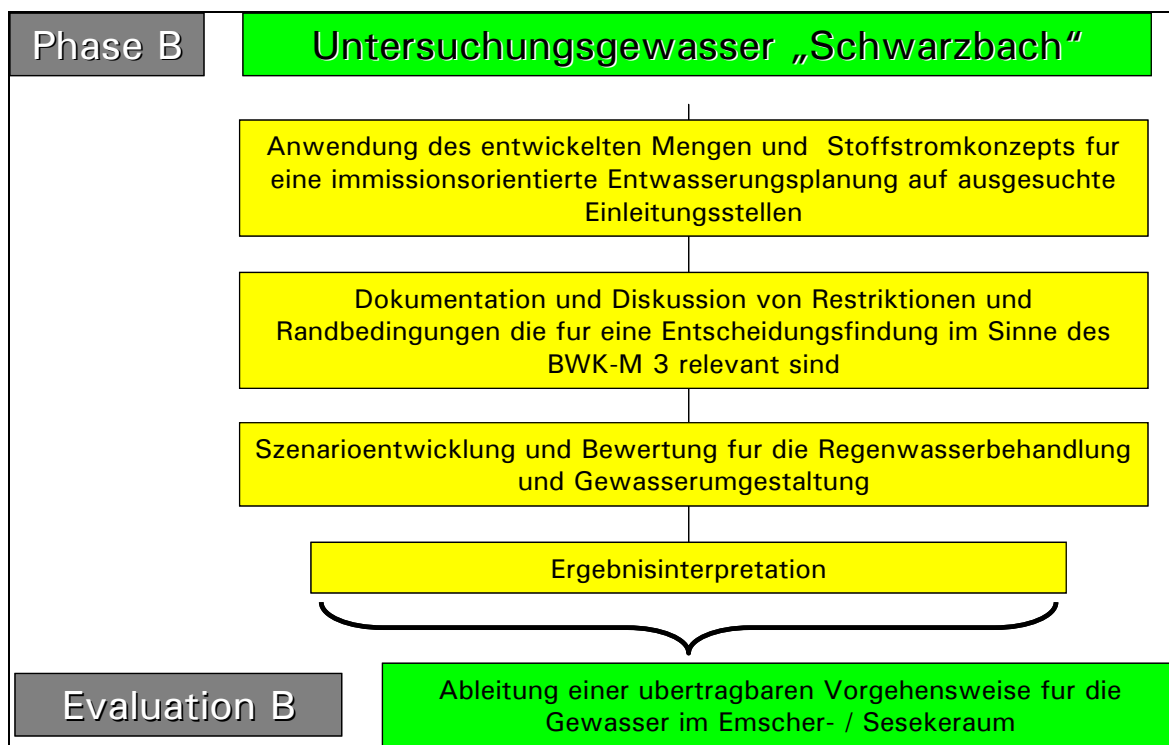


Abbildung 3: Phase B

Wichtige Elemente der Bearbeitung des Gesamtvorhabens waren:

- die Ermittlung der verfahrensbedingten Sensitivitäten und Unterschiede
- der Einsatz der Langzeitsimulation für immissionsbezogene Nachweiskonzepte

Mit den verfügbaren Immissionsdaten (Braunebach-Untersuchungsprogramm) ließen sich abgesicherte Erkenntnisse

- zu den Gewässerbelastungen durch die Niederschlagswasserbehandlung und
- zu den Einsatzmöglichkeiten hydrologischer Nachweisverfahren ableiten.



Hieraus wurde ein Nachweiskonzept entwickelt, das auf einem sehr umfangreich dokumentierten Untersuchungsbeispiel beruht. Diese Möglichkeiten sollten genutzt werden. Insbesondere die Eignung der abschließend entwickelten Vorgehensweise kann aufgrund der Datengrundlage gezielt hinterfragt werden.

3. Das BWK Merkblatt Nr. 3

Da die Rahmenbedingung zur Schaffung des BWK Merkblattes Nr. 3 „Ansatz zur immissionsorientierten Beurteilung von Niederschlagswassereinleitungen“ (BWK, Stand 2004) innerhalb dieses Vorhabens eine wesentliche Rolle spielen, sollen zunächst die Grundsätze der Vorgehensweise vorgestellt werden.

„Das Merkblatt dient der immissionsbezogenen Beurteilung von Niederschlagswassereinleitungen aus Mischwassernetzen und Regenwassernetzen des Trennverfahrens in oberirdische Fließgewässer“ (BWK, 2004). Generell stehen zwei Nachweisverfahren zur Verfügung: ein vereinfachtes und ein detailliertes Nachweisverfahren. Dem vereinfachten Verfahren sind Anwendungsgrenzen gesetzt. U. a. bei komplexen Systemen, inhomogenen Verhältnissen, weiteren spezifischen Belastungen, Gewässern mit erhöhtem Schutzbedürfnis oder für den Fall, dass die vereinfachten Anforderung nicht erfüllt werden können, ist eine detaillierte Nachweisführung einzusetzen.

Durch das Merkblatt werden Anforderungen an die hydraulischen und stofflichen Wirkungen von Niederschlagseinleitungen gestellt. Die ökologisch verträgliche hydraulische Belastung richtet sich laut BWK (2004) nach „Abflüssen mit großflächigem Geschiebeabtrieb als wesentlich Einflussgröße auf die Gewässerstruktur und an Ereignissen, die durch erhöhten hydraulischen Stress die gewässertypische Lebensgemeinschaft dauerhaft stören.“ Dazu sollen Häufigkeit und Dynamik der Abflussereignisse auf Werte begrenzt werden, die in naturnahen Einzugsgebieten rund ein- bis zweijährlich vorkommen.

Die ökologische Wirkung der stofflichen Belastungen wird maßgeblich bestimmt durch die Häufigkeit und Dauer kritischer Konzentrationen des Sauerstoffs und toxischer Konzentrationen des Ammoniaks. Weiterhin zu beachten sind die Gehalte an abfiltrierbaren Stoffen (AFS) im Gewässer, für die allerdings keine allgemein gültigen Grenzwerte gegeben werden können. Aus diesem Grund wird auf die Betrachtung innerhalb der Bearbeitung verzichtet. Aufgegriffen werden die Betrachtung von Einleitungskonzentrationen und –fachten sowie die Beurteilung ihrer Wirkung auf die biotischen und abiotischen Bestandteile des Gewässers auch durch das im April 2006 erschienene Arbeitsblatt A 100 der DWA.

Das vereinfachte Verfahren stellt dem Anwender im groben einen Leitfaden zur Seite, über den die Datenbestände in einem Bilanzierungsverfahren kombiniert und kritische Belastungen rechnerisch ermittelt werden. Um das Verfahren praktikabel und einfach zu gestalten, wurden vorab einige Annahmen festgelegt.

Ein Ansatzpunkt für die vorliegende Untersuchung ist, dass im BWK M3 keine regionalisierten Angaben von Verschmutzungskenngrößen gegeben sind. Dazu lag bei der Erstellung des Vorgehens keine ausreichende Datenbasis vor.



Im Gegensatz zum vereinfachten Nachweis ist die Vorgehensmethodik bei der detaillierten Betrachtung nicht eindeutig festgelegt. Die Nachweisführung kann durch gewässerökologische Untersuchungen, Messprogramme und Simulationsrechnungen erfolgen. Letztere beinhalten die Aufstellung von Niederschlag-Abfluss-Modellen, Schmutzfrachtmodellen oder Gewässergütemodellen.

4. Das Untersuchungsgewässer Braunebach

Das Untersuchungsgewässer wurde ausgewählt, weil am Braunebach eine typische Gewässersituation im Emscher-Seseke-Raum vorliegt. Zudem liegen für das Gewässer zahlreiche Messdaten und Untersuchungen vor.

Betrachtet wird das 1,7 km lange Teilstück des Braunebachs vor der Mündung in die Seseke. Das Gewässer hat ein Sohlgefälle von ca. 3 ‰. Das Einzugsgebiet hat eine Größe von rund 526 ha, davon entfallen ca. 325 ha auf natürliche Flächen. Über Einleitungsstellen an das Gewässer angeschlossen ist ein kanalisiertes Einzugsgebiet von $A_{EK} = 200$ ha bzw. eine befestigte Fläche von $A_{red} = 25$ ha.

Modelltechnisch gliedert sich das System in drei Teileinzugsgebiete. Abflüsse aus dem Teileinzugsgebiet 1 ($A_{EK} = 61,09$ ha, $A_{red} = 18,33$ ha) werden in den Regenüberlauf RÜ 1 geleitet. Von dort werden sie in das Teileinzugsgebiet 2 übergeleitet. Der RÜ 1 entlastet in den Braunebach. Das Teileinzugsgebiet 2 ($A_{EK} = 26,96$ ha, $A_{red} = 6,20$ ha) leitet in das Teileinzugsgebiet 3 über und entlastet ebenfalls über einen separaten Regenüberlauf RÜ2 in den Braunebach. Im Teileinzugsgebiet 3 ($A_{EK} = 111,39$ ha, $A_{red} = 25,98$ ha) schließlich werden die Abwässer über ein Regenüberlaufbecken (RÜB) zur Kläranlage Kamen-Methler geleitet. Der Entlastung des RÜB ist eine zweiteilige Rückhaltstrecke (RHS) (Teil 1 ist trockenfallend, Teil 2 ist dauerbespannt) nachgeschaltet, die in den Braunebach einleitet.

Der Braunebach und sein Einzugsgebiet wurden in einem N-A-Modell abgebildet. Dadurch sind die Bestimmung der Einleitungsmengen und auch die Führung des detaillierten hydraulischen Nachweises möglich. Zudem beinhaltet es die Möglichkeit der Schmutzfrachtberechnung.

5. Nachweise und Modellanwendungen: hydraulische Belastungen

Der potenziell natürliche Hochwasserabfluss ist derjenige Abfluss, der sich in einem unversiegelten Gebiet ohne Abfluss verändernde Einflüsse einstellen könnte. Nach den Zielvorgaben des BWK M3 darf der potenziell natürliche Abfluss $HQ_{1,pnat}$ durch siedlungsbedingte Einleitungen höchstens auf den potenziell natürlichen zweijährlichen Hochwasserabfluss erhöht werden. Diese Erhöhung wird mit Hilfe des x-Faktors beschrieben (vgl. Formel (1)). Da es bei ein- bis zweijährigen Abflussereignissen durch den dann großflächig zu beobachtenden Geschiebetrieb (Überschreitung der kritischen Sohlschubspannungen) zu einer Verdriftung von gewässertypischen Lebensgemeinschaften kommt, was sich letztlich nachteilig auf die Biozönose im Gewässer auswirkt, möchte man den hydraulischen Stress, der sich durch die stoßartigen Einleitung aus Siedlungsgebieten ergibt, auf ein



für das Gewässer unschädliches Maß begrenzen. Häufigkeit und Dynamik der Gewässerabflüsse sollten deshalb durch die siedlungsbedingten Einleitungen von Niederschlagswasser höchstens bis auf das Niveau eines zweijährlichen Hochwasserabflusses verschärft werden.

Betrachtet wird die Summe aller Einleitungen in einer räumlich abgegrenzten –Gebietseinheit, dem „geschlossenen Siedlungsgebiet“. Einzelne Einleitungsstellen sind dann einem geschlossenen Siedlungsgebiet zuzuordnen, wenn zwischen ihnen eine Gewässerstrecke liegt, die kleiner als der zu erwartende Einflussbereich der Einleitungen ist.

Die nach BWK-M3 zulässige Summe der Abflüsse aus den Einleitungen eines geschlossenen Siedlungsgebietes für ein einjähriges Niederschlagsereignis ($Q_{E1,zul.}$) berechnet sich nach der Formel:

$$\Sigma Q_{E1,zul.} \leq 1,0 \cdot Hq_{1,pnat} \cdot \frac{A_{red}}{100} + x \cdot Hq_{1,pnat} \cdot A_{E0} \quad (1)$$

mit:

$Hq_{1,pnat}$: potenziell naturnahe Abflussspende für das einjährige Hochwasser [$l/(s \cdot km^2)$]

A_{red} : befestigte Fläche des geschlossenen Siedlungsgebietes [ha]

A_{E0} : natürliches oberirdisches Einzugsgebiet des Gewässers [km^2]

x : Multiplikator für die zulässige Abflusserhöhung durch siedlungsbedingte Einleitungen

Kann der Nachweis nicht erfüllt werden, sind entsprechende Maßnahmen zu treffen. Dies kann z. B. die Schaffung von Rückhaltevolumen sein, um die Einleitungen auf ein zulässiges Maß drosseln zu können.

5.1 Erstellung eines N-A-Modells

Mit Hilfe eines Niederschlag-Abfluss-Modells (N-A-Modell) kann einerseits das Einleitungsverhalten aus den Siedlungsgebieten simuliert werden, andererseits können auch die Abflussverhältnisse des Untersuchungsgewässers bei variierenden Gebietskenngrößen abgebildet werden.

Dazu wurde im Programm HYDRO ein entsprechendes N-A-Modell erstellt. Die Gewässerstrecke wurde durch die Erstellung von 16 Teilabschnitten mit unterschiedlicher Länge, Gefälle und Profilierung abgebildet. Das nicht kanalisierte Einzugsgebiet und seine Kenngrößen wurden in Form von vier Teilgebieten dargestellt. Mit insgesamt zehn Teilflächen wurden die kanalisierten Einzugsgebiete diskretisiert. Das Transportnetz wurde in 15 Teilabschnitte unterteilt. Als Bauwerke wurden zwei Regenüberläufe, ein Regenüberlaufbecken sowie die beiden Kammern der Regenrückhalte-strecke eingebunden. Letztere wurden modelltechnisch als Regenrückhaltebecken konstruiert. Als Regenreihe wurden die Aufzeichnungen der Station Kurl (Entfernung ca. 3,5 km) verwendet, die für einen Zeitraum von 23 Jahren (1967 – 1989) vorliegt. Für das Gebiet Braunebach lag ein kalibriertes Grundmodell vor.



5.2 Vereinfachtes Verfahren gemäß BWK M 3

Das Merkblatt bietet die Anwendung eines vereinfachten Verfahrens an. Auf der Grundlage der Auswertungen zahlreicher Messdaten werden Bandbreiten von Spenden potenziell naturnaher, einjähriger Hochwasserabflüsse gegeben. Die Angaben werden in Form von Hüllkurven dargestellt und sind entsprechend der regionalen Eigenheiten nach Geländeneigung und Einzugsgebietsgröße klassifiziert.

Aus Anhang 4 des BWK M3 ergibt sich für das Einzugsgebiet Braunebach eine Spende im Bereich von 115 bis 280 l/(s·ha) (Gefälle 0,2 – 1 ‰). Der Faktor zur Beschreibung der zulässigen Abflussverschärfung kann zu $x = 0,1$ angenommen werden. Aus der Auswertung und Analyse diverser Gewässerpegel ist bekannt, dass ein $HQ_{2,pnat}$ etwa einen um 10 ‰ höheren Abflussscheitel bringt als ein $HQ_{1,pnat}$.

Mit den herausgestellten Kenngrößen bestimmt sich die einmal jährlich zulässige Einleitungsmenge gemäß Formel (1) zu:

$$\sum Q_{E1,zul.} \leq 1,0 \cdot Hq_{1,pnat} \cdot \frac{A_{red}}{100} + x \cdot Hq_{1,pnat} \cdot A_{E0} = 120 \text{ bis } 290 \text{ l/s}$$

mit $A_{E0} = 5,26 \text{ km}^2$, $H_{q1,pnat} = 115 \sim 280 \text{ l/(s·km}^2\text{)}$, $A_{red} = 50,5 \text{ ha}$, $x = 0,1$.

Aufgrund der Struktur des Gebiets und der Gefällesituation wird für das Einzugsgebiet von einem potenziell natürlichen Hochwasserabfluss von $HQ_{1,pnat} = 195 \text{ l/s}$ ausgegangen. Das entsprechend zulässige jährliche Einleitungsmaximum ergibt sich somit zu $\sum Q_{E1,zul} = 200 \text{ l/s}$.

Dem gegenüber stehen die Einleitungen, die einmal jährlich an den oben benannten Einleitungsstellen auftreten. Die Bestimmung der Einleitungen kann beispielsweise über das Zeitbeiwertverfahren erfolgen oder wie im vorliegenden Fall über die Nutzung eines Simulationsmodells. Zu beachten ist, dass die Erstellung eines N-A-Modells erheblichen Zeitaufwand bedeutet.

Ermittelt wurden die Einleitungsgrößen durch die statistische Auswertung aller im Simulationszeitraum stattfindenden Einleitungsereignisse. Die laut Statistik einmal jährlich eintretenden Einleitungsabflüsse sind in der folgenden Tabelle 1 dargestellt:

Tabelle 1: Jährliche Einleitungsmengen

Einleitungsstelle	Einleitung Q_{E1} (l/s)
Entlastung RÜ 1	66
Entlastung RÜ 2	72
Entlastung RÜB	1.019
Einleitung RHS	228
Summe	1.385

Der Bereich der zulässigen Einleitungsmenge wird deutlich überschritten.



5.3 Detailliertes Verfahren

Das BWK M3 bietet auch die Nutzung eines detaillierten Verfahrens an. Innerhalb des detaillierten Verfahrens werden sowohl der einjährige als auch der zweijährliche potenziell naturnahe Abfluss durch Simulationsrechnungen mit kalibrierten N-A-Modellen oder die Auswertung von Messprogrammen bestimmt. Dies ermöglicht darüber hinaus die Bestimmung des x-Faktors zur Beschreibung der als ökologisch verträglich angesehenen Abflussverschärfung.

Für die Bestimmung der potenziell naturnahen Abflüsse muss ein entsprechender Zustand des Gewässers und der Umgebung modelltechnisch abgebildet werden. Annäherungsweise wurde davon ausgegangen, dass die Kennwerte der „natürlichen Außengebiete“ einen möglichen naturnahen Zustand beschreiben. Entsprechend wurde das N-A-Modell dahingehend geändert, dass nur diese Gebiete die Abflussbildung bestimmen. An Hand der Auswertung der sich einstellenden Abflüsse konnten die für das Gebiet repräsentativen Spenden der potenziell natürlichen Hochwasserabflüsse bestimmt werden. Die entsprechenden Abflüsse berechnen sich durch die Multiplikation mit der Größe des Einzugsgebietes.

Gegenüber der Nutzung der regionalisierten Abflussspenden ist im detaillierten Verfahren eine differenzierte Erfassung der Charakteristika des Einzugsgebietes somit der potenziell naturnahen Abflusssituation möglich.

Die statistische Auswertung der Langzeitsimulation ergab folgende potenziell natürliche Abflussspenden bzw. -abflüsse:

$$Hq_{1,pnat} = 261 \text{ l/s}$$

$$Hq_{2,pnat} = 310 \text{ l/s.}$$

Im Vergleich zu den regionalisierten Angaben im vereinfachten Verfahren liegt die rechnerisch bestimmte einjährige potenziell natürliche Abflussspende im oberen Bereich des vom BWK M3 angegebenen Wertebereichs.

Mit Hilfe der nun bekannten Abflüsse kann der x-Faktor zur Beschreibung der zulässigen Abflussverschärfung bestimmt werden:

$$x = \frac{Hq_{2,pnat} - Hq_{1,pnat}}{Hq_{1,pnat}} = \frac{310 - 261}{261} = 0,19$$

Der rechnerisch bestimmte x-Faktor ist somit fast doppelt so groß als der durch das Merkblatt 3 vorgeschlagene Wert von $x = 0,1$. Die zulässige Einleitungsmenge im Einzugsgebiet ergibt sich entsprechend zu:

$$\Sigma Q_{E1,zul.} \leq 1,0 \cdot Hq_{1,pnat} \cdot \frac{A_{red}}{100} + x \cdot Hq_{1,pnat} \cdot A_{E0} = 390 \text{ l/s}$$

Die im detaillierten Verfahren bestimmte zulässige Einleitungsmenge liegt deutlich über dem im vereinfachten Verfahren bestimmten Wert. Die vorhandenen Einleitungsmengen liegen immer noch deutlich über den zulässigen Werten. Im Falle der Dimensionierung von Rückhalteräumen könnte das erforderliche Volumen jedoch deutlich reduziert werden.



5.4 Betrachtung der Schubspannungen

Eine weitere Möglichkeit, die Gewässerverträglichkeit von Einleitungen nachzuweisen bietet sich durch den Vergleich der Sohlschubspannungen. Der Fließgewässertyp gibt das ortstypische Sohlsubstrat vor. Daraus können die aus ökologischer Sicht zulässigen Sohlschubspannungen bestimmt werden. Mit Hilfe hydraulischer Berechnungen können unter Berücksichtigung der morphologischen Kennwerte die korrespondierenden Abflüsse bestimmt werden. Nachzuweisen sind die sich durch die jährlichen Einleitungsmengen einstellenden Abflüsse im Gewässer bzw. die dadurch resultierenden Sohlschubspannungen.

Die Methode bietet den Vorteil, die morphologischen Charakteristiken einzelner Gewässerabschnitte differenziert erfassen zu können.

Das Sohlsubstrat des Braunebachs besteht aus feinem Sand, so dass die gewässerverträgliche Sohlschubspannung auf $\tau_{crit} = 2 \text{ N/m}^2$ festgelegt wurde. In der Anlage sind die entsprechenden Sohlschubspannungen in den Abschnitten des Braunebachs dargelegt. Es zeigt sich, dass die als kritisch angesehenen Sohlschubspannungen in einigen Abschnitten unterhalb der Einleitung überschritten werden. Die Sohlschubspannungen liegen im Bereich von 6 – 8 N/m² und sind somit für ein Sandgewässer zu hoch zu bewerten. Im Rahmen der Einführung des BWK M 7 erfolgte die übergreifende Diskussion der Sohlschubspannungsbetrachtung mit einer Ausweisung entsprechender Teilaspekte. Im vorliegenden Falle kam es oftmals zu einer Übereinstimmung der erforderlichen Aussagen zu Rückhaltemaßnahmen von vereinfachtem hydrologischem Nachweis und detailliertem hydraulischen Nachweis.

6. Nachweise und Modellanwendungen: stoffliche Belastungen

Analog zur hydraulischen Nachweisführung können auch bei der bei Betrachtung eingeleiteten Stofffrachten und ihrer Auswirkungen vereinfachte und detaillierte Verfahren angewandt werden. Die Anwendung des vereinfachten Nachweises wird z. B. durch die Komplexität des betrachteten Systems, inhomogene Verhältnisse oder auch durch spezifische weitere Belastungen begrenzt.

6.1 Vereinfachter Nachweis

Um die stofflichen Belastungen des Gewässers durch Einleitungen zu beurteilen, werden die aus den Trenn- oder Mischgebieten eingeleiteten Wassermengen durch ein Regenabflussspektrum berücksichtigt. Der Entlastungsabfluss trifft mit seinen mitgeführten Stofffrachten auf „einen aus stofflicher Sicht kritischen Bereich von Niedrigwasserabflüssen im Gewässer (MNQ)“ (BWK, 2004). Beurteilt werden die Stoffkenngrößen Sauerstoffgehalt (O₂) und Ammoniakkonzentration (NH₃N).

Im Gegensatz zum hydraulischen Nachweis fehlen bisher im BWK M3 regionalisierte Kenndaten. Mit Hilfe einer ausreichenden Datenbasis könnten Verschmutzungskenngrößen in Abhängigkeit verschiedener Einleitungskenngrößen vorgegeben werden. Aus diesem Grund wird die Grundlast bisher mit empirisch abgesicherten mittleren Stoffkonzentrationen gerechnet.



Es ist nachzuweisen, dass die Sauerstoffkonzentration mindestens 5,0 mg/l, die Ammoniakkonzentration höchstens 0,1 mg/l beträgt.

Als Instrument für die vereinfachte Nachweisführung stehen zwei EDV-Anwendungen zur Verfügung: einerseits ein mittels einer Tabellenkalkulation durchführbares Berechnungsschema, andererseits das Programm „VereNa.M3“, welches die Bearbeitung an Hand einer grafischen Benutzeroberfläche ermöglicht. Die erforderlichen Eingaben sind in beiden Programmen prinzipiell identisch. Es sind zahlreiche Eingaben zu jeder Modellkomponente erforderlich, die maßgeblich zur Bestimmung der Schmutzfrachtkonzentration der Einleitungen bzw. des Gewässers dienen. Auf die Herleitung und Darstellung der einzelnen Kennzahlen wird an dieser Stelle verzichtet. Die folgende Abbildung 4 zeigt das im Programm VereNa.M3 erstellte Modellsystem für den Braunebach. Der grün umrandete Bereich stellt die Elemente des Regenüberlaufbeckens und der Regenrückhaltestrecke dar.

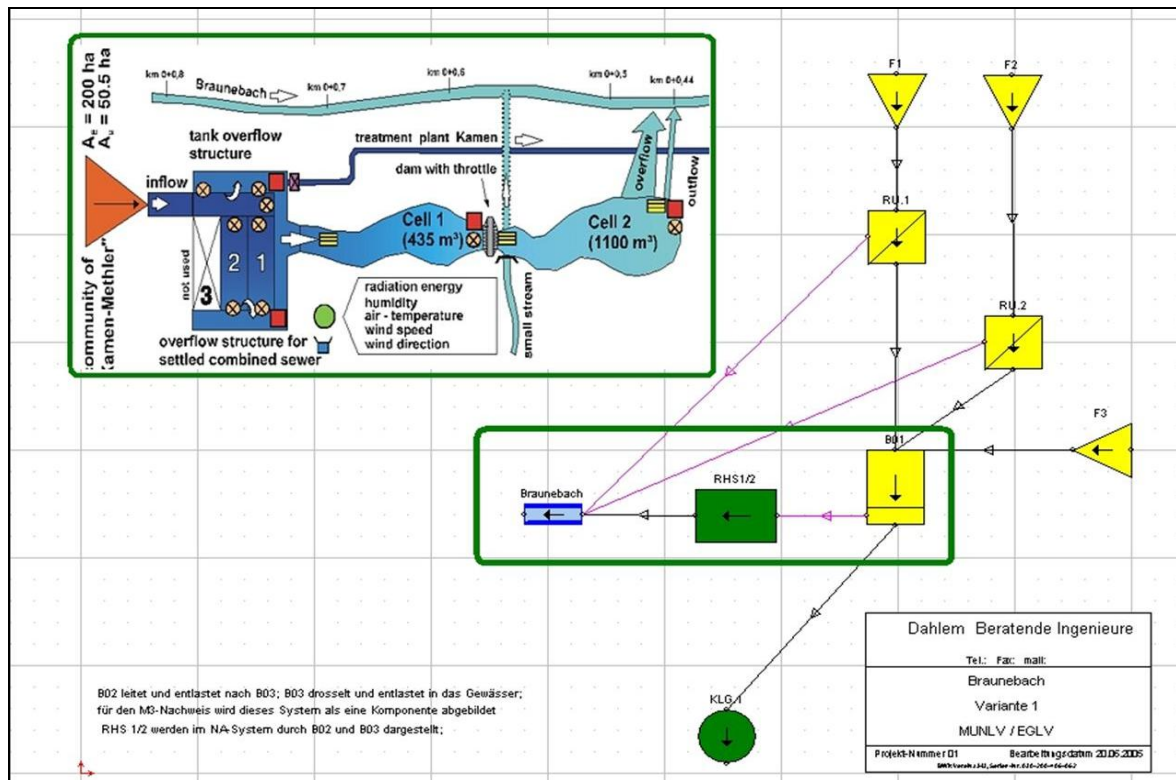


Abbildung 4: Modellkomponenten im Programm VereNa.M3

Die aus Grundlast und Einleitung resultierenden Stoffkonzentrationen werden in Abhängigkeit zur variierenden Regenabflussspende q_{rab} angegeben (s. Abbildung 5).

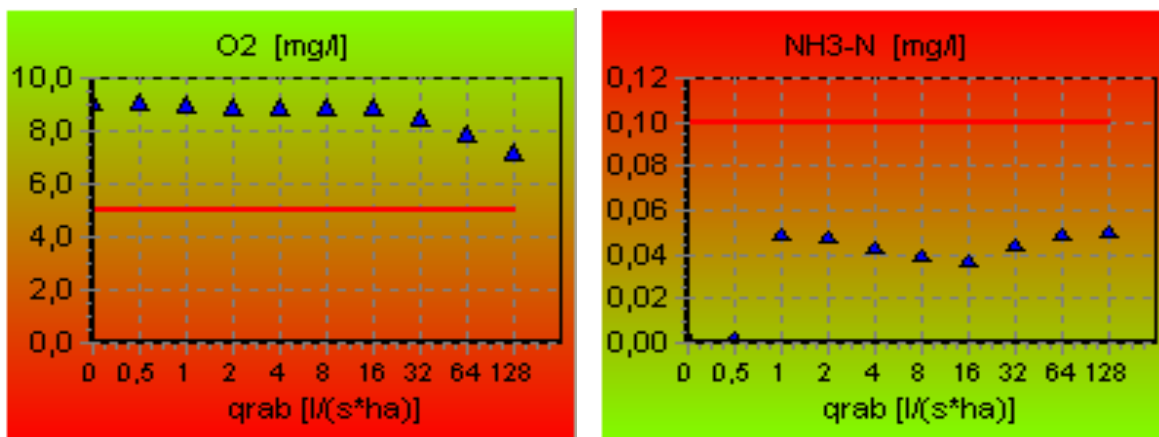


Abbildung 5: Stoffkonzentrationen O2 und NH3-N nach dem vereinfachten Verfahren (BWK M3)

Nach den Vorgaben des BWK M3 zeigen die Ergebnisse keine kritischen Stoffkonzentrationen im Gewässer. Somit ergeben sich keine Anforderungen bzgl. weitergehender Maßnahmen zur Regenwasserbehandlung aus stofflicher Sicht.

6.2 Detaillierte Nachweise

Für die Führung detaillierter Nachweise stehen verschiedene Möglichkeiten zur Verfügung:

- Auswertung von Messprogrammen,
- Anwendung von hydrologischen Schmutzfrachtmodellen und
- Anwendung von Gewässergütemodellen.

Mit Hilfe gemessener Stoffkonzentrationen lassen sich abgesicherte Erkenntnisse zu Gewässerbelastungen durch die Niederschlagswasserbehandlung ableiten. Im vorliegenden Fall ermöglichen die verfügbaren Immissionsdaten zudem die Verifizierung des zu entwickelnden Nachweiskonzeptes.

Hydrologische Schmutzfrachtmodelle ermöglichen die rechnerische Nachvollziehbarkeit verschiedener sich konservativ verhaltende Stoffe (mischungsbasiert, ohne Stoffumsatz) so dass durch die zeitgerechte Überlagerung von Gewässerabflüssen mit Kanalnetzabflüssen auch die Überlagerung der mit den Abflüssen transportierten Stoffe möglich ist. Damit ist das Auftreten von Spitzenkonzentrationen und Frachteinträgen rechnerisch nachvollziehbar. Die Nutzung von Gewässergütemodellen stellt die komplexeste Ebene der Gewässergütemberechnungen dar.

6.2.1 Auswertung der Messdatenbasis

Für das Gewässer Braunebach liegen auf Grundlage verschiedener durch das MUNLV und EG/LV geförderter Forschungsvorhaben eine Fülle von Messdaten zur Bestimmung der Wirksamkeit eines Regenüberlaufbeckens mit nachgeschalteter Rückhaltstrecke vor. Die erhobenen Messdaten sind für einen detaillierten Nachweis der immissionsbezogenen Einleitungsbedingungen von sehr hohem Stellenwert.



Für die Einleitung aus der Rückhaltestrecke in den Braunebach stehen für verschiedene Ereigniszeiträume Messung der Parameter Abfluss, CSB, NH₄-N, Temperatur und O₂ zur Verfügung. Weiterhin konnte aus Pegelmessungen am Braunebach und einiger Abflussmessungen eine Wasserstand-Abfluss-Beziehung ermittelt werden. Durch die zeitliche Überlagerung der Einleitungs- und der Abflussereignisse im Braunebach können Aussagen zur Güte der Ergebnisse der modelltechnischen Betrachtungen vorgenommen werden.

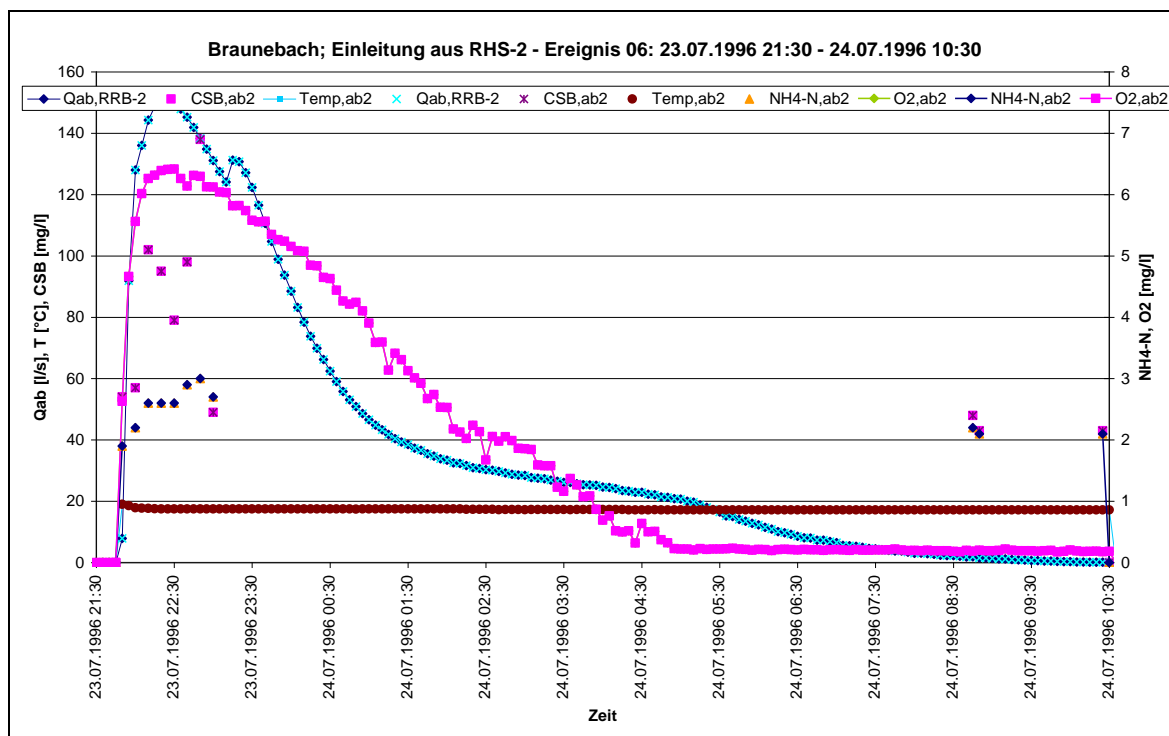


Abbildung 6: Beispielhafte Darstellung eines gemessenen Einleitungsereignisses

Insgesamt liegen für vier Ereigniszeiträume korrespondierende Pegelaufzeichnungen und Einleitungsmessungen vor. Diese Ereignisreihen sind grundsätzlich geeignet, zeigen jedoch in ihrem Ereignisverlauf einen zeitlichen Versatz zwischen Pegelaufzeichnung und Messung des Einleitungsabflusses. Diesen gilt es in weiteren Kalibrierungsarbeiten zu minimieren.

6.2.2 Anwendung der Langzeitsimulation zum Nachweis der Einleitungsverhältnisse

Mit der Durchführung von Langzeitsimulationen und der Anwendung darauf aufbauender statistischer Verfahren können den Spitzenkonzentrationen Auftretenshäufigkeiten und -dauern zugeordnet werden. Das bei der Anwendung der hydraulischen Nachweise verwendete N-A-Modell verfügt auch über eine Schmutzfrachtkomponente. Dadurch können die Abbauleistungen der Regenwasserbehandlungsanlagen, die Trockenwetterganglinien und die Stoffkonzentrationen in den Abflüssen berücksichtigt werden.



In einem ersten Schritt erfolgte die Auswertung ähnlich zu der Auswertung der hydraulischen Kenngrößen. So konnten über statistische Analysen die Zusammenhänge von Stoffkonzentrationen und deren Wiederkehrhäufigkeit ermittelt werden.

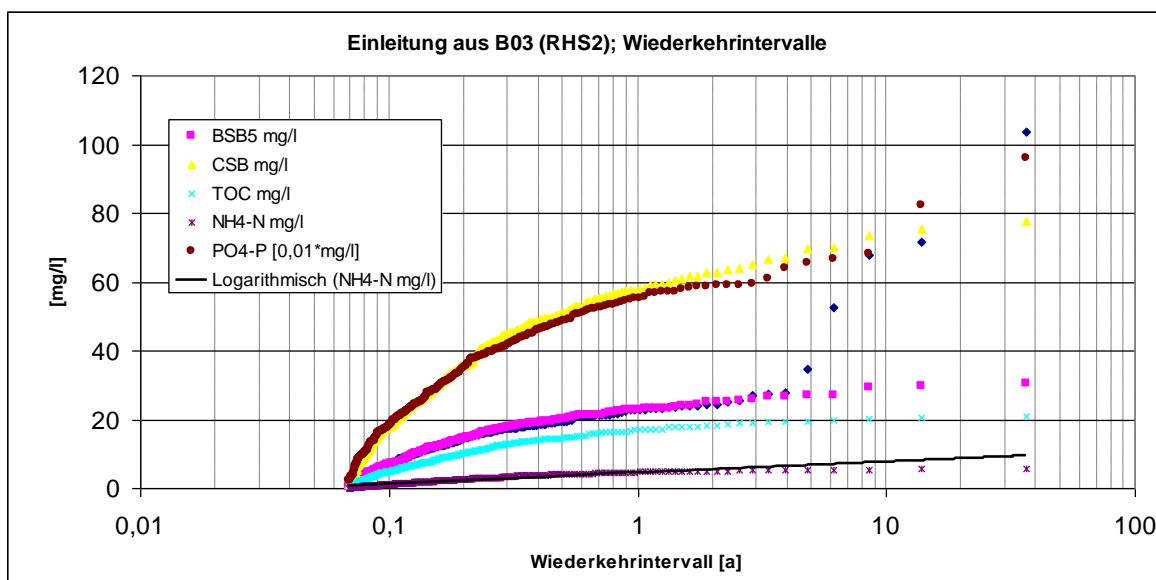


Abbildung 7: Beispielhafte Auswertung der Beziehung Stoffkonzentration und Wiederkehrintervall, Entlastung und Einleitung aus der RHS

Die Ableitung einer spezifischen Konzentrations-Dauerbeziehung für den Braunebach erwies sich als überaus komplex und erforderte dezidierte Programmierfähigkeiten. Der ursprünglich im Projektantrag vorgesehenen Einsatz des Modells HYDRO wurde im Rahmen der Bearbeitung nicht weiter verfolgt, stattdessen erfolgte die professionelle Umsetzung im Rahmen der Fortentwicklung des landesweit eingesetzten Programmes NASIM. Dieser Vorgang dauert an (siehe Anlage 2).

6.2.3 Gewässergütesimulation

Die Gewässergütesimulation erfolgte mit einem dynamischen Modell und ermöglicht lastfallbezogene Untersuchungen.

Darüber hinaus können Aussagen über die Einflüsse von gewässerseitigen Maßnahmen (Profilweite, Längsgefälle) auf die Gewässergüte gemacht werden. Im Gegensatz zu den mit vereinfachten Annahmen angewandten analytischen Verfahren müssen für den Aufbau eines Gewässergütemodells umfassende und zuverlässige Informationen zu Emissionen, physikalischen, biologischen und chemischen Vorgängen vorliegen.

Zur Verwendung kommt das ATV-Gewässergütemodell (kurz: ATV-FGSM). Grundstein für das Modell ist ein funktionsfähiger Hydraulik-Baustein. In diesem Baustein sind in erster Linie die Quer- und Längsprofilierung abgebildet. Die Profildaten wurden aus den Datensätzen des N-A-Modells erstellt. Um Wirkungsweise auf längerer Fließstrecke beurteilen zu können, wurde das Modell des Braunebachs an ein bestehendes Modell des Hauptflusses, der Seseke gekoppelt.



Die Anwendung des ATV-Gewässergütemodells erfolgte aufgrund der Rahmenbedingungen mit erheblichen Schwierigkeiten. Die erforderlichen Pegelinformationen waren nicht ohne weiteres in Einklang zu bringen mit den gemessenen Immissionsdaten, da ein unsystematischer Fehler in den zeitlichen Bezügen bei der Datenauswertung ermittelt wurde. Somit mussten die Daten als „nur bedingt verwendbar“ eingestuft werden. Darüber hinaus war die physikalische Modellanbindung aufgrund der Absturzsituation des Braunebachs von über 2 m in die Seseke Anlass dafür, keine physikalische Modellkopplung in einem Modell zu realisieren. Stattdessen liegen nunmehr zwei Modelle vor. Darüber hinaus erfolgte die Anbindung des Braunebachs an das Gewässergütemodell Seseke, mit dem die Umgestaltungsmaßnahmen der Seseke auch in diesem Zusammenhang der Verbesserung der biologischen Situation erfolgen (Anlage 6).

7. Diskussion und Bewertung der Erkenntnisse

7.1 Erkenntnisse aus den hydrologisch/hydraulischen Vergleichsbetrachtungen

An Hand der Anwendung der verschiedenen Verfahren sollte geklärt werden, ob und welcher zusätzlicher Nutzen die detaillierte Nachweisführung gegenüber vereinfachten Vorgehensweise hat.

Beispielsweise ergeben sich für die Situation am Braunebach aus dem detaillierten hydraulischen Nachweis höhere zulässige Einleitungsmengen. In Bezug auf die Konzipierung von Maßnahmen bedeutet dies, dass das zu dimensionierende Rückhaltevolumen entsprechend kleiner ausfallen kann und die daraus resultierenden Kosten gesenkt werden können. Dem gegenüber steht ein erhöhter Zeitaufwand bei der Datenbeschaffung und bei der Nachweisführung.

7.2 Bewertung der Erkenntnisse vor dem Hintergrund der aut-ökologischen Analyse der limnologischen Verhältnisse

Im Rahmen der aut-ökologischen Analyse des Makrozoobenthos konnte der tatsächliche Gewässerzustand im Sinne der Wasserrahmenrichtlinie hinterfragt werden. Grundlage für die Beurteilung waren umfassende biologische Betrachtungen aus vorlaufend geförderten Untersuchungsvorhaben im Braunebachsystem. Diese sind als Anlage 4 beigelegt.

Im Rahmen einer aut-ökologischen Analyse erfolgte die dezidierte Beurteilung der Wirkung von Niederschlagswassereinleitungen. Die Methodik ist mittlerweile im Zuge der Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie mit diversen Bewertungsverfahren (Perlodes/Asterics) fortgeschrieben worden und ist gut geeignet, eine Ursache-Wirkungsanalyse durchzuführen.

Im Ergebnis erbrachte die aut-ökologische Analyse eine grundsätzliche Bestätigung der Erfordernis einer Rückhaltung am Braunebach. Sie erbrachte jedoch auch eine deutliche Abhängigkeit von der Gewässerstrukturgütesituation, und somit den Habitatbedingungen. Diese Abhängigkeit zeigte sich signifikant anhand der verarmten (degenerierten) Biozönose im noch nicht renaturierten Abschnitt des Braunebachs. Im Bereich der Einleitung der Mischwasserbehandlungsanlage Kamen-Methler



waren die Bedingungen bei gleichzeitig bereits renaturierter Situation (1997) bereits deutlich besser und vielfältiger, jedoch noch immer mit Defiziten behaftet. Diesem Aspekt sollte im Weiteren nachgegangen werden, da es eindeutige Hinweise auf eine Abhängigkeit der Erfordernis von Rückhaltmaßnahmen vor dem Hintergrund der Habitatbedingungen gibt. Ähnliche Ergebnisse ergaben sich auch an anderen Gewässern wie z. B. an der Schondelle in Dortmund sowie dem Eifgenbach in Wermelskirchen. Dieser Aspekt berücksichtigt das BWK-M3 im Punkte „Wiederbesiedlungspotenzial“).

Als übertragbares Fazit kann somit festgehalten werden, dass eine aut-ökologische Analyse (auch vereinfacht biologischer Nachweis im Sinne von BWK M 3/7) einen erheblichen Erkenntnisgewinn über den Gewässerzustand liefert und somit möglichst eine immissionsorientierten Untersuchung beigestellt werden muss. Die bloße Umsetzung von Rückhaltmaßnahmen auf Basis rein hydraulischer Indikatoren erscheint nicht in jedem zielführend. Sie empfiehlt sich nur bei deutlicher Unterscheidung der Größenordnung der Einleitungsverhältnisse.

8. Zusammenfassung

Das bearbeitete Vorhaben hatte zum Ziel, die verfahrensbedingten Einflüsse bei der Quantifizierung hydraulischer und stofflicher Belastungen an kleinen Fließgewässern zu analysieren. Im Zuge der Analyse erfolgte die Anwendung eines vereinfachten Nachweisverfahrens im Sinne von BWK M3 sowie eine weitergehende Beurteilung mittels detailliertem Nachweisverfahren (hydraulischer bzw. biologischer Nachweis) in den Einzugsgebieten Braunebach und Schwarzbach.

Im Hinblick auf die Bewertung der verfahrensbedingten Unterschiede erfolgte zudem ein Abgleich mit vorliegenden Messdaten zu Einleitungssituationen sowie einer Analyse des Makrozoobenthos im Braunebachsystem. Die Erkenntnisse wurden im Einzelnen analysiert und bewertet.

Es zeigte sich bei der Analyse der Datengrundlage und der Modellierung der Einzelsituationen, dass in beiden Systemen Rückhaltungserfordernisse angezeigt werden. Am Braunebach wurde die Erfordernis von Rückhaltanlagen aufgrund der Immissionssituation biologisch hinterfragt. Es zeigte sich dabei auch, dass eine Abhängigkeit der Degradation der Biozönose von den Habitatstrukturen gegeben ist (Gewässerstrukturgüte).

Die Sinnhaftigkeit eines solchen Vorgehens hat sich mittlerweile im Zuge der Erstellung des BWK M 7 ebenfalls bestätigt. Insofern kann das durchgeführte Vorhaben durchaus auch als eine weitere Bestätigung der biologischen Nachweisführung im Sinne von BWK M 7 angesehen werden.

Für die Investitionsprojekte der Emschergenossenschaft im Rahmen der Emscherumgestaltung kann dieser Nachweis jedoch nur bedingt übertragbar gemacht werden, da eine Analyse der biologischen Situation in der Regel vor Umgestaltung nicht möglich ist. Für die Gewässer im Einzugsgebiet des Lippeverbandes sind entsprechende Betrachtungen sinnvoll und werden empfohlen. Diese sind vereinzelt schon durchgeführt worden (z.B. Dellwiger Bach und Deininghauser Bach).



Die Ergebnisse der BWK M 3-Betrachtungen erfolgten parallel zur laufenden Planung an den Einleitungsstellen unter den jeweiligen wasserrechtlichen Anforderungen (Einleitungsanträge). Die umfassende Dokumentation der Nachweisführung erfolgt erst nach Planungsabschluss und wird im Zusammenhang mit der Eröffnung der wasserrechtlichen Verfahren der Bezirksregierung übergeben. Ein Teilausschnitt liegt als Beispiel dieser Dokumentation als Anlage bei.

Als Fazit einer Anwendung der Modelltechnik konnte festgehalten werden, dass die Ableitung von dezidierten Konzentrations-Dauerbeziehungen ebenfalls wichtige Hinweise für die Immissionssituation geben kann. Bei der praktischen Umsetzung zeigten sich noch erhebliche handwerkliche Zwischenschritte, welche die Bearbeitung in der Praxis aufwändig machen. Diese wurden von der Em-schergenossenschaft und auch den anderen Wasserverbänden in NRW im Hinblick auf die Weiterentwicklung des Programmes NASIM übergeben, so dass auch hier mittelfristig ein leistungsfähiges Instrument für die hier skizzierte Vorgehensweise vorliegen wird (Anlage 2). Die Untersuchungsgewässer bieten sich für Verifikationsrechnungen an.

9. Aussagen zum zeitlichen Ablauf der Bearbeitung

Aufgrund der laufenden Bearbeitung der Entwürfe im Rahmen der Umgestaltung des Schwarzbachs (Phase B) wurden im Projektumfeld verschiedene Aktivitäten abgewartet und immer wieder mit dem zu bearbeitenden Vorhaben in Abgleich gebracht. Ein Teil der Ergebnisse wird im Rahmen der wasserrechtlichen Verfahren an den einzelnen Einleitungsstellen angezeigt. Die hier vorgelegte Dokumentation umfasst nur beispielhaft den Teil der Unterlagen, der erforderlich ist, um den Gesamtkontext zu erfassen.

Essen, im Dezember 2008

DAHLEM Beratende Ingenieure
GmbH & Co. Wasserwirtschaft KG

Bearbeitung:

Dr.-Ing. A. Niemann