

Modellgestützte Nachweisführung der Immissionsbelastung an Misch- und Niederschlagswassereinleitungen

Dipl.-Ing. Christian Hellbach ¹⁾, Dipl.-Hyd. Sandy Hack ¹⁾, Dr.-Ing. Oliver Buchholz ¹⁾,
Dipl.-Ing. Robert Mittelstädt ¹⁾ und M.A. Geogr. Manfred Dorp ¹⁾

¹⁾ Hydrotec Ingenieurgesellschaft für Wasser und Umwelt mbH, Bachstraße 62-64, 52066 Aachen, Deutschland,
Tel.: +49(0)241 - 9 46 89 - 0, mail@hydrotec.de

Kurzfassung

Artikel 4 der EG-Wasserrahmenrichtlinie (EG-WRRL) gibt das Ziel vor, bis 2015 für Oberflächengewässer den guten Zustand zu erreichen. Eine Maßnahme dazu ist die Beurteilung von Misch- oder Niederschlagswassereinleitungen bzgl. ihrer Gewässerverträglichkeit. In Nordrhein-Westfalen und Hessen sind für Einleitungen entsprechende Nachweise auf Grundlage der Merkblätter BWK-M3 und BWK-M7 zu führen.

Das Ingenieurbüro Hydrotec unterstützt Wasserverbände und Kommunen sowohl bei der Durchführung der Nachweise nach BWK-M3 und BWK-M7 als auch bei der Optimierung des Entwässerungssystems, um die geforderten gewässerbezogenen Grenzwerte einzuhalten. Für den modellgestützten Nachweis nutzt Hydrotec das hydrologische Modell NASIM und das 1D-Hydraulik-Modell Jabron mit ihren GIS-Erweiterungen. Anhand zweier Beispielprojekte wird die modellgestützte detaillierte Nachweisführung vorgestellt.

Während Modelle für hydraulische und hydrologische Nachweise bereits seit längerem angewendet werden, stellt der modellgestützte stoffliche Nachweis eine Neuerung dar. Der Beitrag erläutert ein Verfahren, das den stofflichen Nachweis auf Basis eines kombinierten Einsatzes von hydrologischer und 1D-hydrodynamischer Modellierung ermöglicht.

Der detaillierte modellgestützte Nachweis bietet gegenüber dem vereinfachten Verfahren den Mehrwert, Synergieeffekte und Konfliktpotenzial bzgl. Gewässerökologie und Hochwasserrückhalt zu identifizieren. Die so gewonnen Informationen sind für die Planung von Maßnahmen direkt nutzbar. Ein Gemeinschaftsprojekt der Büros Koenzen und Hydrotec im Auftrag des Wupperverbands am Morsbach verdeutlicht die entwickelte Vorgehensweise.

Immissionsorientierter Nachweis nach BWK-M3/M7

Zum Nachweis von Misch- oder Niederschlagswassereinleitungen wurde mit dem Merkblatt BWK-M3 (BWK, 2007) eine erste Handlungsempfehlung und mit dem Merkblatt BWK-M7 (BWK, 2008) eine detaillierte Nachweisführung vorgelegt. Grundsätzlich kann der Nachweis nach dem vereinfachten Verfahren nach BWK-M3 erfolgen. Wird dessen Geltungs- und Anwendungsbereich überschritten, ist der detaillierte Nachweis nach BWK-M7 zu führen. Diese erfordern je nach Einleitungsstelle und -art eine Untersuchung der hydraulischen, hydrologischen bzw. stofflichen Auswirkungen der Einleitung.

Hinsichtlich der Einleitungsmengen betrachtet der vereinfachte Nachweis nach BWK-M3 die Summe der Einleitungsabflüsse aus einem „geschlossenen Siedlungsgebiet“. Für die stoffliche Belastung wird der kritische Gewässerabfluss MNQ mit den ermittelten Entlastungsabflüssen überlagert. Grundlage zur Abschätzung der stofflichen Belastung ist eine Mischrechnung, die anhand einer Tabellenkalkulation durchgeführt werden kann.

Die Eingangsdaten für den vereinfachten Nachweis können oftmals aus Tabellen oder indirekt mittels Regionalisierungsverfahren ermittelt werden.

Der Geltungs- und Anwendungsbereich des BWK-M3 gilt z. B. als überschritten, wenn es sich um sehr komplexe und inhomogene Gewässersysteme handelt, weiter reichende Belastungsgrößen relevant werden oder die Fließbedingungen stark wechseln. Das BWK-M7 bietet eine Arbeitsanleitung für den detaillierten Nachweis. Im Gegensatz zum vereinfachten Nachweis liegt der Schwerpunkt des Merkblatts in der modellgestützten Nachweisführung. Das ermöglicht die Ermittlung des Vergleichswertes unter Berücksichtigung der Abflusssituation an jedem Nachweisort.

Als maßgebliches Bewirtschaftungsziel ist gemäß EG-WRRL der „gute ökologische Zustand“ genannt. Hierfür sehen die Nachweise vor, sowohl Extremwerte als auch die Häufigkeit und die Dauer von Störungen zu begrenzen. Die Grenzwerte werden einzugsgebietspezifisch abhängig vom Wiederbesiedlungspotenzial und den naturräumlichen Verhältnissen angepasst. Einleitungsabflüsse sollen maximal Abflüsse erreichen, die in naturnahen Einzugsgebieten ca. ein- bis zweijährlich vorkommen. Für die Nachweisgröße Sohlschubspannung soll das Sohlsubstrat herangezogen werden, das dem vorliegenden Gewässertyp und den geologischen naturräumlichen Verhältnissen entspricht. Für den stofflichen Nachweis gelten je nach örtlicher Situation und Nutzung spezifische Grenzwerte. Die Nachweisgrößen werden mithilfe statistischer Auswertungen der Ganglinien der Langzeitsimulation ermittelt.

Bei Überschreitung der Grenzwerte schlagen die Merkblätter Maßnahmen im Einzugsgebiet, im Kanalnetz oder im Gewässer selbst vor. Im BWK-M3 werden z. B. die folgenden Maßnahmen empfohlen:

- Abflussvermeidung, -verminderung und -verzögerung
- Rückhaltebecken im Netz oder Speicherbewirtschaftung,
- Rückhaltebecken vor Einleitung in ein Gewässer,
- Retentionsbodenfilter,
- Sickerstrecken, Kiesfilter und Vegetationspassagen
- Gewässerprofilaufweitungen

Maßnahmen zur Vermeidung und Verminderung der Gewässerbelastung oder zur Verbesserung der Gewässerökologie sind bei der Planung vorrangig zu berücksichtigen. Erst wenn dadurch keine weitere Verbesserung möglich ist, sollten die kommunalen Einleitungen ins Gewässer durch den Bau zusätzlicher Rückhalteräume gedrosselt und retendiert werden.

Durch eine naturnahe Gewässerumgestaltung können Konflikte mit anderen wasserwirtschaftlichen Zielen wie z. B. dem Hochwasserschutz entstehen. Verbesserung der Gewässerökologie im Rahmen der EG-WRRL und Hochwasserschutz im Rahmen der EG-HWRM-RL sind hierbei zwei Seiten einer Medaille und sollten aufeinander abgestimmt werden.

Modellgestützte Nachweisführung

Der kombinierte Einsatz des hydrologischen Modells NASIM und des 1D-Hydraulik-Modells Jabron mit ihren GIS-Erweiterungen, ermöglicht die Abbildung von komplexen hydraulischen und hydrologischen Bedingungen im Einzugsgebiet. Die tatsächlich vorhandenen Abflussverhältnisse im Gewässer und an den Einleitstellen können mit einer detaillierten zeitlichen und räumlichen Diskretisierung recht genau abgebildet werden. Die hydraulischen Grundlagen werden mit dem 1D-Modell Jabron ermittelt, so dass Retentionswirkungen durch Gewässerumgestaltung berücksichtigt werden können. Das hydrologische Modell NASIM bildet die wesentlichen Elemente des hydrologischen Kreislaufs ab und ermöglicht so eine kontinuierliche Simulation der vollständigen Wasserbilanz (s. Abbildung 1).

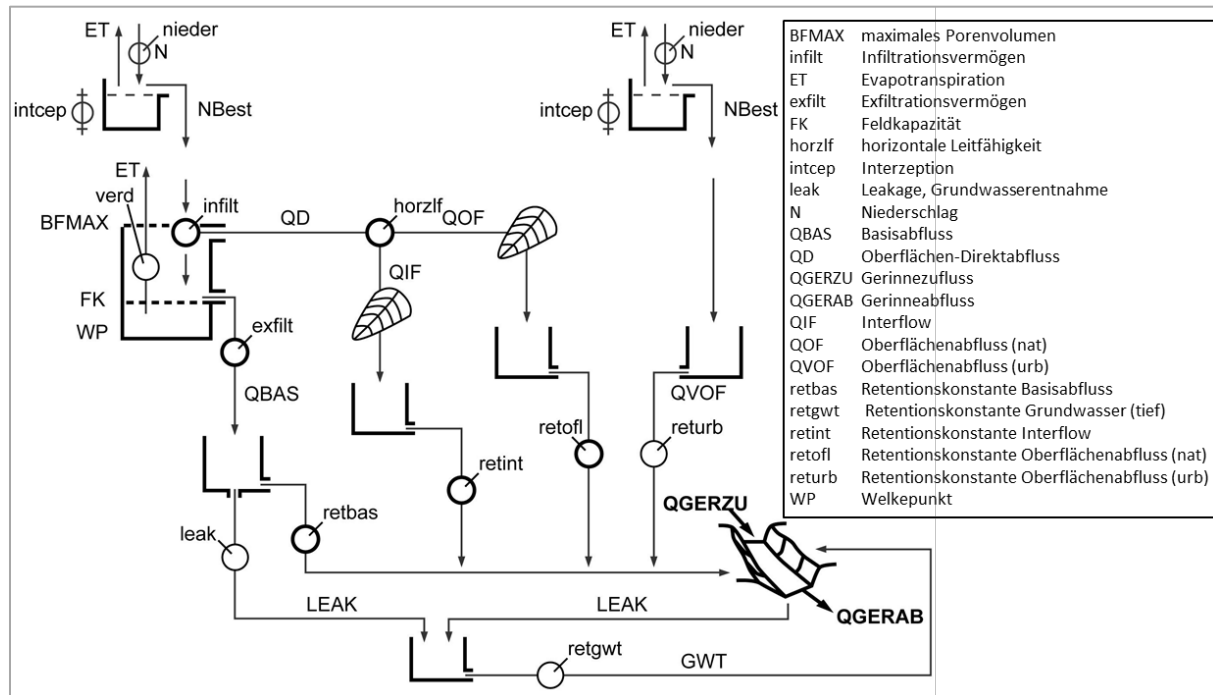


Abbildung 1: Schematische Darstellung der Simulation der vollständigen Wasserbilanz in NASIM

NASIM ermöglicht dem Anwender eine parallele Abbildung von natürlichen Abflussverhältnissen und einer detaillierten Stadthydrologie mit relevanten Bauwerken der Stadtentwässerung. Dadurch kann eine integrale Einzugsgebietsbewirtschaftung betrachtet und untersucht werden, wie z. B. Renaturierungsmaßnahmen im Gewässer und komplexe Steuerungsregeln für Rückhalteräume.

NASIM liefert Eingangsdaten für den stofflichen Nachweis, den hydrologischen Nachweis und den Nachweis bezüglich hydraulischem Stress durch zu hohe Sohlschubspannungen. Während mit NASIM der hydrologische und der stoffliche Nachweis (ggf. in Kombination mit dem Modell SOBEK/1D-Water Quality, Deltares, Delft) direkt durchgeführt werden kann, erfolgt der hydraulische Nachweis mit Jabron.

Abbildung 2 zeigt beispielhaft das Fließschema zur hydrologischen Nachweisführung mit NASIM. Ausgehend von einem kalibrierten Istzustand wird das Modell in einen Planzustand und einen potenziell naturnahen Zustand überführt. Der Planzustand ergibt sich dabei aus den zukünftig zu erwartenden System- und Belastungsdaten. Der potenziell naturnahe Zustand berücksichtigt den naturnahen einzugsgebietsspezifischen Referenzzustand und wird gebildet, indem versiegelte Flächen reduziert und Bauwerke aus dem Istzustand entfernt werden.

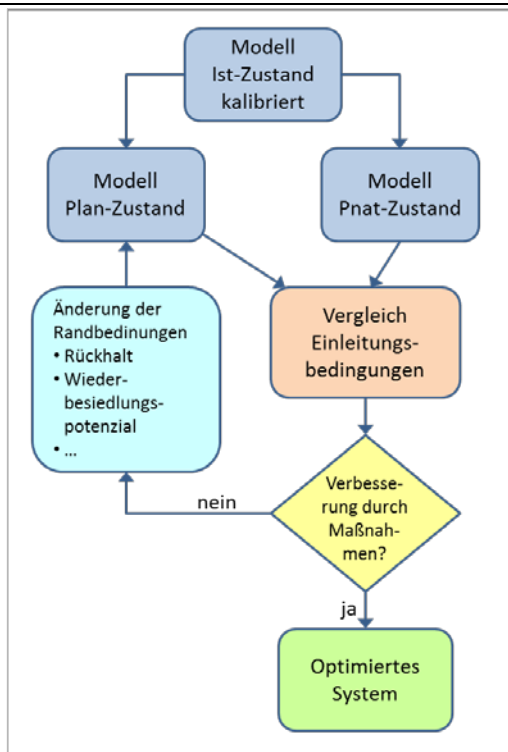


Abbildung 2: Ablaufschema der Nachweisführung mit NASIM

Detaillierte stoffliche Nachweisführung am Beispiel der Inde

Ein neues Verfahren zur Führung des detaillierten stofflichen Nachweises mit NASIM wird am Beispiel eines Projekts im Einzugsgebiet der Inde erläutert. Im Auftrag des Wasserverbands Eifel-Rur wurde eine detaillierte Schmutzfrachtsimulation mit NASIM durchgeführt (vgl. Demny, G.; Dorp, M.; Trübger, E.-R., 2014). Die Inde mit ihren Nebengewässern Vicht und Wehebach gilt als potenzielles Lachslaichgewässer. Für diesen Fall gelten erhöhte Anforderungen an die stoffliche Belastung durch Mischwassereinleitungen sowie die Pflicht zur Führung des detaillierten Nachweises nach BWK-M7.

Der Nachweis der stofflichen Belastung basiert auf einer zeitlich hochaufgelösten Langzeitsimulation. Die aus den befestigten und unbefestigten Flächen resultierenden stofflichen Belastungen entstammen Messwerten, Merkblättern und aktuellen Forschungsarbeiten. Die Stofftransport- und Umsatzprozesse der Parameter AfS und Ammoniak (in Abhängigkeit von Ammonium, pH-Wert und Wassertemperatur) wurden mit dem Modul NASIM-Schmutzfracht durchgeführt.

Für die Berechnung des Sauerstoffdefizits spielt die Wiederbelüftung des Gewässers eine maßgebliche Rolle. Hierzu wurde NASIM mit dem Programmsystem SOBEK/1D-Water Quality (Deltares, Delft) gekoppelt. NASIM übergibt die BSB5-Konzentration als Zeitreihe an SOBEK, das daraus das Sauerstoffdefizit ermittelt. Abbildung 3 zeigt schematisch die Berechnungsmethodik der für den Nachweis erforderlichen Stoffe (AfS, Ammoniak, Sauerstoffkonzentration).

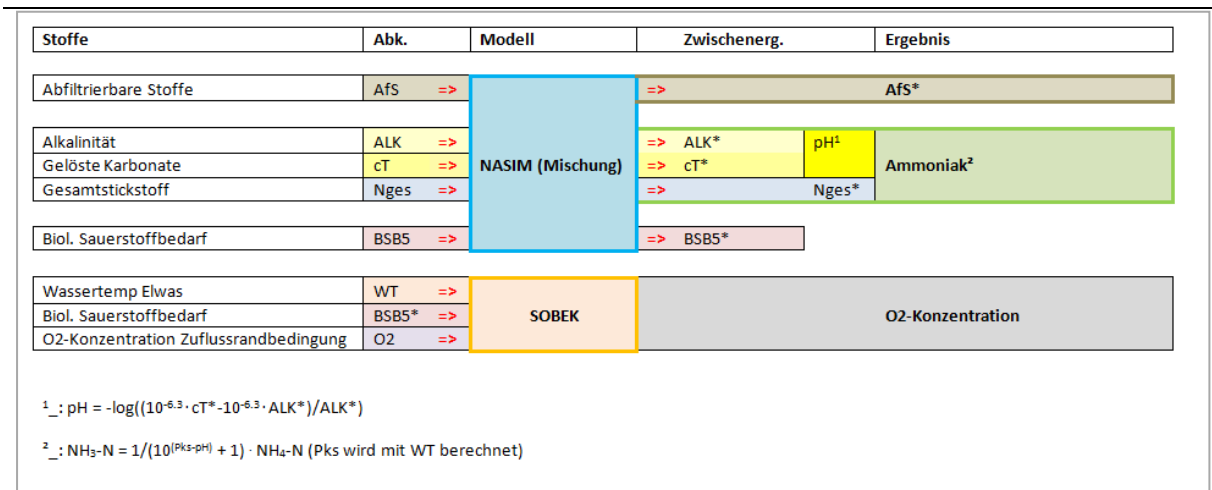


Abbildung 3: Berechnungsschema

Als Ergebnis liegen Stoffzeitreihen mit einer Auflösung von 5 Minuten über einen Zeitraum von 14 Jahren vor. Diese wurden statistisch ausgewertet, so dass der stofflichen Belastung Häufigkeiten und Dauern zugewiesen werden können (s. Abbildung 4).

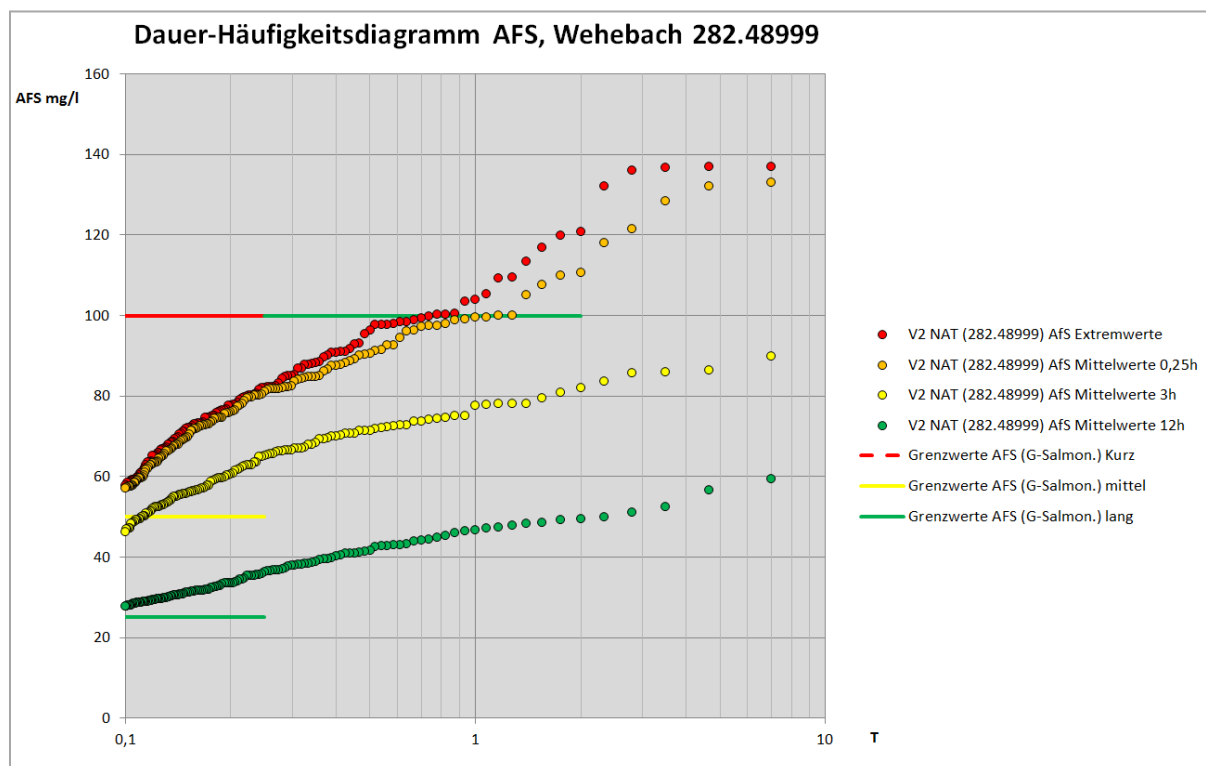


Abbildung 4: Muster für die Auswertung in Dauer-Häufigkeitsdiagrammen

Die detaillierte modelltechnische Abbildung ermöglicht es, die Wirksamkeit möglicher Maßnahmen wie den Bau von Regenrückhalte- und Retentionsbodenfilterbecken hinsichtlich der stofflichen Belastung zu untersuchen.

Ableitung von Synergieeffekten am Beispiel des Morsbach

Im Rahmen des Forschungsvorhabens „Vergleich detaillierter Nachweisverfahren nach BWK-M3 (hydrologisch-hydraulisch-biologisch) für das Morsbacheinzugsgebiet“ (Böcker et al., 2009) unter Federführung des Wupperverbands wurden die im Merkblatt vorgeschlagenen detaillierten Nachweismethoden bzgl. Aufwand und Nutzen dem vereinfachten Verfahren gegenübergestellt und untereinander verglichen. Ein Bestandteil des Projektes war die modelltechnische Überprüfung der hydraulischen Belastung des Morsbachs und der

Nebengewässer durch rund 220 öffentliche und private Einleitungsstellen nach BWK-M7 (vgl. Sobolewski, D.; Mittelstädt, R., 2009).

Im Istzustand bildet das Modell ca. 990 ha versiegelte Fläche und 60 urbane Entwässerungsbauwerke ab. Die Entwässerung von Remscheid, Wuppertal Cronenberg und der umliegenden kleinen Ortschaften erfolgt im Trennverfahren. Die Orte Ronsdorf, Lüttringhausen, Remscheid, Überfeld und Solingen sind an eine Mischkanalisation angeschlossen.

Mit Hilfe eines hydraulischen Modells wurde die Leistungsfähigkeit des Gewässers ermittelt und der hydraulische Nachweis (Schubspannungsnachweis) geführt. Mit dem hydrologischen Modell für das Einzugsgebiet des Morsbachs einschließlich der kanalisierten Einzugsgebiete der Kläranlage erfolgten Langzeitsimulationen für den Istzustand, den Prognosezustand und Optimierungsvarianten. Zusammengefasst machte die Modellierung deutlich, dass die Grenzwerte auf fast 50% der gesamten Gewässerlänge sowohl im Istzustand als auch im Prognosezustand überschritten werden (vgl. Abbildung 5).

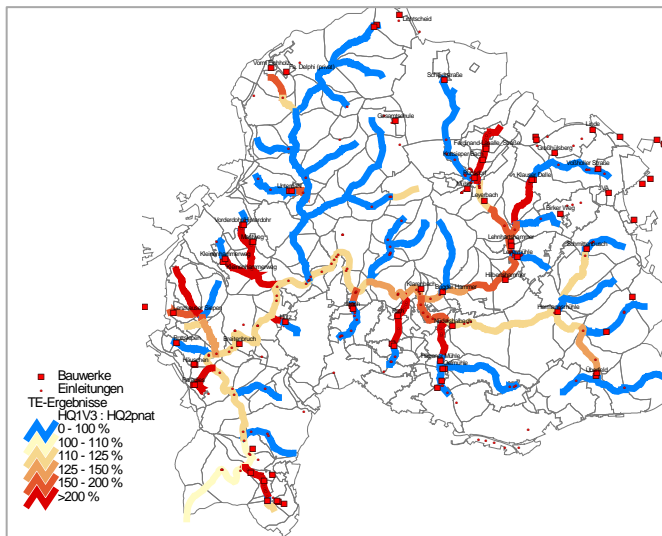


Abbildung 5: Hydrologischer Nachweis; Vergleich Prognose-/pnat-Zustand

Zunächst war in einer sogenannten Maximalvariante des Prognosezustands vorgegeben, dass der potenziell naturnahe Abfluss HQ2,pnat an allen Gewässern mithilfe von Retentionsmaßnahmen strikt einzuhalten war. Hierfür wurden die vorhandenen Bauwerke optimiert und ggf. erweitert. Bei ungedrosselten Einleitungen wurden neue Bauwerke vorgesehen und dimensioniert. Das vorhandene Rückhaltevolumen in der Stadtentwässerung müsste um zusätzlich ca. 50 % erweitert werden. Um diesen starken Volumenbedarf zu reduzieren, wurden für einige Gewässer bzw. Gewässerabschnitte morphologische Verbesserungen angenommen. Damit konnte ein verbessertes Ausuferungspotenzial und höheres Wiederbesiedlungspotenzial berücksichtigt werden, sodass der Bedarf an zusätzlichem Rückhaltevolumen auf ca. 10 % zurückging.

Aufbauend auf diesen Ergebnissen erarbeitete Hydrotec in Zusammenarbeit mit dem Planungsbüro Koenzen in einem Folgeprojekt für den Morsbach ein Konzept zur naturnahen Entwicklung von Fließgewässern (KNEF) (Hatzfeld, F.; Scheibel, M.; Sobolewski, D., 2014). Die durchführbaren Maßnahmen wurden daraufhin bewertet, in welchem Maße sie zur Erreichung des Zieles "Guter ökologischer Zustand" unter Berücksichtigung des Strahlwirkungsprinzips beitragen. Um der Vereinbarkeit von Hochwasserschutz und Gewässerökologie gerecht zu werden, wurden parallel Vorschläge formuliert, wie die Gewässer hinsichtlich ihrer Retentionsmöglichkeiten bei Hochwassern unterschiedlicher Jährlichkeit weiterentwickelt werden können.

Ziel des Folgeprojekts war es, aus dem Spektrum der möglichen Maßnahmen diejenigen herauszufiltern, zu bewerten und zu priorisieren, die diesbezüglich einen hohen Synergieeffekt aufweisen. Für die im Einzugsgebiet vorkommenden Fließgewässertypen entwickelte das Büro Koenzen mehrere leitbildgerechte Profilquerschnitte. Durch eine Analyse mit 1D- und 2D-Verfahren ergänzt durch GIS-Bearbeitungen ermittelte Hydrotec potentielle Retentionsflächen. Aus 17 als geeignet herausgefilterten Retentionsflächen und 13 im KNEF positiv bewerteten Gewässerabschnitten wurden 14 Schwerpunktbereiche gebildet.

Hydraulische und hydrologische Modellsimulationen ermöglichten es, die Veränderungen im Vergleich zum derzeitigen Zustand zu ermitteln und zu bewerten. Dabei wurden die Aspekte Fließgeschwindigkeit,

Sohlschubspannung, Wasserspiegellagen, Rückhaltewirkung, Scheitelabflussreduzierung, Schadens- und Risikoreduzierung und Kosten untersucht.

Die Ergebnisse aller Analysen zu den Schwerpunktbereichen wurden in einer Matrix zusammengestellt und bewertet. Steckbriefe mit den Kenndaten der potenziellen Maßnahmen, den Analyseergebnissen und einer abschließenden Bewertung fassen die Ergebnisse zusammen und veranschaulichen sie (Abbildung 6).

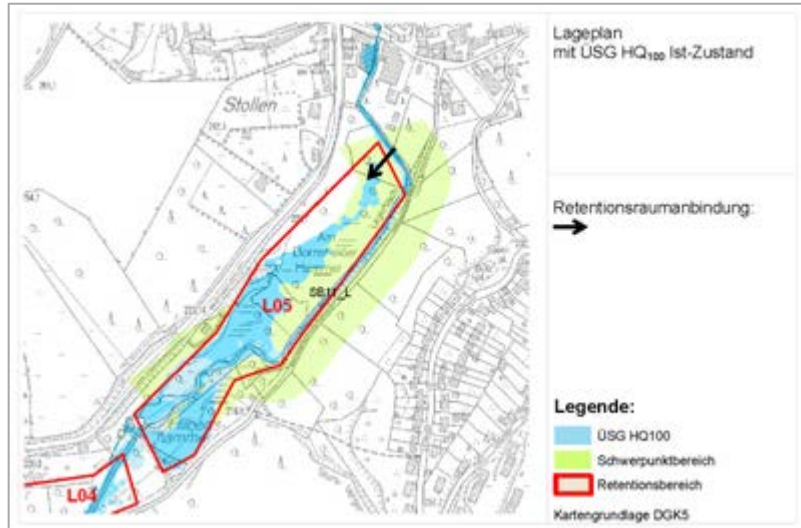


Abbildung 6: Kartografische Darstellung im Steckbrief eines Schwerpunktbereichs

Fazit

Der kombinierte Einsatz des hydrologischen Modells NASIM und des 1D-Hydraulik-Modells Jabron mit ihren GIS-Erweiterungen, ermöglicht eine effektive Führung des detaillierten Einleitungsnachweises nach BWK-M3 und BWK-M7. Zusätzlich wurde mit der Kopplung mit dem Programmsystem SOBEK/1D-Water Quality eine Methodik entwickelt, die Gewässergütemodellierung für die Berechnung von Immissionsbelastungen mit einzubeziehen.

Mit der Abbildung des Niederschlagsverhaltens, der Wellenüberlagerung, der Retentionswirkungen im Gewässer und der parallelen Modellierung von dynamischen Abflüssen aus der Stadtentwässerung und natürlichen Einzugsgebieten wird das tatsächliche Abflussgeschehen im Einzugsgebiet berücksichtigt. Sowohl für den hydrologischen und den hydraulischen als auch für den stofflichen Nachweis steht damit eine ausreichende Anzahl unabhängiger Störereignisse für die statistische Auswertung der Berechnungsergebnisse zur Verfügung.

Die modelltechnische Nachweisführung mit Hilfe eines differenzierten hydrologischen Modells ermöglicht es den nachweispflichtigen Einleitern und den bearbeitenden Ingenieurbüros die einzugsgebietspezifischen Eigenschaften und Systemzustände leicht nachzuvollziehen. Auswirkungen eventueller Maßnahmen können unmittelbar und ortsspezifisch bewertet und untersucht werden.

Zudem können wie gezeigt wasserwirtschaftliche Auswirkungen unterschiedlicher Nutzungsansprüche mit den gleichen Modellen bearbeitet werden. Synergieeffekte oder Konfliktpotenziale von Maßnahmen aus der EU-WRRL und z. B. dem Hochwasserschutz können so einfach erkannt und bereits in der Planungsphase untersucht werden. Die Erfahrung zeigt, dass die detaillierte Abbildung von z. B. Beckensteuerung, Renaturierungsmaßnahmen oder Reaktivierung vorhandener Volumina i. d. R. zu geringeren erforderlichen Rückhaltevolumina im Kanalnetz führen.

Literatur

- Böcker, K.; Scheibel, M.; Hobus, I.; Halle, M.; Mittelstädt, R.; Sobolewski, D. (2009): Vergleich detaillierter Nachweisverfahren nach BWK-Merkblatt 3 (hydrologisch-hydraulisch-biologisch) für das Morsbacheinzugsgebiet: Abschlussbericht. In Gewässerschutz – Wasser – Abwasser, Band 216, Aachen, 2009, S. 7/1-7/51
- BWK, (2007): Ableitung von immissionsorientierten Anforderungen an Misch- und Niederschlagswassereinleitungen unter Berücksichtigung örtlicher Verhältnisse – Merkblatt BWK-M3, BWK e.V. Sindelfingen, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart
- BWK, (2008): Detaillierte Nachweisführung immissionsorientierter Anforderungen an Misch- und Regenwassereinleitungen gemäß BWK-Merkblatt 3 - Merkblatt BWK-M7, BWK e.V. Sindelfingen, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart
- Demny, G.; Dorp, M.; Trübger, E.-R. (2014): Langzeitgütesimulation für potenzielle Lachslaichgewässer. In: Stamm, J. ; Graw, K.-U. (Hrsg.): Simulationsverfahren und Modelle für Wasserbau und Wasserwirtschaft. 37. Dresdner Wasserbaukolloquium 2014. Dresden, 13. /14. März 2014 (Dresdner Wasserbauliche Mitteilungen 50), S. 343 - 352
- Hatzfeld, F.; Scheibel, M.; Sobolewski, D. (2014): KNEF++. Konzept zur naturnahen Entwicklung von Fließgewässern im Einklang mit Maßnahmen für den Hochwasserschutz. In: Korrespondenz Wasserwirtschaft (2014), Nr. 4, S. 218 - 222
- Sobolewski, D.; Mittelstädt, R. (2009): Die Nachweisverfahren nach BWK-Merkblatt 7 - Vergleich und Bewertung für das Morsbacheinzugsgebiet. In: Hydrothemen (2009), Nr. 16, S. 6 - 7