Fachhochschule
Münster University of
Applied Sciences

# GIS-gestützte Beurteilung der hydraulischen Belastung von Fließgewässern durch Niederschlagswassereinleitungen Projektphase I

- Abschlussbericht -

Aktenzeichen
IV – 9 – 042 258

Im Auftrag des Ministeriums für
Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des
Landes Nordrhein-Westfalen

**November 2006**

Fachbereich Bauingenieurwesen
Prof. Dr.-Ing. M. Uhl
Corrensstraße 25
48149 Münster

Labor für
Wasserbau und
Wasserwirtschaft

**Projektbearbeitung**

Prof. Dr.-Ing. M. Uhl
Dipl.-Biol. Reiner Borchert
Dipl.-Ing. (FH) C. Schröer
Fachhochschule Münster

Dipl.-Ing. (FH) T. Kaup
Dr.-Ing. U. Kasting
Ingenieurgesellschaft für Stadthydrologie mbH, Hannover

Münster, 23.11.2006

---

Ort, Datum

---

Prof. Dr.-Ing. M. Uhl

Inhalt

1 Einleitung ... 1

2 Grundlagen ... 2
2.1 Ansätze zur Bewertung von Niederschlagswassereinleitungen ... 2
2.1.1 „Main-Projekt“ ... 2
2.1.2 ATV-DVWK-M 153 ... 4
2.1.3 BWK-M3, vereinfachter Nachweis ... 6
2.1.4 Leitfaden Hessen ... 7
2.1.5 LANU Merkblatt M-2 ... 7
2.1.6 Leitfaden zur detaillierten Nachweisführung gemäß BWK-M 3 ... 8
2.1.7 Folgerungen und Konzept für die Bewertungsmethodik ... 8
2.2 Regionalisierungsverfahren zur Bestimmung von Hochwasserkennwerten ... 11
2.2.1 Ansatz Bergisch-Rheinischer-Wasserverband in NRW ... 11
2.2.2 Ansatz Ruhr-Universität Bochum für NRW ... 12
2.2.3 Erkenntnisse von Regionalisierungsansätzen außerhalb von NRW ... 13
2.2.4 Folgerungen für die Bewertungsmethodik ... 15

3 Bewertungsmethodik ... 17
3.1 Einleitungsabflüsse ... 17
3.1.1 Versiegelte Flächen ... 17
3.1.2 Regenbecken (REBEKA) ... 21
3.1.3 Kläranlagen und Direkteinleiter ... 22
3.1.4 Regenspenden ... 24
3.1.5 Berechnung der Einleitungsabflüsse ... 25
3.2 Nachweisraum (geschlossenes Siedlungsgebiet) ... 26
3.3 Signifikanzkriterium ... 28
3.4 Ermittlung der oberen Einzugsgebiete ... 29
3.5 Ergebnisdarstellung ... 30
3.6 Umgang mit Datenlücken ... 31
3.7 Neue GIS-Tools ... 31
3.7.1 Veranlassung ... 31
3.7.2 Gewässerabschnitte ... 32
3.7.3 Abgrenzung von Teileinzugsgebieten ... 32
3.7.4 Weitere Auswertungen ... 33
3.7.5 Kurzbeschreibung der Makros ... 33

4 Methodenanwendung ... 37
4.1 Beispielgebiet Rotbach ... 37
4.1.1 Gewässerabschnitte und Teileinzugsgebiete ... 38
4.1.2 Zuordnung von Regenspenden ... 38
4.1.3 Aufbereitung der REBEKA-Daten ... 38
4.1.4 Aufbereitung der NIKLAS-KOM Daten ... 40
4.1.5 Aufbereitung der NIKLAS-IGL Daten ... 41
4.1.6 Ermittlung der Trenngebiets- und Straßenflächen ohne Behandlungsanlagen und deren Einleitungsabflüsse ... 41
4.1.7 Ermittlung geschlossener Siedlungsgebiete ... 43
4.1.8 Ermittlung der hydraulischen Belastung ... 44
4.1.9 Ergebnisdarstellung und Aggregation zu Wasserkörpern nach der WRRL ... 46
4.1.10 Schlussfolgerungen für die Bewertungsmethodik ... 48
4.2 Beispielgebiet Eschbach ... 49
4.2.1 Gewässerabschnitte und Teileinzugsgebiete ... 52
4.2.2 Zuordnung von Regenspenden ... 52
4.2.3 Aufbereitung der REBEKA-Daten ... 52

4.2.4 Aufbereitung der NIKLAS-KOM Daten ..... 57
4.2.5 Aufbereitung der NIKLAS-IGL Daten ..... 57
4.2.6 Ermittlung der Trenngebiets- und Straßenflächen ohne Behandlungsanlagen und deren Einleitungsabflüsse ..... 58
4.2.7 Ermittlung geschlossener Siedlungsgebiete ..... 59
4.2.8 Ermittlung der hydraulischen Belastung ..... 60
4.2.9 Ergebnisdarstellung und Aggregation zu Wasserkörpern nach der WRRL ..... 62
4.2.10 Schlussfolgerungen für die Bewertungsmethodik ..... 64

5 Zusammenfassung ..... 65

Anlagenverzeichnis

Anlage 2.1 Besprechungsprotokolle
Anlage 3.1 Bewertungsmethodik GISBREIN
Anlage 3.2 Straßenflächen im Einzugsgebiet der Nette und des Wahnbachs
Anlage 4.1 Übersichtsplan Gewässerabschnitte - Testgebiet Rotbach
Anlage 4.2 Ergebnisse der ATKIS-Verschneidungen bei Verwendung korrigierter Flächendaten – Testgebiet Rotbach
Anlage 4.3 Hydraulische Bewertung der N-Einleitungen –Testgebiet Rotbach
Anlage 4.4 Übersichtsplan Gewässerabschnitte - Testgebiet Eschbach
Anlage 4.5 Ergebnisse der ATKIS-Verschneidungen bei Verwendung korrigierter REBEKA-Daten – Testgebiet Eschbach
Anlage 4.6 Hydraulische Bewertung der N-Einleitungen – Testgebiet Eschbach
Anlage 4.7 Ergebnisdarstellung mit korrigierten REBEKA-Daten – Testgebiet Eschbach

# 1 Einleitung

Im Zuge der Umsetzung der EG Wasserrahmenrichtlinie (EG-WRRL) nehmen durch Niederschlagswassereinleitungen hydraulisch überprägte Gewässerabschnitte eine besondere Stellung ein. Die hydraulische Belastung stellt dort eine potenzielle Gefährdung des anvisierten guten ökologischen Zustandes dar. Daher ist es erforderlich, die potenziell betroffenen Bereiche in Nordrhein-Westfalen landesweit zu identifizieren, um dort mit gezielten Maßnahmen ansetzen zu können. Nordrhein-Westfalen verfügt auf Grund seiner Siedlungsstruktur über eine große Anzahl von Einleitungen durch Niederschlagswasser. Somit fällt diesem Aspekt bei der Umsetzung der EG-WRRL eine besondere Bedeutung zu.

Zurzeit erfolgt in Nordrhein-Westfalen eine Beurteilung der hydraulischen Belastung durch Niederschlagswassereinleitungen im Rahmen einer Immissionsbetrachtung nach der Methodik des BWK-Merkblatts 3 als Einzelfallbetrachtung für zusammenhängende Gewässerabschnitte. Eine flächendeckende Einschätzung der Belastung des hydrologischen Regimes ist mit diesem Verfahren kurzfristig nicht realisierbar. Zur Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie ist es erforderlich, Gewässer bzw. deren Teileinzugsgebiete, die von solchen Belastungen betroffen sind, im Sinne einer Gefährdungsabschätzung auszuweisen, um eine adäquate Maßnahmenplanung umzusetzen.

Daher soll eine GIS-gestützte Beuteilung der hydraulischen Belastung von Fließgewässern durch Niederschlagswassereinleitungen in NRW durchgeführt werden. Dazu ist eine Methodik zu entwickeln, die sich an der Datenverfügbarkeit und der Automatisierbarkeit orientiert.

Für die Erstellung der Bewertungsmethodik werden zunächst vorhandene Bewertungsansätze für die Beurteilung der hydraulischen Belastung von Gewässern (Abschnitt 2.1) und Ansätze für Regionalisierungsverfahren zur Bestimmung von Hochwasserkennwerten (Abschnitt 2.2) auf ihre Anwendbarkeit hin untersucht. Aufbauend auf dieser Untersuchung wird die Bewertungsmethodik (Kapitel 3) in einem iterativen Prozess entwickelt und auf die Testgebiete (Kapitel 4) angewendet. Für die Umsetzung der im Projekt entwickelten Bewertungsmethodik wurde die weit verbreitete GIS-Plattform ArcGIS 9.1 der Firma ESRI verwendet.

Die notwendigen Iterationsschritte für die Bewertungsmethodik ergeben sich zum einen aus der Überprüfung der Programmierbarkeit von Berechnungsalgorithmen und den Anwendungen auf die Testgebiete. Einzelne Iterationsschritte der Methodik sind in diesem Bericht nicht mit dargestellt.

# 2 Grundlagen

## 2.1 Ansätze zur Bewertung von Niederschlagswassereinleitungen

Nachfolgend wird eine Übersicht über bisherige Ansätze zur Bewertung von Niederschlagswassereinleitungen gegeben. Die Übersicht beschränkt sich dabei auf die wesentlichen Inhalte, die im Zusammenhang mit diesem Projekt von Bedeutung sind.

In der Übersicht wird zunächst auf ein Projekt eingegangen („Main-Projekt“) bei dem eine Bewertung von Niederschlagswassereinleitungen mit GIS-Methoden erfolgt ist.

Die Folgerungen aus den bisherigen Ansätzen für die Bewertungsmethodik werden in Abschnitt 2.1.7 aufgeführt.

### 2.1.1 „Main-Projekt“

Für die Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie wurde ein Verfahren entwickelt (MIGGE/WALTER 2003), um die hydraulische Belastung durch Misch- und Regenwassereinleitungen in Fließgewässern mit den verfügbaren Daten und üblichen GIS-Methoden zu bewerten. Das Verfahren beruht auf folgenden Annahmen:

*Bezugsraum:*

Für das Verfahren ist zunächst eine Abgrenzung des zusammenhängenden Wirkungsgebietes (Bezugsraum) erforderlich. Dies ist der Bereich eines Fließgewässers, an dessen Grenzen der hydraulische Stress durch Misch- und Regenwassereinleitungen abgebaut ist und keine Überlagerung mit ober- oder unterhalb liegenden Einleitungen auftritt.

Nach MIGGE/WALTER (2003) liegt für diese Abgrenzung jedoch noch „kein ingenieurtechnisch gut handhabbares, wissenschaftlich abgesichertes Abgrenzungskriterium“ vor. Daher werden aus „pragmatischen“ Gründen pauschale Bezugsräume mit einer Größe von 10 bis 50 $km^2$ angesetzt, die im Wesentlichen auf Einzugsgebietsgrenzen gemäß der jeweiligen gewässerkundlichen Flächenverzeichnisse der Länder beruhen.

*Signifikanzkriterium:*

Von den beteiligten Bundesländern (Baden-Württemberg, Bayern und Hessen) wird eine hydraulische Gewässerbelastung durch den Einleitungsabfluss ($Q_{ein}$) als signifikant eingestuft, wenn folgendes Signifikanzkriterium erfüllt ist:

$$Q_{ein} > HQ_1$$

Da die $HQ_1$-Werte in den einzelnen Bundesländern jedoch nicht flächendeckend verfügbar sind, werden die in Tabelle 2.1 aufgeführten Vereinfachungen zur Ermittlung der $HQ_1$-Werte genutzt, die unterschiedlich für die einzelnen Bundesländer sind.

Tabelle 2.1 Signifikanzkriterien der Länder Baden-Württemberg, Bayern, Hessen (MIGGE/WALTER 2003)

| Land | Signifikanzkriterium |
|---|---|
| Baden-Württemberg | $Q_{ein} > HQ_1 = 0{,}8 \cdot HQ_2$ |
| Bayern [2)] | $Q_{ein} > HQ_1 = 10 \cdot MQ$ |
| Hessen | $A_u/A_E > 1$ ha/km² [1)] |

1) Es gilt auch $Q_{ein} > HQ_1$, wobei als Hochwasserspende $Hq_1$ 1,0 l/(s·ha) und als Regenspende $r_{15,1}$ = 100 l/(s·ha) angesetzt wird und sich das Signifikanzkriterium damit entsprechend vereinfacht.

2) Das Signifikanzkriterium ergibt sich aus einem vereinfachten Ansatz des M 153 (ATV-DVWK (2000). Vereinfachend wird dabei von einem hohen Erosionswiderstand der Gewässersedimente ausgegangen.

Das gewählte Signifikanzkriterium verwendet somit als einzuhaltende Bezugsgröße das vorhandene jährliche Hochwasser. Aufgrund der Datenlage in Bayern und Baden-Württemberg können lokale Gebietscharakteristiken berücksichtigt werden, da eine räumliche Verteilung der $HQ_2$- bzw. der MQ-Werte vorliegt.

Das Signifikanzkriterium geht damit davon aus, dass die Spitzen der Regenwassereinleitungen voreilen und sich daher nicht mit den Hochwasserspitzen aus dem natürlichen Einzugsgebiet überlagern.

*Ermittlung der Einleitungsmengen*

Die Ermittlung der vorhandenen hydraulischen Belastung erfolgt durch folgenden Ansatz für den Einleitungsabfluss $Q_{Ein}$. Die Siedlungsfläche wird dabei aus den GIS-Daten der CORINE-Landcover oder ATKIS ermittelt.

$$Q_{ein} = A_{Siedl} \cdot \psi \cdot r_{15,1}$$

mit: $A_{Siedl}$ = Siedlungsfläche [ha]
$\psi$ = Abflussbeiwert (pauschal $\psi$ = 0,3)
$r_{15,1}$ = Niederschlagsspende $r_{15,1}$=100 l/(s·ha)

*Fazit:*

Es zeigt sich, dass der Ansatz aus dem „Main-Projekt“ starke Vereinfachungen beinhaltet. So weisen schon MIGGE/WALTER (2003) auf folgende Problempunkte hin:

- Die Abgrenzung des Bezugsraums insbesondere bei den dicht besiedelten Gebieten in Hessen ist problematisch.
- Die unterschiedliche Ermittlung des $HQ_1$-Wertes führt bei Vergleichsgebieten zu einer unterschiedlichen Ausweisung von signifikanten Gewässerbelastungen.
- Regenwasserüberleitungen aus Einzugsgebieten können mit dem Verfahren nicht berücksichtigt werden.

Zusätzlich ist noch auf folgende Konsequenzen der Vereinfachungen einzugehen:

- *Bezugsraum:* Mit dem Vorgehen kann keine Betrachtung von kleinräumigen Einheiten stattfinden. Insbesondere kleine Gewässer, die sich innerhalb der Basiseinzugsgebiete befinden, werden nicht gesondert betrachtet und bewertet. Damit können nur summarische Aussagen bezüglich der hydraulischen Belastung für das gesamte Basiseinzugsgebiet getroffen werden. Belastungen aus oberhalb liegenden Gebieten können durch das Verfahren nicht berücksichtigt werden.
- *Signifikanzkriterium*: Bei den Daten zur Ermittlung der Hochwasserkennwerte ist für die Beispiele in Baden-Württemberg und Bayern zu berücksichtigen, dass sich die Daten nicht auf das natürliche Abflussgeschehen beziehen. Daher wird durch stark anthropogene Beeinflussung der einjährliche Abfluss erhöht, wodurch bei der Nachweisführung ein höherer Einleitungsabfluss zulässig ist.
  Für das Beispiel in Hessen werden noch stärkere Vereinfachungen durch den pauschalen Ansatzes für die Hochwasserspende getroffen. Damit kann die lokale Gebietscharakteristik nicht berücksichtigt werden. Der bekannte Zusammenhang, dass größere Einzugsgebiete kleinere Hochwasserspenden aufweisen, geht damit verloren.
- *Ermittlung der Einleitungsmengen:* Das Vorgehen berücksichtigt keine örtlichen Niederschlagsverhältnisse und Versieglungsgrade. Weiterhin werden Retentionsbauwerke, die zu einer Dämpfung des Einleitungsabflusses beitragen, nicht berücksichtigt.
  Unabhängig von den Siedlungsgrößen wird die 15-minütige Regenspende angesetzt. Bei kleinen, steilen Einzugsgebieten wird der Einleitungsabfluss damit unter- und bei großen flachen Einzugsgebieten überschätzt.

### 2.1.2 ATV-DVWK-M 153

Im Merkblatt ATV-DVWK-M 153 (ATV-DVWK 2000) ist für die Bewertung der hydraulischen Gewässerbelastung ein Verfahren aufgeführt, dass sich beim Signifikanzkriterium an der Erodierbarkeit der Gewässersedimente orientiert. Folgende Punkte kennzeichnen das Verfahren:

*Bezugsraum:*

Als Abgrenzungskriterium für den Bezugsraum gibt das Merkblatt ATV-DVWK-M 153 für Bäche (mittlere Wasserspiegelbreite < 5 m) einen Wert von etwa der 1.000 fachen mittleren Wasserspiegelbreite an. Einleitungen innerhalb dieses Bereiches werden zusammen berücksichtigt. Bei größeren Abständen zwischen den Einleitungsstellen ist nach ATV-DVWK-M 153 eine Überlagerung der Abflussspitzen aus weiter Unterstrom liegenden Einleitungen unwahrscheinlich. Für Flüsse ist kein Nachweis erforderlich.

Werden Regenabflüsse aus Siedlungen zwischengespeichert, so dass die Leerlaufzeiten der Retentionsbecken mehr als 30 Minuten betragen, so muss der erforderliche Abstand zu ggf. vorhandenen ober- bzw. unterhalb liegenden Einleitungen gesondert untersucht werden.

*Signifikanzkriterium:*

Der zulässige Einleitungsabfluss ($Q_{dr,max}$) wird in Abhängigkeit der Erodierbarkeit der Gewässersedimente und dem Mittelwasserabfluss nach folgender empirischer Gleichung festgelegt:

$Q_{dr,max} = e_w \cdot MQ \cdot 1000$ [l/s]

$e_w$ dimensionsloser Einleitungswert in Fließgewässern in Abhängigkeit von der Korngröße der Sedimente nach Tabelle 2.2

MQ Mittelwasserabfluss an der Einleitungsstelle [m³/s]

Tabelle 2.2 Einleitungswert $e_w$ in Abhängigkeit von der Korngröße ATV-DVWK-Merkblatt 153 (2000)

| Gewässersediment | Einleitungswert $e_w$ |
|---|---|
| überwiegend lehmig-sandig | 2 - 3 |
| kiesig (< faustgroß) | 4 - 5 |
| steinig (>faustgroß) | 6 - 7 |

Weiterhin wird nach dem Emissionsprinzip an jeder Einleitungsstelle der Einleitungsabfluss in Abhängigkeit vom Typ des Vorflutgewässers begrenzt auf Werte zwischen 15 – 240 l/(s·ha), wobei der Einleitungsabfluss in Flüsse und Teiche und Seen nicht begrenzt ist. Weitere Hinweise sind dem Merkblatt zu entnehmen.

MCHELBACH/MEIßNER (1999) weisen für die Einleitungswerte nach Tabelle 2.2 darauf hin, dass diese Werte an besondere regionale Anforderungen angepasst werden können. Dieses gilt insbesondere für Flachlandbäche, für die wenige Erfahrungen über die Auswirkung hydraulischer Belastungen vorliegen.

SCHAARDT/MEIßNER (2000) vergleichen das obige Signifikanzkriterium mit dem des Merkblatt BWK-M3. Für ein Beispielgebiet zeigt sich, dass bei dem Kriterium des Merkblatt ATV-DVWK-M 153 sich höhere zulässige Einleitungsmengen ergeben.

In einer Untersuchung aus Bayern (BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT 2004) wurde die Anwendung des Merkblatt ATV-DVWK-M 153 an zwölf typischen kleinen Bächen durch gewässerökologische Untersuchungen überprüft. Demnach lassen die Untersuchungsergebnisse vermuten, dass bei einer Verbesserung der ökologischen Funktionsfähigkeit eines Baches der zulässige Niederschlagsabfluss aus einer Siedlung über die Vorgaben des Merkblatt ATV-DVWK-M 153 hinaus bis zum 0,5-fachen des einjährlichen Hochwassers erhöht werden könnte.

### 2.1.3 BWK-M3, vereinfachter Nachweis

Im vereinfachten Verfahren nach Merkblatt BWK-M 3 (BWK 2001) wird neben stofflichen Parametern auch die Einhaltung der hydraulischen Belastung überprüft. Die hydraulischen Anforderungen gelten als erfüllt, wenn der jährlich einmal überschrittene potenziell naturnahe Hochwasserabfluss ($HQ_{1,pnat}$) im Gewässer durch niederschlagsbedingte Einleitungen maximal um einen bestimmten Betrag (i. d. R. 10%) erhöht wird.

Werden diese Anforderungen nicht eingehalten, so werden orstsspezifische Maßnahmen notwendig. Alternativ kann zuvor jedoch auch eine genauere Erhebung ortsspezifischer Grundlagendaten vorgenommen oder ein detailliertes Nachweisverfahren angewendet werden.

Der hydraulische Nachweis gliedert sich in folgende Punkte:

- *Festlegung des Bezugsraums* (geschlossenes Siedlungsgebiet): Die Emissionen aus einem geschlossenen Siedlungsgebiet belasten gemeinsam das Gewässer. Erfolgt im Einflussbereich keine weitere Einleitung, endet das geschlossene Siedlungsgebiet. Eine exakte Abgrenzung des Einflussbereiches ist nach Merkblatt BWK-M 3 zurzeit nicht möglich. Für die Abschätzung des stofflichen Einflussbereiches ist im Merkblatt eine Hilfsgröße in Abhängigkeit von der mittleren Tiefe und der mittleren Fließgeschwindigkeit (bei MNQ) angegeben, die zwischen < 1,6 – 4,8 km liegt.
- *Ermittlung des $HQ_{1,pnat}$:* Es erfolgt eine Ermittlung der potenziell naturnahen jährlichen Hochwasserspende (aus Pegelaufzeichnungen, aus N-A-Simulationen bzw. mit Hüllkurven aus dem Merkblatt BWK-M 3, Anhang 4) und eine Ermittlung des oberirdischen Einzugsgebietes bis zum Ende des geschlossenen Siedlungsgebietes.
- *Ermittlung des Einleitungsabflusses:* (aus Kanalnetzberechnung)
- *Signifikanzkriterium*: Nachweis der Zulässigkeit der hydraulischen Belastung

$$Q_{E1,zul} < 1{,}0 \cdot Hq_{1,pnat} \cdot \frac{A_{red}}{100} + x \cdot Hq_{1,pnat} \cdot A_{Eo} \quad \text{[l/s]}$$

mit

$Hq_{1,pnat}$: potenziell naturnahe jährliche Hochwasserspende [l/(s*km²)]

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

$A_{Eo}$: oberirdisches Einzugsgebiet des Gewässers [km²]

$Q_{E1,zul}$: zulässiger kritischer jährlicher Einleitungsabfluss [l/s]

x: Multiplikationsfaktor für die zulässige Abflusserhöhung für anthropogene Einflüsse, in der Regel 0,1
(der Wert spiegelt den Faktor wieder, um den der einjährliche Abfluss durch den zweijährlichen Abfluss überschritten wird. Dieser Wert kann nach BWK-M 3 regional differenziert werden)

Der Nachweis ist für jedes durch Niederschlagswassereinleitungen belastetet Gewässer zu führen. Mündet im Einflussbereich ein Gewässer, so erfolgt der Nachweis zusätzlich für beide Gewässer an der letzten Einleitungsstelle vor dem Zusammenfluss unter Berücksichtigung des geschlossenen Siedlungsgebietes.

### 2.1.4 Leitfaden Hessen

In Hessen wurde eine Handlungsanleitung „Leitfaden für das Erkennen ökologisch kritischer Gewässerbelastungen durch Abwassereinleitungen“ erarbeitet (HMULV 2004a), die weitestgehend auf dem vereinfachten Nachweis nach Merkblatt BWK-M 3 aufbaut.

Nach HMULV (2004b) liegt eine regionalisierte Modellierung für eine potenziell naturnahe Hochwasserspende in Hessen noch nicht vor. Daher werden detaillierte Empfehlungen zur Wahl der Hochwasserspende aus den Hüllkurven und dem X-Faktor gegeben. U.a. in folgenden Punkten sind Unterschiede zum Merkblatt BWK-M 3 gegeben:

- Ein rechnerischer Nachweis der hydraulischen Belastung kann entfallen, wenn das Verhältnis von $A_u/A_{Eo}$ = 0,01 ist und ein Gefälle des Gewässers im Bereich zwischen der Quelle bis Ende des Einflussbereiches von 1 % überschritten wird.
- Für den sog. „X“-Faktor wird eine Empfehlung gegeben, diesen in Abhängigkeit von der Gewässerlandschaft zwischen 0,1 und 0,3 zu wählen.
- Nach Merkblatt BWK-M 3 liegen Gebiete mit großer Gewässernetzdichte, hoher Landnutzung und kleinen Fließgewässerlängen am oberen Rand der angegebenen Hüllkurven, während überwiegend bewaldete Gebiete mit geringer Gewässernetzdichte und gestrecktem Verlauf am unteren Rand der angegebenen Hüllkurven liegen. Dieser Zusammenhang wird in dem Leitfaden genutzt, um in Abhängigkeit von der Gewässerlandschaft eine Empfehlung zu geben, ob der obere, mittlere oder untere Bereich der Hüllkurven des Merkblatt BWK-M 3 (Anhang 4) gewählt werden soll.

### 2.1.5 LANU Merkblatt M-2

In Schleswig-Holstein erfolgt die Bewertung der Niederschlagswassereinleitungen nach LANU Merkblatt M-2 (LANU 2002). Dabei sind für jede Einleitungsstelle folgende Nachweise zu erbringen:

- *Begrenzung auf bordvollen Abfluss*: Es ist für den einjährlichen Abfluss nachzuweisen, dass der bordvolle Abfluss bei sommerlichen Starkregen nicht überschritten wird. Dazu wird zunächst der bordvolle Abfluss berechnet, wozu ein Aufmaß der Gerinnegeometrie und der Wasserspiegellage mindestens bis 100 m unterhalb der Einleitungsstelle erfolgen muss. Die zulässige Einleitungsmenge ergibt sich aus Differenz zwischen Mittelwasserabfluss und bordvollem Abfluss ($Q_{bv}$).
- *Begrenzung des Abflusses zur Vermeidung von Erosion*: Dazu ist die Beschaffenheit von Böschung und Sohle des Gewässers bis mindestens 100 m unterhalb der Einleitungsstelle festzustellen und der kritische Abfluss zu ermitteln, bei dem es zu einer Erosion kommt. Die zulässige Einleitungsmenge (Häufigkeit des Einleitungsabflusses wird dabei in Abhängigkeit von der ökologischen Bedeutung des Gewässers gewählt, n = 0,5 – 2) ergibt sich aus Differenz zwischen Mittelwasserabfluss und Erosionsabfluss ($Q_e$).

Nähere Angaben sind (LANU 2002) zu entnehmen.

Aufgrund der detailliert zu ermittelnden Daten für die Gerinnegeometrie und die genannten Wasserstände, die für NRW nicht flächendeckend vorliegen, ist dieses Verfahren für die Bewertungsmethodik nicht anwendbar.

### 2.1.6 Leitfaden zur detaillierten Nachweisführung gemäß BWK-M 3

Der Leitfaden zur detaillierten Nachweisführung gemäß BWK-M 3 (BWK 2006) dient als Ergänzung zum Merkblatt BWK-M 3. Weist das Signifikanzkriterium für den vereinfachten hydraulischen Nachweis eine Einleitung als kritisch aus, kann der detaillierte Nachweis geführt werden, um eine detaillierte Bewertung der Einleitung aus immissionsorientierter Sicht zu führen (hydrologischer Nachweis bzw. hydraulischer Nachweis). Die Verträglichkeit der Einleitung kann damit ggf. belegt werden.

Die Sicherheiten bei der vereinfachten Nachweisführung werden bei der detaillierten Nachweisführung verringert, was mit einer deutlich aufwändigeren Nachweisführung verbunden ist. Für die Bewertungsmethodik, dessen Ziel eine vereinfachte Beurteilung für ganz NRW ist, kommt eine detaillierte Nachweisführung nicht in Frage, weshalb an dieser Stelle dieser Nachweis nicht weiter ausgeführt wird.

Wesentlich für die Bewertungsmethodik sind folgende Hinweise zur Abgrenzung des Nachweisraums (Bezugsraums), die nach BWK (2006) auch für das vereinfachte Verfahren angewendet werden können:

- $HQ_{1,Prognose} \leq 1{,}01\ HQ_{1,pnat}$
- $A_u/A_{E0} \leq 0{,}0075 + 0{,}025 \cdot (HQ_{2,pnat} / HQ_{1,pnat} - 1)$
- AE0 > 5.000 km²
- Stauwurzel einer Talsperre mit der Aufgabe der Abflussbewirtschaftung und einem spezifischen Speichervolumen > 200 m³/ha $A_u$

mit:

$HQ_{1,Prognose}$ Gewässerabfluss im Prognosezustand einschließlich niederschlagsbedingter Einleitungen im Wiederkehrintervall T = 1a in l/s

$HQ_{2,pnat}$ Gewässerabfluss im potenziell naturnahen Zustand mit dem Wiederkehrintervall T = 2a, der zu großflächigen Substratumlagerungen führt in l/s

$HQ_{1,pnat}$ Gewässerabfluss im potenziell naturnahen Zustand mit dem Wiederkehrintervall T = 1a in l/s

$A_u$ undurchlässige Fläche des kanalisierten Einzugsgebietes in km²

$A_{E0}$ natürliches Gewässereinzugsgebiet in km²

### 2.1.7 Folgerungen und Konzept für die Bewertungsmethodik

Die wesentlichen Inhalte der vorgenannten Ansätze werden in den Tabellen 2.3 – 2.5 gegenübergestellt. Unter Berücksichtigung der Datenverfügbarkeit für die Bewertungsmethodik werden dabei folgende Folgerungen für die Bewertungsmethodik gezogen:

*Bezugsraum:*

Tabelle2.3: Übersicht über die Bezugsraumdefinition der Bewertungsansätze

| Ansatz | Bezugsraum |
|---|---|
| „Main-Projekt“ | Einzugsgebiete 10 bis 50 $km^2$ |
| ATV-DVWK-M 153 | Bäche (B < 5 m): < 1.000 x mittlere Wasserspiegelbreite<br>Flüsse: ohne Begrenzung |
| BWK-M 3, vereinfachter Nachweis | Abgrenzungskriterium angelehnt an stofflichen Einflussbereich in Abhängigkeit der Fließtiefe und -geschwindigkeit bei MNQ:<br>< 1,6 – 4,8 km |
| Leitfaden Hessen | entspricht BWK-M 3, vereinfachter Nachweis |
| LANU Merkblatt M-2 | Abgrenzungskriterium in Abhängigkeit von $A_u/A_{EO}$ der oberstrom befindlichen befestigten Fläche:<br>Überlagern von Einleitungen bei $A_u/A_{EO}$ > 1% |
| Detaillierter Nachweis BWK-M 3 | Ende Bezugsraum ist nachzuweisen [1)] |

1) Nähere Angaben sind BWK (2006) zu entnehmen

Die pauschale Bezugsraumdefinition des „Main-Projektes“ wird für die Bewertungsmethodik als nicht sinnvoll erachtet, da eine Bewertung kleinerer Gewässer damit nicht möglich ist. Vielmehr sollte eine möglichst einleitungsscharfe Berücksichtigung von Einleitungen erfolgen, um auch kleine Gewässer bewerten zu können.

Auch das Abgrenzungskriterium des LANU Merkblatt ist als alleiniges Kriterium für NRW aufgrund der dortigen hohen Versieglung nicht sinnvoll einsetzbar. Das Kriterium sollte aber als ergänzendes Kriterium mit berücksichtigt werden, wie es auch der Detaillierte Nachweis nach BWK-M 3 vorsieht.

Die Bezugsraumdefinition des ATV-DVWK-M 153 bzw. des vereinfachten Nachweis Merkblatt BWK-M 3 können nur vereinfacht für die Bewertungsmethodik angewendet werden, da flächendeckende Daten in NRW für die Parameter (Gewässerbreite, Fließgeschwindigkeit) nicht vorliegen. Eine vereinfachte Bezugsraumdefinition ist aber notwendig, um eine Überlagerungen von Abflussspitzen von oberhalb bzw. unterhalb liegenden Einleitungen zu berücksichtigen.

*Signifikanzkriterium*

Tabelle 2.4: Übersicht über die Signifikanzkriterien der Bewertungsansätze

| Ansatz | Signifikanzkriterium |
|---|---|
| „Main-Projekt“ | $Q_{ein} > HQ_1$ |
| ATV-DVWK-M 153 | $Q_{ein} > e_w \cdot MQ \cdot 1000$ [1)] |
| BWK-M 3, vereinfachter Nachweis | $Q_{E1} > 1{,}0 \cdot Hq_{1,pnat} \cdot \frac{A_{red}}{100} + x \cdot Hq_{1,pnat} \cdot A_{Eo}$ |
| Leitfaden Hessen | entspricht BWK-M3, vereinfachter Nachweis |
| LANU Merkblatt M-2 | Begrenzung bordvolle Abfluss: $Q_{ein} > Q_{bv} - MQ$ oder<br>Begrenzung Erosion: $Q_{ein} > Q_e - MQ$ |
| Detaillierter Nachweis BWK-M 3 | hydrologisch: $HQ_{1bzw.2\,Prognose} > HQ_{2,pnat}$ oder<br>hydraulisch: Nachweis der kritischen Sohlschubspannung [2)] |

1) Einleitungswert $e_w$ in Abhängigkeit von der Korngröße der Gewässersedimente

2) Nähere Angaben sind BWK (2006) zu entnehmen

Es werden unterschiedliche Signifikanzkriterien für die Beurteilung von Niederschlagswassereinleitungen verwendet. Die Ansätze aus dem Main-Projekt und vereinfachter Nachweis BWK-M 3 sind hydrologisch orientiert, bei denen der Einleitungsabfluss aus der Siedlung mit einem definierten Gewässerabfluss an der Einleitungsstelle ins Verhältnis gesetzt wird. Die Ansätze des Merkblatts ATV-DVWK-M 153 und LANU Merkblatt M-2 sind hingegen hydraulisch orientiert. Beim M 153 erfolgt dies über die pauschale Einschätzung der Erodierbarkeit der Gewässersedimente. Beim LANU Merkblatt M-2 ist durch eine detaillierte hydraulische Berechnung der Nachweis zu erbringen.

Bei den Ansätzen „Main-Projekt“, ATV-DVWK-M 153 und LANU Merkblatt M-2 wird davon ausgegangen, dass der Einleitungsabfluss nicht zeitgleich auf einen Hochwasserabfluss im Gewässer trifft. Der Ansatz des Merkblatt-BWK-M3 geht für den vereinfachten Nachweis hingegen von einer Abflussüberlagerung zwischen Einleitungsabfluss und maßgebendem Hochwasserabflusses aus. Gegenüber dem „Main-Projekt“ ist direkt ersichtlich, dass das Kriterium des BWK-M 3, vereinfachter Nachweis, deutlich schärfer ist. Auch der Vergleich des BWK-M 3, vereinfachter Nachweis, mit dem ATV-DVWK-M 153 zeigt nach SCHAARDT/MEIßNER (2000), dass das Kriterium des BWK-M 3 schärfer ist.

Aufgrund der detailliert erforderlichen Datenbasis sind die Signifikanzkriterien des LANU Merkblatt M-2 und des detaillierten Nachweises nach BWK-M3 für die Bewertungsmethodik nicht geeignet.
Da das Signifikanzkriterium des vereinfachten Nachweises BWK-M 3 bei immissionsorientierten Nachweisen in NRW häufig angewendet wird, wird dieses Kriterium für die Bewertungsmethodik vorgeschlagen.

*Einleitungsabfluss:*

Tabelle 2.5: Übersicht über die Einleitungsabflussberechnung der Bewertungsansätze

| Ansatz | Einleitungsabfluss |
|---|---|

| | |
|---|---|
| „Main-Projekt“ | $Q_{ein} = A_{Siedl} \cdot \psi \cdot r_{15,1}$ |
| ATV-DVWK-M 153 | k.A. |
| BWK-M 3, vereinfachter Nachweis | $Q_{E1}$: aus Kanalnetzberechnung |
| Leitfaden Hessen | $Q_{E1}$: aus Schmutzfrachtberechnung |
| LANU Merkblatt M-2 | k.A. |
| Detaillierter Nachweis BWK-M 3 | Ganglinien aus Stadtentwässerungsmodell oder ggf aus Flussgebietsmodell |

Da flächendeckende Daten der Einleitungsabflüsse aus Kanalnetzberechnungen bzw. Schmutzfrachtnachweisen für NRW nicht vorliegen, muss eine Ermittlung dieser Abflüsse vereinfacht über einen üblichen Ansatz mit Regenspenden und das angeschlossene Einzugsgebiet erfolgen, wie er auch dem Ansatz vom „Main-Projekt“ zugrunde liegt.

## 2.2 Regionalisierungsverfahren zur Bestimmung von Hochwasserkennwerten

Bei den zuvor beschriebenen Signifikanzkriterien wird zur Bewertung in der Regel ein definierter Gewässerabfluss als Bezugsgröße herangezogen. Beim vereinfachten Nachweis des BWK-M 3 ist dies der potenziell naturnahe Hochwasserabfluss $HQ_{1,pnat}$ mit dem Wiederkehrintervall T=1a, der für die Bewertungsmethodik angesetzt werden soll.

Nachfolgend werden die Erkenntnisse von Regionalisierungsverfahren zur Bestimmung von Hochwasserkennwerten ausgewertet und in Abschnitt 2.2.4 auf die Anwendbarkeit für die Bewertungsmethodik hin untersucht.

### 2.2.1 Ansatz Bergisch-Rheinischer-Wasserverband in NRW

Zur Ermittlung des potenziell natürlichen jährlichen Abflusses in kleinen Einzugsgebieten entwickelten ROTHE et al. (2002) ein Regionalisierungsverfahren. Als Eingangsdaten in das System dienen Niederschlagsabfluss-Simulationen, die für einen Teil des Untersuchungsgebietes des Bergisch-Rheinischen-Wasserverbandes in NRW vorliegen. Zur Berechnung des potenziell natürlichen Abflusses werden in diesen Einzugsgebieten die versiegelten Flächen durch unversiegelte ersetzt. In bestimmten Abständen werden Regionalisierungspunkte an den Gewässern festgelegt. Zu jedem dieser Regionalisierungspunkte wird das zugehörige Einzugsgebiet berechnet und folgende Einzugsgebietsdaten ermittelt:

Größe des Einzugsgebietes

- mittleres Gefälle des Einzugsgebietes
- mittlerer $k_f$-Wert
- Jährlicher 24-Stunden Niederschlag
- Karstanteil im Einzugsgebiet

Zwischen diesen Parametern und dem simulierten potenziell natürlichen jährlichen Abfluss werden Beziehungen hergestellt, mit denen $HQ_{1,pnat}$-Werte für beliebige Einzugsgebiete abgeschätzt werden können. Die Ergebnisse werden auf Plausibilität geprüft. Im Abgleich zwischen Modellierung und Regionalisierungsformel zeigt sich, dass in mehr als der Hälfte der Fälle eine Abweichung von < 50 % festzustellen ist. Bei einigen Werten aber auch Abweichungen von mehr als 100 % auftreten (ROTHE et al. 2002).

Nach ROTHE et al. liegen die mit diesem Vorgehen erzielbaren Ergebnisse im Bereich zwischen den Optionen „N-A-Modell“ und „Schätzung aus Erfahrungswerten“. Die Anwendbarkeit ist nach ROTHE et al. beschränkt auf Einzugsgebiete bis ca. 50 km² und mit Unsicherheiten noch einsetzbar bis ca. 80 km², wobei das Verfahren eine deutliche Abhängigkeit von den Karstanteilen zeigt.

*Fazit:*
Aufgrund der Einschränkung der Einzugsgebietsgröße ist das obige Modell nicht für ganz NRW einsetzbar. Wegen fehlender weitergehender Verifizierung muss davon ausgegangen werden, dass sich der mögliche Einsatzbereich dieses Verfahrens auf die Karstgebiete beschränkt.

### 2.2.2 Ansatz Ruhr-Universität Bochum für NRW

Ein weiteres Regionalisierungsverfahren wird von der Ruhr-Universität Bochum (ZEPP et al. 2003, HARNISCHMACHER et al. 2005) für das Gebiet von NRW entwickelt. Als Ergebnis dieses Regionalisierungsverfahrens werden potenziell natürliche Abflusskennwerte ausgegeben.

Zur Ermittlung der Beziehungen zwischen den Einzugsgebietseigenschaften (Geometrie des Einzugsgebietes, Landnutzung, Gebietsniederschlag, Bodeneigenschaften, Reliefeigenschaften) und den hydrologischen Parametern benutzt dieses Verfahren keine N-A-Simulationen, sondern Auswertungen der Daten von 51 Referenzpegeln aus naturnahen Einzugsgebieten. Bei der Auswahl der Pegel werden Einzugsgebiete mit einer städtisch bebauten Fläche bis zu 10 % zugelassen. Zwischen den Geodaten und den hydrologischen Referenzparametern werden verschiedene Regressionsanalysen durchgeführt. Die Ergebnisse der Regressionen werden in GIS implementiert. Mit Hilfe dieser Regressionsergebnisse und den Geodaten beliebiger Einzugsgebiete werden potenziell natürlichen Abflusskennwerte (MNQ, MQ, MHQ) berechnet. Als Hochwasserabfluss wird jedoch nur der mittlere Hochwasserabfluss MHQ ausgegeben.

*Fazit:*
Insgesamt ist unklar, wie groß der Einfluss der zugelassenen bebauten Einzugsgebietsfläche auf die Hochwasserkennwerte der ausgewählten Pegel ist. Es kann daher keine Aussage darüber getroffen werden, wie groß der mögliche Fehler wäre, wenn aus den regionalisierten MHQ-Werten über eine noch zu erstellende Beziehung auf das $HQ_{1,pnat}$ geschlossen werden würde.

In der Literatur ist über das Bezugs-HQ-Verfahren nach DALRYMPLE ein Ansatz beschrieben, der u. a. Beziehungen zwischen $HQ_1$/MHQ-Werten nutzt. Dieser Ansatz wird z.B. von HAUPT (2000) auf Mecklenburg Vorpommern angewendet.

Das für die Bewertungsmethodik gesuchte $HQ_{1,pnat}$ wird mit dem Regionalisierungsverfahren der Ruhr-Universität Bochum jedoch nicht berechnet und kann daher nicht eingesetzt werden.

Für eine mögliche Weiterentwicklung der Bewertungsmethodik sollte in Zukunft geprüft werden, ob der Ansatz der Ruhr-Universität Bochum mit einer noch zu erstellenden entsprechenden Beziehung zwischen $HQ_1$/MHQ genutzt werden könnte.

### 2.2.3 Erkenntnisse von Regionalisierungsansätzen außerhalb von NRW

Nachfolgend werden in Kurzform Erkenntnisse von ausgewählten Regionalisierungsansätzen außerhalb von NRW aufgeführt.

*Baden-Württemberg*
Für Baden-Württemberg hat die LFU (1999) ein Regionalisierungsverfahren für Hochwasserabfluss-Kennwerte entwickelt und angewendet. Als Eingangsgröße für die Ermittlung des MHQ bzw. der $HQ_T$ Werte werden dabei folgende Parameter verwendet:

- Fläche des Einzugsgebietes
- Bebauungsanteil
- Waldanteil
- Gewogenes Gefälle
- Fließlänge entlang des Hauptgewässers von der Wasserscheide bis zur Mündung
- Fließlänge entlang des Hauptgewässers vom Gebietsschwerpunkt bis zur Mündung
- Mittlerer jährlicher Gebietsniederschlag
- Landschaftsfaktor

Bei diesem Regionalisierungsmodell zeigte sich, dass kein einheitliches Modell für die gesamte Landesfläche aufgestellt werden kann. Daher ist es notwenig, einen Landschaftsfaktor einzufügen, der pauschal alle regionalen Einflussgrößen berücksichtigt, die einerseits durch die Geologie des Landschaftsraums sowie andererseits auch durch lokale Besonderheiten (z.B. Gewässerausbau, Hochwasserrückhaltebecken) in einem Einzugsgebiet bestehen. Der Landschaftsfaktor hat einen deutlichen Einfluss auf die regionalisierten Werte.

Das Regionalisierungsmodell liefert für Baden-Württemberg somit Aussagen für Hochwasserabfluss-Kennwerte, die durch anthropogene Beeinflussungen geprägt sind. Unbeeinflusste Hochwasserabfluss-Kennwerte werden nicht ausgegeben. Eine Übertragung der Werte auf Einzugsgebiete außerhalb von Baden-Württemberg ist aufgrund des Einflusses des Landschaftsfaktors, der für Baden-Württemberg flächendeckend aufbereitet ist, nicht möglich.

*Mecklenburg Vorpommern*

Für Mecklenburg Vorpommern (HAUPT 2000) ist ein Regionalisierungsverfahren für Hochwasserabfluss-Kennwerte entwickelt worden. Als Eingangsgröße für die Ermittlung des MHQ bzw. der $HQ_T$ Werte werden dabei folgende Parameter verwendet:

- Fläche des Einzugsgebietes
- mittleres Gefälle eines Gebietes
- Bodendurchlässigkeit
- Seerückhalt
- Mittlerer jährlicher Gebietsniederschlag

Das Regionalisierungsmodell weist damit gegenüber dem Ansatz von Baden-Württemberg unterschiedliche Parameter auf. Nach HAUPT spielen für das ländlich geprägte Mecklenburg Vorpommern die versiegelten Flächen nur eine untergeordneter Bedeutlung, wohingegen die vorhandenen Seen einen großen Einfluss auf das Hochwassergeschehen besitzen. Wie in Baden-Württemberg zeigt sich somit, dass lokal typische Merkmale das Regionalisierungsverfahren wesentlich beeinflussen und daher eine Übertragung der Ergebnisse auf NRW nicht möglich ist.

*Pegelauswertung aus Bayern, Verhältnis $HQ_1$/MQ*

Von MICHELBACH/MEIßNER (1999) erfolgt eine Auswertung von Pegeldaten, um aufgrund des MQ-Wertes auf den $HQ_1$ Wert zu schließen. Dieses Verfahren ist im engeren Sinne nicht zu den Regionalisierungsverfahren zu zählen, soll an dieser Stelle aber mit aufgeführt werden. Die Auswertung von MICHELBACH/MEIßNER wird nach Abschnitt 2.1.1 genutzt, um aufgrund des flächendeckend vorliegenden MQ-Wertes in Bayern auf $HQ_1$-Werte zu schließen.

Die Auswertung erfolgt anhand von Pegelauswertung für Hügel- und Berglandbäche aus Bayern mit einem MQ von < 4 m³/s. Die Abflüsse der ausgewählten Pegel sind dabei durch Siedlungsgebiete beeinflusst. Nach Bild 2.1 zeigt sich, dass das Verhältnis von $HQ_1$/MQ sehr stark in einem Bereich von 2 – 30 schwankt. Dabei ist als Trend zu erkennen, dass bei zunehmendem Mittelwasserabfluss das Verhältnis zwischen $HQ_1$ und MQ abnimmt. Zu ähnlichen Ergebnissen kommt auch KILIAN (1998), der für hessische Pegel Verhältniszahlen von MHQ/MQ-Werten zwischen 3,8 und 35,7 ermittelt.

Die starke Streuung der Werte aus Bayern zeigt, mit welchen Unsicherheiten bei der Abschätzung des $HQ_1$ nur aufgrund des MQ zu rechnen ist. Eine Anwendung des Ansatzes für die Bewertungsmethodik wird daher nicht weiter verfolgt. Eine Auswertung für Pegel, die nicht durch Siedlungsgebiete beeinflusst sind, liegt zudem nicht vor.

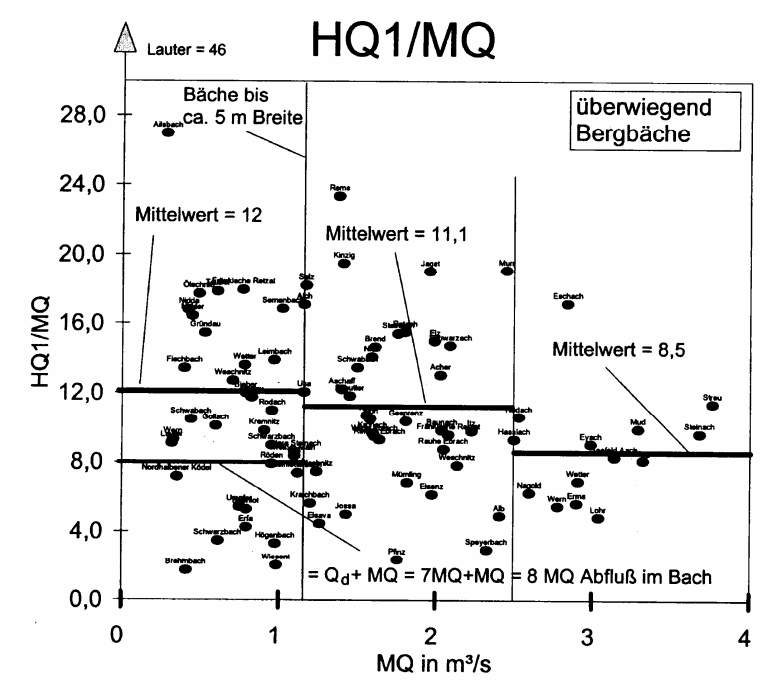


Bild 2.1: Natürliche Verhältnisse zwischen mittlerem jährlichem Hochwasser $HQ_1$ und Mittelwasserabfluss MQ, MICHELBACH/MEIßNER (1999)

### 2.2.4 Folgerungen für die Bewertungsmethodik

Nur der Regionalisierungsansatz des Bergisch-Rheinsichen-Wasserverbandes gibt tatsächlich Werte für das $HQ_{1,pnat}$ an, der für die Bewertungsmethodik in Anlehnung nach BWK-M 3 verwendet werden soll. Aufgrund der Einschränkung der Einzugsgebietsgröße bei der Anwendung des Modells erscheint der Ansatz derzeit für ganz NRW nicht geeignet zu sein.

Mit dem Regionalisierungsverfahren der Ruhr-Universität Bochum wird nur das MHQ berechnet, wobei keine Aussage getroffen werden kann, wie groß der mögliche Fehler wäre, wenn aus den regionalisierten MHQ-Werten über eine Beziehung auf das $HQ_{1,pnat}$ geschlossen werden würde, zumal die ausgewählten Pegel durch bebaute Siedlungsflächen beeinflusst sein können. Das Verfahren wird daher für die Bewertungsmethodik ebenfalls nicht vorgeschlagen.

Die weiteren dokumentierten Ansätze aus Baden-Württemberg und Mecklenburg Vorpommern weisen darauf hin, dass bei Regionalisierungsverfahren generell lokal typische Merkmale zu berücksichtigen sind, die eine Übertragung von Regionalisierungsansätzen auf NRW, die für andere Gebiete entwickelt wurden, als nicht möglich erscheinen lassen.

Der Ansatz der Pegelauswertung aus Bayern, bei dem ein insgesamt sehr unsicherer Zusammenhang aus $HQ_1$/MQ-Werten für die Abschätzung des $HQ_1$ gewählt wird, ist für die Bewertungsmethodik ebenfalls nicht geeignet, zumal der Zusammenhang für Pegel, die durch Siedlungsgebiete beeinflusst sind, erstellt wurde.

*Abstimmung mit dem MUNLV*

Die Problematik der Regionalisierungsansätze wird in einem Abstimmungsgespräch mit dem MUNLV am 19.04.2006 erörtert (Anlage 2.1). Es wird beschlossen, dass für die vereinfachte Bewertung im Rahmen der Bewertungsmethodik der Mittelwert aus den Hüllkurven nach Anhang 4, BWK-M 3 für die $Hq_{1,pnat}$–Werte als Funktion des Gefälles und der Einzugsgebietsgröße angesetzt werden soll.

Bei der Besprechung wird ebenfalls diskutiert, ob bei Einzugsgebieten, für die berechnete $Hq_{1,pnat}$–Werte aus aufwändigen Niederschlag-Abfluss-Modellierungen vorliegen, diese Werte angesetzt werden sollten. Da es jedoch derzeit noch keine Datenbank gibt, über die berechnete $Hq_{1,pnat}$–Werte auf NRW-Ebene erfasst werden könnten, scheidet ein solches Vorgehen für NRW derzeit aus.

*Überlegungen zur Berücksichtigung detaillierter Daten*

Als Hinweise seien an dieser Stelle folgende Punkte genannt, die bei der Berücksichtigung von detaillierten Berechnungsdaten für das $Hq_{1,pnat}$ bedacht werden müssten:

- In den Ergebnissen der hydraulischen Bewertung müsste kenntlich gemacht werden, ob die Daten auf den Hüllkurven-Werten oder berechneten Werten beruhen, um die Ergebnisse vergleichend für unterschiedliche Einzugsgebiete bewerten zu können.
- Bei den N-A-Modellen wird üblicherweise ein Hochwasserabfluss berechnet, der sich auf eine bestimmte Nachweisstelle bezieht. Für die Bewertungsmethodik wären aber Funktionen über Hochwasserabfluss<u>spenden</u> notwendig, um z.B. an Gewässerverzweigungen auch oberhalb oder unterhalb liegende Nachweisstellen bewerten zu können. Problematisch wäre eine Ergebnisdarstellung, wenn nur für einen Nachweispunkt ein detailliertes Berechnungsergebnis verwendet werden würde, für eine oberhalb liegende Nachweisstelle aber auf die Hüllkurvenwerte zurückgegriffen werden würde. Daher müssten zumindest für alle Nachweisstellen aus einem geschlossenen Siedlungsgebiet entsprechende Werte berechnet werden.
- Eine Ausweisung von Ergebnissen mit detaillierteren Daten wäre nach Einschätzung von Herrn Dr. Mertsch nur sinnvoll, wenn für mindestens etwa 30% der Fläche von NRW solche Daten vorliegen würden (Anlage 2.1).

# 3 Bewertungsmethodik

Aus den Folgerungen nach Abschnitten 2.1.7 und 2.2.4 wird für die Bewertungsmethodik des GISBREIN eine Vorgehensweise in Anlehnung an den vereinfachten Nachweis Merkblatt BWK-M 3 festgelegt. Eingeschränkt wird die Anwendung des vereinfachten Nachweises durch die Datenverfügbarkeit und das automatisierte Vorgehen auf GIS-Basis.

Im Folgenden wird auf die wesentlichen Arbeitsschritte der Bewertungsmethodik zur Beurteilung der hydraulischen Belastung durch Niederschlagswassereinleitungen eingegangen. Die Annahmen für die notwendigen Vereinfachungen, die sich aufgrund der Datenverfügbarkeit und des automatisierten Vorgehens ergeben, werden dargelegt. In Abschnitt 3.7 wird die programmtechnische Umsetzung der Realisierung der GIS-Tools dokumentiert. Das detaillierte Vorgehen für die Programmierung der Bewertungsmethodik ist Anlage 3.1 zu entnehmen.

## 3.1 Einleitungsabflüsse

Nach BWK-M 3 gibt es keine Vorgehensbeschreibung zur Ermittlung der Einleitungsabflüsse von den versiegelten Flächen in die Gewässer. Die Werte werden nach BWK-M 3 üblicherweise Schmutzfrachtnachweisen oder Kanalnetzberechnungen entnommen.

Für die Bewertungsmethodik sind daher Annahmen zu treffen, mit denen die Einleitungsabflüsse berechnet werden können. Dies erfolgt über die Ermittlung der versiegelten Flächen und dem Ansatz von Regenspenden unter Berücksichtigung der Abflussbeeinflussung durch Beckenanlagen, worauf nachfolgend eingegangen wird.

### 3.1.1 Versiegelte Flächen

*Trenn- und Mischsysteme (REBEKA- u. NIKLAS-IGL Daten)*

Über das Regenbeckenkataster REBEKA sind in NRW kommunale versiegelte Einzugsgebiete des Misch- und Trennsystems erfasst, die über ein Regenbecken entwässern. Weiterhin werden in NRW über das Kläranlagenkataster NIKLAS-IGL Direkteinleiter erfasst. In Tabelle 3.1 ist eine Flächenbilanz für NRW zusammen gestellt. Demnach werden 181.483 ha Trennsystem- bzw. Straßenflächen nicht über die genannten Kataster erfasst, was einen Anteil von 49 % der gesamten versiegelten Fläche von 373.994 ha ausmacht.

Damit kann nur für 51 % der versiegelten Flächen über die Katasterangaben eine relativ einleitungsscharfe Zuordnung zum Gewässer getroffen werden. Dazu zählen alle Flächen, die an Mischsysteme angeschlossen sind. Für die übrigen Flächen sind Ersatzannahmen für die Berücksichtigung zu treffen.

Tabelle 3.1: Flächenbilanz der versiegelten Fläche NRW

| **$A_{red}$, Gesamtbilanz NRW** | [ha] | [%] | Datenquelle |
|---|---|---|---|
| Mischsystem | 134.674 | 36 | MUNLV (2003) |
| Trennsystem / Straßen | 239.320 | 64 | MUNLV (2002) |
| Summe | 373.994 | 100 | |
| **$A_{red}$, Bilanz der Trennsystem / Straßenflächen** | [ha] | [%] | |
| über REBEKA erfasst | 55.697 | 23 | MUNLV (2002) |
| über NIKLAS-IGL [1)] erfasst | 2.140 | 1 | KIT (2006) |
| nicht über REBEKA oder NIKLAS-IGL erfasst | 181.483 | 76 | |
| Summe | 239.320 | 100 | MUNLV (2002) |

1) soweit Flächenangaben bei den Einleitern angegeben sind

*Trennsysteme und Straßen ohne Katastererfassung*

Die versiegelten Flächen von Trennsystemen und Straßen, die nicht in den Katastern erfasst sind ($A_{red,TS,\ Teileinzugsgebiet}$), werden über eine Verschneidung der REBEKA-Daten bzw. der NIKLAS-IGL Daten mit den ATKIS-Daten (Amtliches Topografisch-Kartografisches Informationssystem) ermittelt, die für NRW vorliegen. Eine solche Verschneidung wurde auch vom MUNLV durchgeführt, aus der die Flächenbilanz nach Tabelle 3.1 resultiert. Folgende Punkte werden bei der Verschneidung berücksichtigt:

- Die Verschneidung erfolgt für jedes Teileinzugsgebiet, wobei ein Teileinzugsgebiet als oberirdisches Einzugsgebiet eines Gewässerabschnitts definiert ist. Ein Gewässerabschnitt ist dabei der Abstand zwischen aufeinander folgenden Verzweigungen eines Gewässers (Hinweise zu den Teileinzugsgebieten siehe Abschnitt 3.4).
- Bei der Verschneidung werden von den gesamten versiegelten Flächen eines Teileinzugsgebietes, die über die ATKIS-Daten ermittelt werden, die Flächen abgezogen, die über das REBEKA und das NIKLAS-IGL Kataster dem Teileinzugsgebiet zugeordnet werden:
  $A_{red,TS,\ Teileinzugsgebiet} = A_{red,gesamt,Teileinzugsgebiet} - A_{red,Einleitung,Teileinzugsgebiet}$
- Bei den ATKIS-Daten werden in Anlehnung an das Vorgehen des MUNLV (2003) folgende Objektarten für die versiegelten Flächen mit den zugehörigen Befestigungsgraden berücksichtigt:
  2100: Baulich geprägte Flächen, Befestigungsgrad = 0,45
  2200: Siedlungsfreiflächen, Befestigungsgrad = 0,2
  3000: Verkehrsanlagen, Befestigungsgrad = 0,8

  *Hinweise:*
  - Eine Auswertung von Luftbildaufnahmen für den gesamten Emscherraum von BECKER et al. (1998) deutet darauf hin, dass der Befestigungsgrad für baulich ge-

prägte Flächen möglicherweise geringer liegt. Nach der Auswertung für den Emscherraum ergibt sich ein Befestigungsgrad von 0,41 (mit $A_{EK}$ = 525 km², $A_{red}$ = 215 km²). In dem genannten Befestigungsgrad sind dabei sowohl alle öffentlichen Verkehrsflächen als auch die versiegelten Flächen auf den Grundstücken enthalten. Unter der Annahme des obigen Befestigungsgrades von 0,8 für die Verkehrsanlagen ergibt sich mit den Daten für den Emscherraum von BECKER et al. (1998) nach folgender Aufstellung ein Befestigungsgrad von 0,34 für die Grundstücksflächen (Dach- und priv. Flächen).

**Flächenbilanz im Emschergebiet mit Befestigungsgrad**

| | | | |
|---|---|---|---|
| $A_{EK}$ gesamt | 52.439 | ha | |
| $A_{red}$ gesamt | 21.500 | ha | |
| Befestigungsgrad | 0,41 | - | |

**Aufteilung der versiegelten Flächen $A_{red}$ im Emschergebiet**

| | $A_{red}$ ha | $A_{red}$ % |
|---|---|---|
| öffentliche Straßenflächen | 6.450 | 30 |
| Dachflächen | 8.815 | 41 |
| priv. Flächen schmutzig | 4.945 | 23 |
| priv. Flächen sauber | 1.290 | 6 |
| Summe $A_{red}$ | 21.500 | 100 |

**Ermittlung von $A_{EK}$ für Straßenflächen mit Befestigungsgrad von 0,8**

| | | | |
|---|---|---|---|
| $A_{EK}$ Straßenflächen | 8.063 | ha | |
| $A_{red}$ Straßenflächen | 6.450 | ha | |
| Befestigungsgrad | 0,8 | - | Quelle: MUNLV 2003 |

**Ermittlung des Befestigunggrades für die Grundstücksflächen (Dach- und priv. Flächen)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| $A_{EK}$ Grundstücksflächen | 44.377 | ha | = $A_{EK}$ gesamt - $A_{EK}$ Straßenflächen |
| $A_{red}$ Grundstücksflächen | 15.050 | ha | = Dach- und priv. Flächen |
| Befestigungsgrad | 0,34 | | |

- Weitere Hinweise zu Befestigungsgraden sind DOHMANN/COBURG (2003) zu entnehmen, die eine Auswertung für NRW durchgeführt haben. Dabei wird als „vermutetes Optimum“ ein Befestigungsgrad von 40 % für Siedlungsflächen (ATKIS-Objektnr. 2111-2114) angesetzt, der ebenfalls unter dem oben genannten Wert von 0,45 von MUNLV (2003) liegt.

- Zu der ATKIS Objektart 3000 gehören auch die Objektarten 3101 (Straße) und 3104 (Straße komplex). Da für diese nur Längen- und keine Flächenangaben vorhanden sind, werden in Anlehnung an MUNLV (2003) die Objektarten mit folgenden mittleren Straßenbreiten multipliziert:
  Objektart 3101 15 m
  Objektart 3104 30 m
  *Hinweis*: Objektart 3104 setzt sich aus den Objektarten 3105 und 3106 zusammen, wobei für die Straßenlänge nur Objektart 3105 anzusetzen ist.
- Die Objektarten 3101 und 3104 werden nach den Straßenkategorien mit folgenden Widmungen getrennt bilanziert:

1301 Bundesautobahnen
1303 Bundesstraßen
1305 Landesstraße / Staatsstraße
1306 Kreisstraße
1307 Gemeindestraße
9997 Attribut trifft nicht zu
9999 Sonstige

Mit dieser Differenzierung können die Anteile dieser Straßenflächen, die direkt in die Gewässer einleiten, unterschiedlich angesetzt werden. Dies ist für die Methodik zum jetzigen Stand allerdings nicht vorgesehen.

- Die über die Objektarten 3101 und 3004 erfassten Straßen, liegen im innerörtlichen Bereich teilweise in den Objektarten 2100 bzw. 2200. Um die Flächen nicht doppelt zu erfassen, werden von den Objektarten 2100 bzw. 2200 die Straßenflächen abgezogen.
- Für den Anteil der außerörtlichen Straßen, der direkt an Gewässer angeschlossen ist, existieren auf NRW keine detaillierten Angaben (Auskunft: Landesbetrieb Straßenbau NRW, Niederlassung Gelsenkirchen, Herr Querdel). Für den Anteil dieser Straßen muss daher eine Annahme getroffen werden. Dazu werden detaillierte Auswertungen für zwei Einzugsgebiete nach Anlage 3.2 ausgewertet. Bei diesen Einzugsgebieten liegt der Anteil zwischen 14 – 17 %. Für die Bewertungsmethodik wird der Anteil mit 15 % angesetzt.
- Für die innerörtlichen Straßen wird davon ausgegangen, dass diese vollständig über ein Entwässerungssystem an die Gewässer angeschlossen sind.
- Eine Abkopplung von versiegelten Flächen, die durch den Anschluss an Versickerungsanlagen keinen Abfluss in die Gewässer erzeugen, wird nicht berücksichtigt, da über diesen Anteil keine flächendeckenden Daten vorliegen und der Anteil derzeit als gering angesehen wird.

  *Hinweise:*
  - Indirekt wird über den Abflussbeiwert nach Abschnitt 3.1.5 ein Anteil von Flächen berücksichtigt, der keinen Abfluss in Richtung Gewässer liefert und damit versickert.
  - Prinzipiell bestünde die Möglichkeit, abgekoppelte Flächen direkt zu berücksichtigen. Dazu wäre es notwendig, diese Flächen getrennt z.B. in einem getrennten Eingabefeld in den REBEKA oder den NIKLAS-IGL Daten zu erfassen, was derzeit aber nicht erfolgt.
- Bei der Verschneidung für jedes Teileinzugsgebiet kann es zu einem Fehler kommen, wenn z.B. über die REBEKA-Daten Überleitungen durch das Kanalnetz von benachbarten Teileinzugsgebieten in das betrachtete Einzugsgebiet erfolgen. In diesen Fällen kann die über die ATKIS-Daten berechnete versiegelte Fläche, die nicht über die Kataster erfasst wird, für ein Teileinzugsgebiet negativ werden, wenn z.B. die über die REBEKA-Daten erfasst Fläche ($A_{red,Einleitung,Teileinzugsgebiet}$) größer ist, als die über die ATKIS-Daten erfassten Flächen ($A_{red,gesamt,Teileinzugsgebiet}$).

$$A_{red,TS,\ Teileinzugsgebiet} = A_{red,gesamt,Teileinzugsgebiet} - A_{red,Einleitung,Teileinzugsgebiet}$$

In diesen Fällen wird die über die ATKIS-Daten berechnete versiegelte Fläche zu 0 gesetzt. Um die Flächenbilanz insgesamt auszugleichen, ist daher ein Flächenausgleich erforderlich. Dieser wird auf Ebene der Einzugsgebiete der Gewässerstationierungskarte durchgeführt.

- Die über die Verschneidung zusätzlich erfasst versiegelte Fläche, die nicht über die Kataster erfasst wird, belastet über eine fiktive Einleitungsstelle den Gewässerabschnitt des Teileinzugsgebietes.
- Für die Abgrenzung des Bezugsraums (siehe Abschnitt 3.2) ist eine lagemäßige Zuordnung der fiktiven Einleitungsstelle erforderlich. Da es für die fiktive Einleitungsstelle keine präzise Zuordnung geben kann, wird auf der „sicheren Seite“ liegend (was die Berücksichtigung der Überlagerung von oberhalb gelegenen Einleitungsstellen betrifft) die Lage am Ende des Gewässerabschnitts angenommen.

  *Hinweis:*
  - Durch diese Zuordnung kann es bei der Übertragung der Bewertungsmethodik auf NRW möglicherweise zu einer unplausibel starken Überlagerung von verschiedenen Einleitungen kommen, so dass nur wenige geschlossene Siedlungsgebiete abgegrenzt werden. In Projektphase 2 ist daher zu prüfen, ob ggf. eine Zuordnung der fiktiven Einleitungsstellen z.B. in die Mitte des Gewässerabschnitts sinnvoller ist.
- Für die über die Verschneidung zusätzlich erfasst versiegelte Fläche, die nicht über die Kataster erfasst wird, wird nach den Empfehlungen des detaillierten Nachweises nach BWK-M 3 folgende Bagatellgrenze eingeführt. Ist die versiegelte Fläche kleiner als dieser Wert, wird die entsprechende Fläche zu 0 gesetzt:

  Bagatellgrenze: $A_{red,TS,Teileinzugsgebiet,\ abgem.} / A_{E\ Teileinzugsebiet} \leq 1\%$

*Fazit:*

Aufgrund des hohen Anteils von versiegelten Flächen, die nicht über das REBEKA bzw. NIKLAS-IGL Kataster erfasst werden, sind die vorgenannten Annahmen erforderlich, um über fiktive Einleitungsstellen diese Flächen in der Bewertungsmethodik zu berücksichtigen.

### 3.1.2 Regenbecken (REBEKA)

Bei den über das Regenbeckenkataster (REBEKA, Stand 15.10.2005) erfassten Einzugsgebieten sind Angaben zu den jeweiligen Bauwerken vor der Einleitungsstelle enthalten. Eine direkte Verortung der Einleitungsstelle an einem Gewässer und der einjährliche Einleitungsabfluss sind jedoch nicht angegeben. Daher werden folgende Annahmen getroffen:

- Über die Bauwerkskoordinaten (Mittelpunkt in Gauß-Krüger-Koordinaten) in den REBEKA Daten wird der kürzeste Abstand zu einem Gewässer ermittelt, dass nach der Gewässerstationierungskarte (3. Auflage) stationiert ist. An diesem Punkt wird die Einleitung des Bauwerks verortet, wenn das Bauwerk eine Einleitung in ein Gewässer besitzt. Von folgenden Becken erfolgt keine Einleitung in ein Gewässer:
  - Becken, die in Einheit mit einem RRB betrieben werden
  - RRB, die zu einer Kläranlage weiterleiten
  - Becken, die als Vorflut den Grundwasserkörper haben

- Die Ermittlung des Einleitungsabflusses erfolgt über die direkt an das Bauwerk angeschlossene versiegelte Fläche durch Multiplikation mit einer Regenspende und einem Abflussbeiwert (siehe Abschnitt 3.1.5).
- Bei komplexeren Einzugsgebieten sind für die Ermittlung des Einleitungsabflusses zu berücksichtigen:
  - Drossellabflüsse aus oberhalb gelegenen Einzugsgebieten
  - Drosselabfluss von dem betrachteten Bauwerk aus in ein unterhalb gelegenes Einzugsgebiet
  - Rückhaltemaßnahmen vor der Einleitungsstelle
- Erfolgt vor einer Einleitungsstelle eine Rückhaltung der Abflüsse durch ein RRB, so wird der Drosselabfluss des RRB als Einleitungsabfluss angesetzt.

  *Hinweis:*
  - Eine Prüfung der ausreichenden Dimensionierung (Überlaufhäufigkeit n) des RRB kann an dieser Stelle nicht erfolgen, da nach BWK-M 3 die zulässige Überlaufhäufigkeit abhängig vom Wiederbesiedlungspotenzial des unterhalb liegenden Gewässerabschnittes ist und in einem Bereich von n=0,5 – n=2 variiert.
- Die Regendauer zur Berechnung des Einleitungsabflusses über die Regenspende wird in Abhängigkeit vom mittleren Geländegefälle und der Bauwerksart wie folgt angesetzt:
  - Geländeneigung von > 1 % und Beckenart FB oder $SK_O$ D=10 Minuten
  - Geländeneigung von > 1 % und RÜ mit Fließzeit < 15 Minuten D=10 Minuten
  - ansonsten D = 15 Minuten

  *Hinweise:*
  - Vorgehen erfolgt in Anlehnung an ATV-A 118, wo ab einer Geländeneigung von > 1 % und einem Befestigungsgrad von über 50 % die maßgebende Fließzeit von 15 Minuten auf 10 Minuten herabgesetzt wird.
  - Nach ATV-A 128 werden Fangbecken (FB), die wie Stauraumkanäle mit oben liegender Entlastung ($SK_O$) wirken, bei kleinen Fließzeiten im Kanalnetz von nicht mehr als 15-20 Minuten angeordnet.
  - Für das mittlere Geländegefälle wird vereinfachend das mittlere Gewässergefälle des Gewässerabschnittes, in den eingeleitet wird, angesetzt.
  - Im Rahmen der Projektphase II ist zu prüfen, ob ggf. bei großen Einzugsgebieten auch eine Anhebung der Regendauer auf Werte > 15 Minuten sinnvoll ist.
- Nach Hinweisen des StUA Düsseldorf (Herr Bürgel, siehe Anlage 2.1) sind bei den REBEKA-Daten Plausibilitätsprüfungen insbesondere zur Interpretation der Flächenangabe erforderlich, da bei der Erhebung der Daten das direkt angeschlossene bzw. das gesamt oberhalb gelegene Einzugsgebiet an dieser Stelle angegeben wurde. Plausibilitätskriterien dazu sollen in Projektphase II mit dem FiW RWTH Aachen (Frau Wienert) erarbeitet und abgestimmt werden.

### 3.1.3 Kläranlagen und Direkteinleiter

Die kommunalen Kläranlagen in NRW unterliegen der staatlichen Überwachung. Das landesweite Kläranlagenkataster NIKLAS-KOM dient zur Verwaltung und Überwachung dieser Daten der kommunalen Kläranlagen. Über die „Datendrehscheibe Einleiterüberwachung

Abwasser“ (D-E-A) stehen die Daten allen staatlichen Behörden mit Anschluss an D-E-A unmittelbar und aktuell zur Verfügung. Die Abflüsse der Kläranlagen werden als zusätzliche Einleitung wie folgt berücksichtigt:

- Über die Bauwerkskoordinaten (Gauß-Krüger-Koordinaten) wird der kürzeste Abstand zu einem Gewässer ermittelt, dass nach der Gewässerstationierungskarte (3. Auflage) stationiert ist. An diesem Punkt wird die Einleitung der Kläranlage verortet.
- Ist in den NIKLAS-KOM Daten die Gewässerkennzahl des Gewässers, in das eingeleitet wird, angegeben, so ist die Einleitungsstelle an diesem Gewässer zu verorten.
- Der in den NIKLAS-KOM Daten enthaltene Abfluss bei Regenwetter wird als Einleitung angesetzt.

Neben den Kläranlagen werden Direkteinleiter aus Industrie, Gewerbe und Landwirtschaft ab einer bestimmten Größenordnung in einer Datenbank „Neues integriertes Kläranlagensystem – für Industrie, Gewerbe und Landwirtschaft (NIKLAS-IGL)“, die ähnlich der für kommunale Abwasserbehandlungsanlagen “NIKLAS-KOM“ in den bereits vorhandenen Datenverbund D-E-A integriert ist. So werden z.B. Betriebe mit ausschließlich Niederschlagswassereinleitungen ab eine Einleitungsmenge von mehr als 200 m³/2h in diesem Kataster erfasst.

Ziel der NIKLAS-IGL Daten ist es, die Herkunft des Abwassers von Großbetrieben nach unterschiedlichen Anfallstellen zu erfassen und deren Beschaffenheit und Behandlung zu beschreiben. Dabei geben Mess- und Einleitungsstellen einen Überblick zur Führung und Überwachung der Abwasserströme.

Aufgrund der Zielstellung sind die NIKLAS-IGL-Daten für die Bewertungsmethodik nur eingeschränkt zu verwenden, da die angeschlossene versiegelte Fläche, die für die Bewertung der Niederschlagswassereinleitungen maßgebend ist, kein „Pflichtfeld“ für die Datenerfassung ist. Die Daten werden unter folgenden Annahmen berücksichtigt:

- Es werden nur Niederschlagswassereinleitungen berücksichtigt.
- Der Einleitungsabfluss wird, wie bei den anderen Einleitungsstellen, nach Abschnitt 3.1.5 berechnet.

*Hinweise:*

- Nach Auskunft des StUA Duisburg (Herr Müller) ist die Datenerfassung zu den versiegelten Flächen nicht eindeutig, wenn Beckenbauwerke vor der Einleitung vorhanden sind. In diesen Fällen werden die versiegelten Flächen entweder an den Anfallsstellen oder an den Bauwerken oder auch an beiden Stellen eingegeben. Hier muss als eine Plausibilitätsabfrage erfolgen, die im Rahmen dieses Projektteils nicht formuliert wurde, da in den untersuchten Beispielgebieten keine Direkteinleitungen aus Industrie, Gewerbe und Landwirtschaft vorkamen.
- Weiterhin existiert nach Auskunft des StUA Duisburg (Herr Müller) in der Datenerfassung kein Eingabefeld für Drosselabflüsse von RRB. Somit können RRB, die bei

den Direkteinleitern vorhanden sind, nicht berücksichtigt werden. Bei der Bewertungsmethodik wird daher so vorgegangen, dass wenn ein RRB vor der Einleitungsstelle vorhanden ist, der Datensatz als nicht vollständig ausgewiesen wird und die Berücksichtigung der Einleitung über die ATKIS-Verschneidung erfolgt. Auf eine Einleitungsstelle im Bereich des Direkteinleiters wird in diesem Fall dann verzichtet.

- In der Projektphase II ist zu prüfen, ob in Abhängigkeit der Beckenbauwerke auch unterschiedliche Dauern der Regenspenden angesetzt werden können, wie es bei den REBEKA Daten nach Abschnitt 3.1.2 erfolgt.

- Einleitungen von betriebseigenen Abwasserbehandlungsanlagen werden nicht berücksichtigt, da nach Auskunft des StUA Duisburg (Herr Müller) der Einleitungsabfluss nur durch den in der Datenbank enthaltenen maximal genehmigten Abfluss abgeschätzt werden könnte, wobei dieser Wert jedoch häufig über dem vorhandenen Einleitungsabfluss liegt.
  Da die Einleitungen von betriebseigenen Abwasserbehandlungsanlagen in Bezug auf die Bewertung der niederschlagsbedingten hydraulischen Belastung von Fließgewässern nur eine untergeordnete Rolle spielt, wird eine Nichtberücksichtigung für vertretbar erachtet.

Sollte es in Zukunft zu einer Weiterentwicklung bei der NIKLAS-IGL Datenbank kommen, so sollte ein zusätzliches Pflichtfeld für die Eingabe des Drosselabflusses und der Überlaufhäufigkeit des RRB eingeführt werden. Weiterhin sollte auch der mittlere Einleitungsabfluss von Abwasserbehandlungsanlagen und die genaue Einleitungsstelle mit dem entsprechenden Gewässer und der Stationierung aufgenommen werden.

### 3.1.4 Regenspenden

Als Regenbelastung zur Berechnung der Einleitungsabflüsse werden Regenspenden angesetzt. Es wird geprüft, ob dazu Daten aus dem Projekt

„Berechnung von Gebietsniederschlagsdaten“, Arbeitsgemeinschaft aqua_plan GmbH, einfalt & hydrotec GbR, dr. papadakis GmbH im Auftrag des Landesumweltamt NRW, April 2006

genutzt werden können. Da bei diesen Daten jedoch nur Monatssummen der Gebietsniederschläge und keine Regenspenden berechnet werden, können die Daten nicht verwendet werden.

Daher werden die Regenspenden aus den KOSTRA-Daten des Deutschen Wetterdienstes verwendet, mit denen regionale Unterschiede der Regenbelastung berücksichtigt werden können. Diese Daten werden z.B. über eine Software (KOSTRA) dem Anwender zur Verfügung gestellt. Für eine GIS-Verschneidung ist diese Software aber nicht geeignet. Nach Information des DWD (Herr Dr. Dietzer, Abteilung Hydrometerologie, DWD Offenbach) können die KOSTRA Daten auch in Tabellenform zur Verfügung gestellt werden. Die Kosten dafür belaufen sich auf etwa 200 EUR je Dauerstufe. Mit den in der Tabellenform angegebenen Koordinaten ist eine GIS-Verschneidung prinzipiell möglich, was daher für die Übertragung auf ganz NRW vorgesehen wird. Ein Beispiel mit den KOSTRA-Daten D = 15min, T =

1a ist in Tabelle 3.2 mit folgendem Aufbau aufgeführt, wobei die Koordinaten als $\lambda/\varphi$-Werte abgelegt sind:

Spalte 1: geogr. Länge Ost in Grad des Rastermittelpunktes
Spalte 2: geogr. Breite Nord in Grad des Rastermittelpunktes
Spalte 3: Klassenbezeichnung der Starkniederschlagshöhe des Rasterfeldes
Rest : Klassengrenzen in mm

Tabelle 3.2: Beispieldatensatz KOSTRA-Daten D=15min, T=1a

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 8.488 | 52.536 | D | >= | 9.5 | - | 10.0 | mm |
| 8.613 | 52.538 | D | >= | 9.5 | - | 10.0 | mm |
| 8.737 | 52.539 | C | >= | 9.0 | - | 9.5 | mm |
| 7.621 | 52.444 | E | >= | 10.0 | - | 10.5 | mm |
| 7.746 | 52.447 | E | >= | 10.0 | - | 10.5 | mm |
| 8.367 | 52.458 | E | >= | 10.0 | - | 10.5 | mm |
| 8.491 | 52.460 | D | >= | 9.5 | - | 10.0 | mm |
| 8.615 | 52.461 | D | >= | 9.5 | - | 10.0 | mm |
| 8.739 | 52.463 | C | >= | 9.0 | - | 9.5 | mm |
| 8.988 | 52.465 | C | >= | 9.0 | - | 9.5 | mm |
| 9.112 | 52.466 | C | >= | 9.0 | - | 9.5 | mm |
| 7.502 | 52.365 | D | >= | 9.5 | - | 10.0 | mm |

Die Daten werden unter folgenden Annahmen berücksichtigt:

- Aus den Daten wird der Mittelwert der entsprechenden Klasse angesetzt und auf l/(s·ha) umgerechnet.
- Für jedes Teileinzugsgebiet erfolgt eine flächengewichtete Verschneidung mit den Rasterfeldern der KOSTRA-Daten. Dieser Wert wird dann für alle Berechnungen von Einleitungen zugrunde gelegt, die aus diesem Teileinzugsgebiet in den Teilabschnitt des Gewässers einleiten.
  (Alternativ zu einer flächengewichteten Verschneidung könnten auch die Daten des nächsten KOSTRA-Rasterfeldes für das Teileinzugsgebiet angesetzt werden.)
- Für die Berechnungen werden unterschiedliche Dauerstufen (D =10, 15 und 30 Minuten) benötigt. Für jede Dauerstufe ist daher ein KOSTRA-Datensatz bereitzustellen. (Alternativ könnte auch eine Berechnung der Dauerstufen D = 10 bzw. 30 Minuten auf Grundlage des $r_{15,1}$ über den Zeitbeiwert nach REINHOLD von $\varphi$ = 1,263 bzw. $\varphi$ = 0,615 erfolgen (siehe z.B. FGSV 1987).)

### 3.1.5 Berechnung der Einleitungsabflüsse

An den jeweiligen Einleitungsstellen wird der jährliche Einleitungsabfluss $Q_{E1,i}$ wie folgt berechnet:

$$Q_{E1,i} = A_{red} \cdot \psi_S \cdot r_{D,1} + \sum Q_{d,zu,i} + Q_t - Q_{d,ab}$$

mit:

$A_{red}$ versiegelte Fläche der Einleitungsstelle für das direkt angeschlossen Einzugsgebiet [ha]
$\psi_S$ Abflussbeiwert [ - ]
$r_{D,1}$ Regenspende der Dauer D (10, 15, oder 30 Min.) und der Jährlichkeit n=1 a [l/(s·ha)]
$Q_{d,zu}$ ggf. vorh. Drosselabflüsse oberhalb liegender Einzugsgebiete [l/s]
$Q_{d,ab}$ ggf. vorh. Drosselabfluss am Entlastungsbauwerk der Einleitungsstelle [l/s]
$Q_t$ ggf. vorh. Trockenwetterabfluss aus dem direkt angeschlossen Einzugsgebiet [l/s]

- Die Regendauer zur Auswahl der Regenspende ist nach den Hinweisen der oberen Abschnitte anzusetzen. Sind keine besonderen Vorgaben gemacht, wie z.B. für die fiktiven Einleitungsstellen, wird der Standardwert von D = 15 Minuten angesetzt.
- Für den Abflussbeiwert wird ein üblicher Wert von 0,85 angesetzt (u.a. NAFO 2004).
  *Hinweis:*
  - Der Abflussbeiwert wird mit den bereits in Abschnitt 3.1.1 zitierten Angaben von BECKER et al. (1998) für den Emscherraum abgeglichen. Für den Emscherraum wurde anhand von detaillierten Kanalnetzmodellen und Abflussmessungen die Abflussbeiwerte nach Tabelle 3.3 ermittelt. Für die Straßenflächen wird dieser mit 0,85 angegeben. Für die Grundstücksflächen (Dach- und priv. Flächen) ergibt sich die Summe $A_{red}$ zu 15.050 ha und $A_u$ zu 12.782 ha, woraus sich ebenfalls ein Abflussbeiwert von 0,85 errechnet. Der Abflussbeiwert von 0,85 für die Bewertungsmethodik ist somit plausibel und kann sowohl für die Grundstücks- als auch die Straßenflächen angesetzt werden.
  -

Tabelle 3.3: Flächenbilanz und Abflussbeiwerte für den Emscherraum, BECKER et al. (1998)

| | $A_{red}$ ha | $\Psi$ - | $A_u$ ha |
|---|---|---|---|
| öffentliche Straßenflächen | 6.450 | 0,85 | 5.483 |
| Dachflächen | 8.815 | 0,9 | 7.934 |
| priv. Flächen schmutzig | 4.945 | 0,85 | 4.203 |
| priv. Flächen sauber | 1.290 | 0,5 | 645 |
| Summe | 21.500 | | 18.264 |

- Für jeden Nachweisraum wird der einjährliche Einleitungsabfluss $Q_{E1,vorh}$ als hydraulische Belastungsgröße durch Aufsummierung der den Nachweisraum belastenden Einleitungsabflüsse $Q_{E1,i}$ ermittelt:

$$Q_{E1,vorh} = \sum Q_{E1,i}$$

## 3.2 Nachweisraum (geschlossenes Siedlungsgebiet)

Für die Bewertungsmethodik müssen Nachweisräume abgegrenzt werden, an deren Grenzen der hydraulische Stress in den Oberflächengewässern durch Misch- und Regenwasser-

einleitungen insgesamt abgebaut ist und keine Überlagerung mit ober- oder unterhalb liegenden Einleitungen auftritt. Diese Gebiete werden „geschlossene Siedlungsgebiete“ (BWK-M 3) oder auch „Wirkungsgebiete“ (MIGGE/WALTER 2003) genannt.

Nach Merkblatt BWK-M 3 ist eine exakte Abgrenzung des Einflussbereiches zurzeit nicht möglich. Für die Abschätzung des stofflichen Einflussbereiches ist im Merkblatt eine Hilfsgröße in Abhängigkeit von der mittleren Tiefe und der mittleren Fließgeschwindigkeit (bei MNQ) angegeben, die zwischen < 1,6 – 4,8 km liegt.

Flächendeckende Angaben zur mittleren Tiefe und mittleren Fließgeschwindigkeit liegen für NRW nicht vor. Über die Angaben des Fließgewässertypenatlas NRW in Verbindung mit den Leitbildern (MUNLV 2003b) lassen sich nur allgemeine Angaben zum Querprofil und zur Strömungsdiversität ableiten, die für eine Einteilung in die Kategorien des BWK-M 3 nicht geeignet sind.
Für die Abgrenzung des geschlossenen Siedlungsgebiets (Nachweisraum) wird daher von folgenden Annahmen ausgegangen:

- Für den Einflussbereich wird der Mittelwert des BWK-M3 mit 3,2 km zugrunde gelegt. Dieser Wert ist in Projektphase II auf Plausibilität zu prüfen.
- Ein geschlossenes Siedlungsgebiet beginnt mit der obersten Einleitungsstelle und endet, wenn eines der folgenden Kriterien erfüllt ist:
  - der Abstand von zwei aufeinander folgenden Einleitungsstellen beträgt mehr als 3,2 km
  - ein definierter Endpunkt aus den Verschneidungen wird mit den Talsperren oder Seen erreicht
  - $A_{E0}$ > 5.000 km² am Ende des Gewässerabschnitts ist (siehe Abschnitt 2.1.6)
  - der Anteil der versiegelten Fläche am natürlichen Gewässereinzugsgebiet < 1% ist (siehe Abschnitt 2.1.6)

  *Hinweis:*
    - Bei der Abgrenzung über das Abstandskriterium ist zu berücksichtigen, dass Einflussbereiche z.B. von Einleitungen an abzweigenden Nebengewässern mit berücksichtigt werden.
- Unabhängig von der Abgrenzung des geschlossenen Siedlungsgebietes ist jeder Gewässerabschnitt ein Nachweisraum, da nach Merkblatt BWK-M 3 vor jeder Verzweigung eines Gewässers ein hydraulischer Nachweis geführt werden muss. Der Gewässerabschnitt ist dabei durch sämtliche Einleitungen, die direkt in den Abschnitt einleiten, belastet. Weiterhin sind sämtliche Oberstrom gelegenen Einleitungsstellen, die zum geschlossenen Siedlungsgebiet gehören, zu berücksichtigen.
- Endet in einem Gewässerabschnitt ein geschlossenes Siedlungsgebiet, so werden für den Nachweis für den Gewässerabschnitt, wie vorgenannt, trotzdem alle Einleitungen des Gewässerabschnitts (zusätzlich zu den Oberstrom gelegenen Einleitungen) angesetzt, da die Lage der fiktiven Einleitungsstellen nicht eindeutig sind.
  Bei dem nächsten, Unterstrom liegenden geschlossenen Siedlungsgebiet werden aber

nur noch die Einleitungen berücksichtigt, die unterhalb der Abgrenzung des geschlossenen Siedlungsgebietes aus dem Gewässerabschnitt liegen.

### 3.3 Signifikanzkriterium

Nach den Folgerungen von Abschnitt 2.1.7 wird folgendes Signifikanzkriterium des Merkblatt BWK-M 3 verwendet:

$$Q_{E1,zul} < 1{,}0 \cdot Hq_{1,pnat} \cdot \frac{A_{red}}{100} + x \cdot Hq_{1,pnat} \cdot A_{Eo} \quad \text{[l/s]}$$

mit

$HQ_{1,pnat}$: potenziell naturnahe jährliche Hochwasserspende [l/(s·km²)]

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

$A_{Eo}$: oberirdisches Einzugsgebiet des Gewässers [km²]

$Q_{E1,zul}$: zulässiger kritischer jährlicher Einleitungsabfluss [l/s]

x: Multiplikationsfaktor für die zulässige Abflusserhöhung für anthropogene Einflüsse, in der Regel 0,1

Die Anwendung des Kriteriums erfolgt unter folgenden Annahmen:

- Für den X-Faktor liegen für NRW keine regionalisierten Daten vor, weshalb dieser mit dem Standardwert x = 0,1 des Merkblatt BWK-M 3 angesetzt wird.
- Nach den Folgerungen von Abschnitt 2.2.4 werden für die $Hq_{1,pnat}$–Werte für die vereinfachte Bewertung im Rahmen der Bewertungsmethodik die Mittelwerte aus den Hüllkurven nach Anhang 4, BWK-M 3 als Funktion des Gefälles und der Einzugsgebietsgröße angesetzt (Beispiel siehe Bild 3.1).

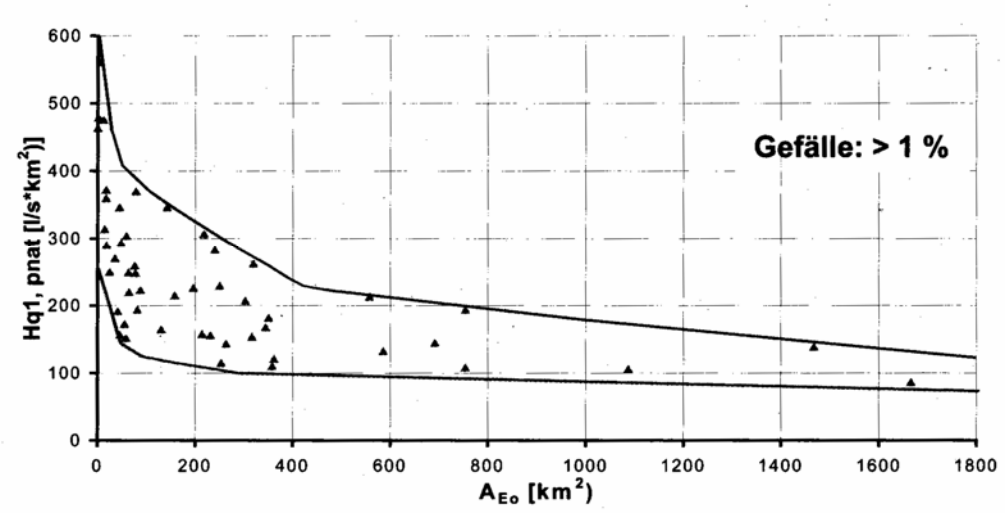

Bild 3.1 Potenziell naturnahe Hochwasserabflussspende ($Hq_{1,pnat}$) in Abhängigkeit vom mittleren Gefälle für Einzugsgebietsgrößen von 0 – 1.800 km², Beispiel für den Gefällebereich > 1% nach Merkblatt BWK-M 3

*Hinweise:*

- Nach Merkblatt BWK-M 3 liegen Einzugsgebiete mit großer Gewässernetzdichte, Nutzung als Kulturland und kleinen Fließlängen am oberen Rand der in Bild 3.1 angegebenen Spenden. Vorwiegend bewaldete Gebiete mit geringer Gewässernetzdichte und gestrecktem Gebiet liegen am unteren Rand.
- Da das Merkblatt BWK-M 3 keine zahlenmäßigen Hinweise dazu liefert, ab welcher Gewässernetzdichte / Fließlänge bzw. ab welchem Wald- oder Kulturlandanteil der obere bzw. untere Bereich der Hüllkurven gewählt werden sollte, werden die Mittelwerte der Hüllkurvenwerte angesetzt.
  In Projektphase II sollte geprüft werden, ob aufgrund der genannten Kriterien in Abgleich mit berechneten Werten begründet der obere bzw. untere Bereich der Hüllkurvenwerte gewählt werden sollte.

- Die Ermittlung des mittleren Gewässergefälles erfolgt mit den Gefälleangaben der zum oberen Einzugsgebiet ($A_{E0}$) zugehörigen Gewässerabschnitte als flächengewichteter Mittelwert.
- Das Maß der hydraulischen Belastung eines Gewässerabschnitts wird als Verhältnis des vorhandenen Einleitungsabflusses $Q_{E1,vorh}$ zum zulässigen Einleitungsabfluss $Q_{E1,zul}$ ermittelt:

$$hydB_{Gewässerabschnitt} = Q_{E1,vorh} / Q_{E1,zul}$$

## 3.4 Ermittlung der oberen Einzugsgebiete

Für die Anwendung des Signifikanzkriteriums ist eine Ermittlung des oberen Einzugsgebietes $A_{E0}$ für jeden Nachweisraum erforderlich. Die Ermittlung erfolgt mit folgenden Annahmen:

- Für jeden Gewässerabschnitt erfolgt die Ermittlung des direkten oberirdischen Teileinzugsgebietes auf GIS-Basis wie folgt:
  - Berücksichtigung der Einzugsgebietsgrenzen nach der Gewässerstationierungskarte (GSK) 3. Auflage des Landesumweltamtes (LUA)
  - Generierung der Teileinzugsgebietsgrenzen für die Gewässerabschnitte mit Hilfe des digitalen Geländemodells über die Orographie im „Bergland“ und über geometrische Kriterien im Flachland (z.B. Rasterbildung des Einzugsgebietes und Zuordnung zu einem Gewässer über den nächsten Abstand)
  - Für die Generierung der Teileinzugsgebietsgrenzen sind entsprechende Algorithmen auf GIS-Basis zu programmieren. Eine Verfeinerung dieser Algorithmen und eine teilweise händische Nachbearbeitung sind im Rahmen der Projektphase II erforderlich.

- Die Karte der Teileinzugsgebiete für die Gewässerabschnitte stellt eine Grundlagenkarte dar, die einmalig erstellt wird.

- Jeder Gewässerabschnitt und jedes zugehörige Teileinzugsgebiet werden eindeutig mit der gleichen Nummer benannt.
- Ausgangspunkt für die Benennung ist die Gewässerkennzahl der GSK zuzüglich einer laufenden Ordnungsnummer (drei Ziffern) für den jeweiligen Gewässerabschnitt, beginnend von der Mündung an.
- Das obere Einzugsgebiet $A_{E0}$ für jeden Nachweisraum wird durch Summierung der Flächengrößen der oberhalb gelegenen Teileinzugsgebiete der Gewässerabschnitte zuzüglich des Teileinzugsgebietes des betrachteten Gewässerabschnitts ermittelt.

## 3.5 Ergebnisdarstellung

Die Ergebnisse werden auf einer Detailebene und einer Aggregationsebene wie folgt dargestellt:

*Detailebene:*

- Für jeden Gewässerabschnitt wird die hydraulische Belastung dargestellt.
- Die Belastung wird anhand des Maßes für die hydraulische Belastung ($hydB_{Gewässerabschnitt}$) in insgesamt 5 Belastungsklassen (0 – IV) eingeteilt (Bild 3.2).
- Die Belastungsklasse 0 stellt Gewässerabschnitte dar, bei denen das Verhältnis von $Q_{E1,vorh} / Q_{E1,zul} \leq 1$ ist und somit keine zu hohe Belastung des Gewässers durch Niederschlagswassereinleitungen zu erwarten ist.
- Die Belastungsklassen I – IV stellen Klassen dar, bei denen das Verhältnis von $Q_{E1,vorh} / Q_{E1,zul} > 1$ und somit eine zu hohe Belastung des Gewässerabschnittes nach dem Signifikanzkriterium und dem vereinfachten Vorgehen der Bewertungsmethodik berechnet wird.
- Die Zuordnung zu den Belastungsklassen soll in Projektphase II überprüft werden. Ggf. ist für Detailauswertungen für den späteren Anwender auch eine Aufgliederung der Belastungsklasse I in weitere Unterklassen hilfreich, was derzeit aber nicht vorgesehen ist.
- Bei der Ergebnisdarstellung werden ausgewiesene FFH- bzw. Naturschutzgebiete für den Anwender nachrichtlich mit dargestellt. FFH- bzw. Naturschutzgebiete haben aber keinen Einfluss auf die Berechnung der hydraulischen Belastung bzw. die Zuordnung zu den Belastungsklassen.

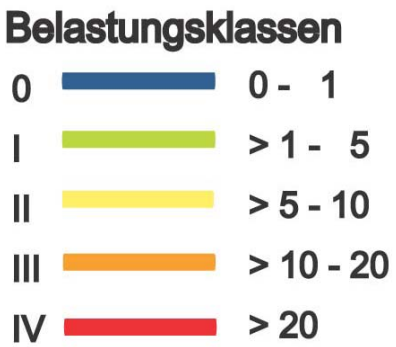


Bild 3.2 Belastungsklassen 0-IV mit dem zugehörigen Maß der hydraulische Belastung als Verhältnis von $Q_{E1,vorh} / Q_{E1,zul}$

- Für jeden Nachweisraum wird eine Ergebnistabelle ausgegeben, in der alle Zwischenergebnisse der Berechnung aufgeführt sind. Die berücksichtigten Einleitungsstellen werden mit ihren Eingangsdaten dabei differenziert dargestellt. Lücken bzw. Unplausibilitäten im Datenbestand werden kenntlich gemacht. Damit wird dem Anwender der Berechnungsgang transparent gemacht. Werden bei einem Abgleich vor Ort Unplausibilitäten festgestellt, ist eine Kontrollbasis der Ergebnisse gegeben.

*Aggregationsebene*
Die Ergebnisse der Detailebene werden aggregiert, so dass für jeden Oberflächenwasserkörper nach Wasserrahmenrichtlinie eine Bewertung der hydraulischen Belastung ausgewiesen wird. Dazu wird eine längengemittelte Belastung aus den Einzelbelastungen der zugehörigen Abschnitte aus der Detailebene für die Länge des Wasserkörpers berechnet.

## 3.6 Umgang mit Datenlücken

Treten in den REBEKA-, NIKLAS-KOM oder NIKLAS-IGL-Daten an wesentlichen Stellen Datenlücken auf, so können die Daten für eine Berechnung von detaillierten Einleitungsstellen nicht berücksichtigt werden. Die versiegelten Flächen werden dann über die ATKIS-Verschneidung über die fiktiven Einleitungsstellen erfasst.
Fehlende Daten in den REBEKA-, NIKLAS-KOM oder NIKLAS-IGL-Daten werden in der Ergebnistabelle und durch Einfärbung der Bauwerksstandorte so ausgewiesen bzw. visualisiert, dass ein nicht vollständiger Datensatz auffällig und eine Ergänzung des Datenbestandes damit möglich wird.

## 3.7 Neue GIS-Tools

### 3.7.1 Veranlassung

Für die Umsetzung der im Projekt verfolgten Ansätze wurde die weit verbreitete GIS-Plattform ArcGIS 9.1 der Firma ESRI verwendet. Die verwendeten Daten sind flächendeckend für das ganze Land NRW verfügbar. Im Rahmen der Projektphase I wurden jedoch nur die ausgewählten Testgebiete bearbeitet. Alle benötigten Daten wurden in einer auf Microsoft Access basierenden Geodatenbank einheitlich zusammengeführt.
Die Programmierung der erforderlichen GIS-Funktionen erfolgte mittels des in ArcGIS integrierten Entwicklungswerkzeugs, *Microsoft Visual Basic for Applications* (VBA). Die Funktionen liegen als Makros vor, die über eine spezielle Buttonleiste von der ArcGIS-Oberfläche aus gestartet werden können.

Für die Funktionsfähigkeit der entwickelten Tools sind folgende Daten erforderlich:

- Gewässerläufe als Linien-Shapes
- Einzugsgebiete als Flächen-Shapes

- Digitales Geländemodell (DGM), 10x10m-Raster (oder feiner)

Für weiter gehende Auswertungen wurden außerdem verwendet:

- ATKIS-Daten als Flächen-Shapes (Ortslagen, versiegelte Flächen, bewaldete Flächen)
- REBEKA-Daten als Punkt-Shapes
- Straßennetz als Linien-Shapes

### 3.7.2 Gewässerabschnitte

Für den in GISBREIN verfolgten Ansatz ist es erforderlich, für jeden Gewässerabschnitt das Teileinzugsgebiet zu bestimmen, um die vorgesehenen Bilanzierungen durchführen zu können. Ein Gewässerabschnitt ist dabei jeweils oberhalb und unterhalb von Zuflüssen bzw. Quelle und Mündung begrenzt.
Da die verfügbaren Linien-Shapes jeweils ein komplettes Fließgewässer darstellen, war es zunächst erforderlich ein Makro zu erstellen, das die vorhandenen Gewässershapes anhand der Zuflüsse in Abschnitte zerteilt. Dabei wurden lediglich Gewässer mit Gewässerkennzahl (GKZ) als Zuflüsse berücksichtigt.
Jeder Abschnitt wurde mit einer Bezeichnung versehen, die sich aus der GKZ des Gewässers und der dreistelligen Nummer des Abschnitts ergibt. Die Zählung beginnt an der Mündung eines Gewässers mit 001. GKZ und Abschnittnummer werden durch einen Bindestrich getrennt.

Verknüpfungen der Abschnitte:
Für viele Auswertungen ist es erforderlich, das gesamte oberhalb liegende Einzugsgebiet eines Gewässerabschnitts zu ermitteln. Um nicht jedes Mal komplizierte GIS-Abfragen starten zu müssen, wurden alle Abschnitte jeweils mit den beiden oberhalb zusammenfließenden wie auch mit dem unterhalb abschließenden Abschnitt verknüpft. Die Verknüpfung erfolgt dadurch, dass in vier speziellen Spalten der Abschnitt-Attributtabelle folgende Angaben vermerkt wurden:

- Bezeichnung des Abschnitts (z.B. „2787-012“)
- Bezeichnung des unterhalb folgenden Abschnitts (z.B. „2787-011“)
- Bezeichnung des ersten oberhalb liegenden Abschnitts (z.B. „2787-013“)
- Bezeichnung des zweiten oberhalb liegenden Abschnitts (z.B. „27873-001“)

Bei den beiden oberhalb liegenden Abschnitten wird nicht unterschieden zwischen Hauptgewässer und Zufluss. An der Mündung erfolgt eine Verknüpfung mit dem entsprechenden Abschnitt des übergeordneten Gewässers, im obersten Abschnitt (Quelle) bleiben die Felder für die oberhalb liegenden Abschnitte leer.

### 3.7.3 Abgrenzung von Teileinzugsgebieten

Da auch die Abgrenzung der Teileinzugsgebiete für jeden einzelnen Gewässerabschnitt nicht verfügbar war, wurde ein Makro entwickelt, das versucht, über das Digitale Geländemodell (DGM) das Oberflächenrelief abzutasten und daraus mutmaßliche Wasserscheiden

zu identifizieren. Die Teileinzugsgebiete übernehmen dabei jeweils die Bezeichnungen der Gewässerabschnitte und werden wie diese mit den beiden oberhalb liegenden Einzugsgebieten wie auch mit dem unterhalb liegenden verknüpft.
Diese Funktion erwies sich als die mit Abstand anspruchsvollste Aufgabe. Das Ergebnis ist vornehmlich im Bergland mit starken Höhendifferenzen brauchbar; im Flachland stößt diese Methode rasch an ihre Grenzen. Daher sollten für das Flachland alternative Strategien weiter entwickelt werden, die vornehmlich über die Geometrie (gleiche Abstände) Abgrenzungen generieren.
Für die Testgebiete wurden durch das entsprechende Makro Teileinzugsgebiete generiert; es war zum Teil noch sehr viel „Handarbeit“ erforderlich, um die Abgrenzung halbwegs plausibel erscheinen zu lassen.

### 3.7.4 Weitere Auswertungen

Sind die Gewässerabschnitte und die Teileinzugsgebiete erstmal verfügbar, können weitere Makros implementiert werden, die darauf aufbauend Verschneidungen mit bestimmten ATKIS-Flächen oder dem Straßennetz vornehmen. Hierbei werden lediglich „normale“ GIS-Funktionen auf geeignete Art und Weise aufgerufen. Die Ergebnisse der Auswertungen werden überwiegend in zusätzlichen Feldern / Spalten in die Attributtabellen der Abschnitte bzw. Einzugsgebiete festgehalten.
Darüber hinaus können über die Verknüpfungen der Abschnitte und Einzugsgebiete schnell und zuverlässig folgende Abfragen erfolgen:

- Welche Gewässerabschnitte entwässern direkt oder indirekt in einen selektierten Abschnitt? (Oberläufe)
- Wohin entwässert der selektierte Abschnitt direkt und indirekt? (Unterläufe)
- Welches ist das gesamte Einzugsgebiet des selektierten Abschnitts?
- Welche Einzugsgebiete erhalten Wasser aus dem selektierten Abschnitt?

### 3.7.5 Kurzbeschreibung der Makros

Alle Makros bearbeiten jeweils die aktuell vom Anwender selektierten Objekte von bestimmten Layern und legen die Ergebnisse wiederum in anderen Layern ab. In der aktuellen Version sind die zu verwendenden Layer als Konstante vorgegeben; in späteren Versionen sollten die Layer konfigurierbar sein.
Im Folgenden werden die einzelnen Makros in ihrem Ablauf beschrieben.

Makro 1: CreateWaterbodies

| | |
|---|---|
| verwendet Layer | Gewässerläufe (Linien) |
| erzeugt Objekte | Gewässerabschnitte (Linien), Gabelpunkte (Punkte) |
| modifiziert Objekte | keine |

Aufgabe:

- erzeugt Gewässerabschnitte

Funktionsweise:

- ermittelt zunächst alle Gewässer, die mit dem selektierten Gewässer räumlich in Kontakt stehen (Zuflüsse, Gewässer höherer Ordnung)
- erzeugt an den Kontaktstellen Punktobjekte, die als Gabelpunkte in einem gesonderten Layer festgehalten werden
- erzeugt eine Kopie des selektierten Gewässers, zerteilt diese an jedem Gabelpunkt in Teilstücke, die jeweils einem Gewässerabschnitt entsprechen
- vergibt aus GKZ und Abschnittsnummer neue Bezeichnungen für die Abschnitte
- vermerkt die Kilometrierung von Anfangs- und Endpunkt, bezogen auf das selektierte Gewässer
- übergibt die Abschnittsbezeichnungen auch an die Gabelpunkte, die somit ebenfalls Informationen über die am Gabelpunkt beteiligten Abschnitte tragen.

Makro 2: CreateCatchments

| | |
|---|---|
| verwendet Layer | Einzugsgebiete (Flächen), Gewässerabschnitte (Linien) |
| erzeugt Objekte | Teileinzugsgebiete (Flächen) |
| modifiziert Objekte | keine |

Aufgabe:

- erzeugt Teileinzugsgebiete für die Gewässerabschnitte

Funktionsweise:

- ermittelt alle Gewässerabschnitte, die innerhalb des selektierten Einzugsgebietes liegen
- zerteilt das Einzugsgebiet an Hand der Gewässerabschnitte (bei Quellabschnitten: deren Verlängerung bis zur Gebietsgrenze) in Sektoren, die nicht von Gewässern (bzw. –abschnitten) durchschnitten werden
- sucht in jedem der Sektoren nach Wasserscheiden. Von einem Gabelpunkt gehen jeweils im Winkel zwischen den zu- und abfließenden Gewässerabschnitten drei Wasserscheiden aus, deren Verlauf wenn möglich aus dem Geländemodell hergeleitet, ansonsten aus der Geometrie konstruiert wird.
- setzt aus jeweils zwei der aus den Sektorengrenzen und Wasserscheiden gebildeten Teilflächen ein Teileinzugsgebiet zusammen (linke und rechte Seite des Gewässerabschnitts).
- überträgt die Bezeichnungen der Gewässerabschnitte und deren Verknüpfungen auf die Teileinzugsgebiete
- überträgt die Sachdaten des Einzugsgebiets auf die Teileinzugsgebiete

Makro 3a/b: ShowCatchment

| | |
|---|---|
| verwendet Layer | Einzugsgebiete (Flächen), Gewässerabschnitte (Linien) |
| erzeugt Objekte | keine |
| modifiziert Objekte | Einzugsgebiete (Sachdaten), Gewässerabschnitte (Sachdaten) |

Aufgabe:

- zeigt oberhalb oder unterhalb gelegene Teileinzugsgebiete und/oder Gewässerabschnitte an

- modifiziert Sachdaten (Flächengröße des Gesamteinzugsgebiets, mittleres Gefälle eines Gewässerabschnitts)

Funktionsweise:

- ermittelt für den selektierten Gewässerabschnitt und/oder dessen Teileinzugsgebiet den Oberlauf bzw. das Gesamteinzugsgebiet (Makro 3a) oder den Unterlauf bzw. die unterhalb gelegenen Teileinzugsgebiete (Makro 3b)
- trägt bei jedem der beteiligten Teileinzugsgebiete die Flächengröße des aufsummierten Gesamteinzugsgebiets ein
- trägt bei jedem der beteiligten Gewässerabschnitte das mittlere Gefälle ein (Höhendifferenz/Abschnittlänge in Prozent)
- zeigt die ermittelten Gewässerabschnitte und/oder Teileinzugsgebiete durch Selektion an.

Makro 4: CreateDischarge

| | |
|---|---|
| verwendet Layer | Einzugsgebiete (Flächen), Gewässerabschnitte (Linien), Regenbecken (Punkte) |
| erzeugt Objekte | Zuflüsse und Einleiter (Linien) |
| modifiziert Objekte | keine |

Aufgabe:

- konstruiert direkte Zuflüsse aus den Regenbecken eines Teileinzugsgebiets in den Gewässerabschnitt, in Ermangelung genauerer Daten als kürzeste Verbindungslinie

Funktionsweise:

- ermittelt alle Regenbecken (aus REBEKA), die innerhalb des selektierten Einzugsgebietes liegen
- ermittelt für jedes der Becken den nächstliegenden Punkt auf dem Gewässerabschnitt
- konstruiert einen mutmaßlichen Zufluss als direkte Verbindungslinie zwischen dem Becken und dem nächstliegenden Punkt auf dem Gewässerabschnitt
- überträgt die Bezeichnung des Gewässerabschnitts sowie Zuflusslänge und Kilometrierung der Einleiterstelle auf den Zufluss
- überträgt die Sachdaten des Beckens auf den Zufluss

Makro 5: IntersectVillageAreas

| | |
|---|---|
| verwendet Layer | Einzugsgebiete (Flächen), Ortslagen (Flächen) |
| erzeugt Objekte | EZG-Ortslagen (Flächen) |
| modifiziert Objekte | keine |

Aufgabe:

- Hilfsmakro zur Erzeugung von Verschneidungsflächen der Ortslagen mit den Einzugsgebieten, vereinfacht Makro 6

Funktionsweise:

- ermittelt Ortslagen, die innerhalb des selektierten Einzugsgebietes liegen oder dessen Grenzen schneiden
- verschneidet Ortslagen mit dem Einzugsgebiet, vereinigt alle verschnittenen Ortslagen innerhalb eines Einzugsgebiets zu einem Flächenobjekt
- legt die verschnittenen Ortslagen im Layer EZG-Ortslagen ab

Makro 6: GetIntersectionData

| | |
|---|---|
| verwendet Layer | Einzugsgebiete (Flächen), EZG-Ortslagen (Flächen), ATKIS (Flächen), Straßen (Linien) |
| erzeugt Objekte | keine |
| modifiziert Objekte | Einzugsgebiete (Sachdaten) |

Aufgabe:

- verschneidet Teileinzugsgebiet mit ATKIS-Flächen und Straßennetz, ermittelt daraus Flächengrößen für ATKIS-Objektarten und Straßenlängen

Funktionsweise:

- ermittelt Ortslagen, ATKIS-Flächen und Straßen, die innerhalb des selektierten Einzugsgebietes liegen oder dessen Grenzen schneiden
- verschneidet ATKIS-Flächen mit dem Einzugsgebiet
- verschneidet Straßen mit den verschnittenen ATKIS-Flächen
- verschneidet Straßen mit dem Einzugsgebiet
- verschneidet Straßen mit den EZG-Ortslagen
- summiert alle verschnittenen ATKIS-Flächen nach Objektarten getrennt
- summiert alle verschnittenen Straßenlängen nach Objektarten getrennt für das gesamte Einzugsgebiet, für die EZG-Ortslagen sowie für einzelne ATKIS-Objektarten

# 4 Methodenanwendung

## 4.1 Beispielgebiet Rotbach

Der Rotbach entwässert ein rund 50 km² großes Einzugsgebiet mit den Städten Voerde, Dinslaken und den Randbereichen von Bottrop und Oberhausen. Der Rotbach entspringt mit seinen Quellbächen Rotbach und Schwarzer Bach im Bereich der Kirchheller Heide. Die Mündung des Rotbachs in den Rhein liegt in unmittelbarer Nähe von Götterswickerhamm. Beim Rotbach handelt es sich um ein Flachlandgewässer mit einem Gewässergefälle unter 1 % und einer Gesamtlänge von ca. 22 km. Insbesondere der Unterlauf ist durch Siedlungsabflüsse aus dem Bereich von Dinslaken stark beeinflusst. Die durch den Steinkohleabbau des Bergwerkes Lohberg/Osterfeld hervorgerufen Senkungen machen es erforderlich, dass der Rotbach im Bereich des Dinslakener Ortsteils Hiesfeld gepumpt wird.

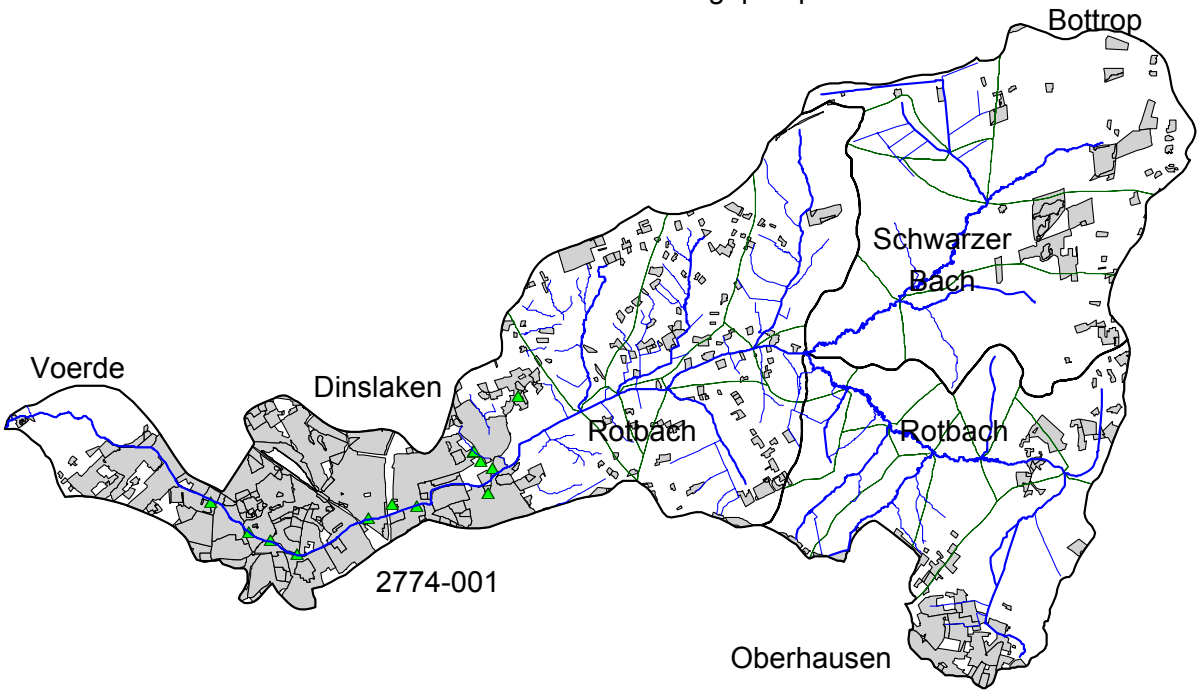


Bild 4.1 Lageplan des Rotbaches mit Teileinzugsgebietsgrenzen der Gewässerabschnitte

Für den Rotbach liegt ein vereinfachter Nachweis nach BWK-M 3 vor, der von der Durchschlag & Bever Ingenieurgesellschaft mbH aufgestellt und über das StUA Duisburg (Herr Odental) zur Verfügung gestellt wurde (DURCHSCHLAG & BEVER, 2005c). In diesem Nachweis aufgeführte geplante Baugebiete und Regenrückhaltebecken werden in diesem Vorhaben nicht berücksichtigt. Zum Abgleich der Angaben aus dem vereinfachten Nachweis mit den Ergebnissen nach der Bewertungsmethodik ist der Ist-Zustand maßgeblich, da nur dieser nach der Bewertungsmethodik erfasst werden kann. Zusätzlich zum vereinfachten Nachweis liegt ein Fließplan und ein Einzugsgebietsplan aus der Generalentwässerungsplanung der Stadt Dinslaken vor, der ebenfalls von der Durchschlag & Bever Ingenieurgesellschaft mbH aufgestellt und über das Tiefbauamt der Stadt Duisburg (Herr Hochstrat) zur

Verfügung gestellt wurde (DURCHSCHLAG & BEVER 2005a, DURCHSCHLAG & BEVER 2005b).

### 4.1.1 Gewässerabschnitte und Teileinzugsgebiete

Die Unterteilung der nach der GSK stationierten Fließgewässer in Gewässerabschnitte erfolgt für das Testgebiet automatisiert mit dem für dieses Vorhaben entwickeltem Makro (siehe Bild 4.1). Die einzelnen Abschnitte mit den entsprechenden Bezeichnungen sind in der Anlage 4.1 dargestellt. Der Abschnitt 2774-011 wird durch den Abschnitt 277412-001 nicht in mehrere Abschnitte unterteilt, da es sich beim Gewässer 277412-001 eine Umflut handelt. Die Abgrenzung der Gewässerabschnitte in diesem Sonderfall erfolgt manuell. Dem Gewässer 277412-001 wird kein eigenes Teileinzugsgebiet zugewiesen. Wegen der Probleme bei der automatischen Generierung der Teileinzugsgebiete im Flachland, werden die Einzugsgebiete für dieses Testgebiet ebenfalls weitestgehend manuell erzeugt. Der Abschnitt 277412-001 verfügt über kein Einzugsgebiet. Die hier aufgetretenen Fehler haben nur geringen Einfluss auf die Ergebnisse.

### 4.1.2 Zuordnung von Regenspenden

Das Testgebiet liegt im Grenzbereich von vier Rasterfeldern nach dem KOSTRA-Atlas. Die 15-minütigen Regenspenden der Häufigkeit T=1a liegen in einem engen Bereich von 102,8 bis 108,3 l/(s·ha) und unterscheiden sich nur geringfügig. Für das Testgebiet wird daher der Mittelwert von 105,5 l/(s·ha) gewählt. Die 10-minütige Regenspende wird durch Multiplikation mit dem Zeitbeiwert berechnet.

### 4.1.3 Aufbereitung der REBEKA-Daten

Regenbecken, die im REBEKA-Kataster erfasst sind, befinden sich nur am untersten Gewässerabschnitt 2774-001 (siehe grüne Dreiecke in Bild 4.1). In Tabelle 4.1 sind die relevanten Daten zusammengefasst.

Tabelle 4.1: Aufbereitete REBEKA-Daten

| Bauwerk [1)] | $A_{red}$ [1)] [ha] | Art [1)] [-] | $Q_{d,ab}$ [1)] [l/s] | System [1)] [-] | Gefälle [%] | $r_{D,1}$ [l/(s·ha)] | $\sum Q_{d,zu,i}$ [l/s] | $Q_{E1}$ [2)] [l/s] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| RÜB Hiesfeld-Nord | 23,0 | DB | 29,0 | | 0,18 | 105,5 | 0,0 | 2034 |
| RÜB Hiesfeld-Süd Kreisverkehr | 15,0 | DB | 40,0 | | 0,18 | 105,5 | 0,0 | 1305 |
| RÜB Sternkrader Straße | 5,0 | SKO | 10,0 | | 0,18 | 105,5 | 0,0 | 438 |
| RKB Hans-Böckler-Straße | 10,0 | | | | 0,18 | 105,5 | 0,0 | 897 |
| RKB RW-Behandlungsanl. Krengelstr. | 6,0 | | | | 0,18 | 105,5 | 0,0 | 538 |
| RKB Marktstraße | 3,0 | | | | 0,18 | 105,5 | 0,0 | 269 |
| RKB Rabenkamp/Am Steppenkamp | 3,0 | | | | 0,18 | 105,5 | 0,0 | 269 |
| RKB Innenstadt | 39,0 | | | | 0,18 | 105,5 | 0,0 | 3497 |
| RKB Kanalstauraum Wiesenstraße | 4,0 | | | | 0,18 | 105,5 | 0,0 | 359 |
| RRB Fichtenstraße | 1,0 | | | T | 0,18 | 105,5 | 0,0 | - |
| RKB Fichtenstraße | 2,0 | | | | 0,18 | 105,5 | 0,0 | 0 |
| RRB Am Kirchberg | 1,0 | | | M | 0,18 | 105,5 | 0,0 | 0 |
| RKB Kirchstraße/Am Freibad | 8,0 | | | | 0,18 | 105,5 | 0,0 | 717 |

1) Angaben aus dem REBEKA-Kataster

2) $Q_{E1} = A_{red} \cdot \psi_S \cdot r_{D,1} + \sum Q_{d,zu,i} + Q_t - Q_{d,ab}$ mit $\psi_S$=0,85 und $Q_t$=0 l/s

Das RKB Fichtenstraße wird in Einheit mit einem RRB betrieben und hat daher keinen Einleitungsabfluss in das Gewässer. Beim RRB Fichtenstraße ist kein Drosselabfluss angegeben, so dass dieses Bauwerk und die damit verbundene Retentionswirkung nicht berücksichtigt werden können. Die angeschlossene Fläche wird nach dem Vorgehen der Bewertungsmethodik daher über die spätere ATKIS-Verschneidung erfasst und fließt so als Trenngebietsfläche ohne Retention mit in die Berechnung ein.
Das RRB Am Kirchberg ist ein Mischwasser-RRB. Der Drosselabfluss wird zur KA weitergeleitet und es erfolgt kein Abfluss ins Gewässer.

Im vorliegenden vereinfachten Nachweis nach BWK-M 3 sind alle relevanten Bauwerke bis auf das RRB Fichtenstraße, RKB Fichtenstraße und das RKB Kirchstraße berücksichtigt. Auch in dem zur Verfügung stehenden Fließplan aus dem Generalentwässerungsplan der Stadt Dinslaken sind diese Bauwerke nicht mit angeführt. Wahrscheinlich befinden sich die REBEKA-Daten in diesem Punkt nicht auf dem aktuellsten Stand. Diese Abweichungen haben auf die Ergebnisse keinen Einfluss, da auch das RKB und RRB Fichtenstraße nach der Bewertungsmethodik berücksichtigt werden können (siehe oben) und das RKB Kirchstraße keine Retentionswirkung besitzt.

In der Tabelle 4.2 sind die in den REBEKA-Daten und die im BWK-M 3 Nachweis angegebenen Drosselabflüsse gegenübergestellt.

Tabelle 4.2: Vergleich der Drosselabflüsse

| | REBEKA $Q_{d,ab}$ [l/s] | Nachweis [1)] $Q_{d,ab}$ [l/s] | Abweichung [%] |
|---|---|---|---|
| RÜB Hiesfeld-Nord | 29,0 | 29,3 | -1,0 |
| RÜB Hiesfeld-Süd Kreisverkehr | 40,0 | 40,0 | 0,0 |
| RÜB Sternkrader Straße | 10,0 | 8,6 | 16,3 |

[1)] vereinfachter Nachweis BWK-M 3 von der Durchschlag & Bever Ing.ges. mbH

Die auftretenden Abweichungen der Drosselabflüsse beim RÜB Hiesfeld-Nord und Hiesfeld-Süd sind vernachlässigbar. Beim RÜB Sternkrader Straße treten prozentual höhere Abweichungen auf. Absolut gesehen ist die Differenz der angegebenen Drosselabflüsse von 1,4 l/s auf das Gesamtergebnis vernachlässigbar.

In Tabelle 4.3 sind die Angaben zu den angeschlossenen Flächen gegenübergestellt. Hier zeigen sich teilweise deutliche Abweichungen. In der Summe ergeben sich Abweichungen von -18,4 %. Wahrscheinlich befinden sich die REBEKA-Daten nicht auf dem Stand des BWK-M 3 Nachweises.

Tabelle 4.3: Vergleich der Flächenangaben

| | REBEKA $A_{red}$ [ha] | Bewertungsmethodik $A_u$ [1)] [ha] | Nachweis [2)] $A_u$ [ha] | Abweichung [%] |
|---|---|---|---|---|
| RÜB Hiesfeld-Nord | 23,00 | 19,55 | 24,66 | -20,7 |
| RÜB Hiesfeld-Süd Kreisverkehr | 15,00 | 12,75 | 16,01 | -20,4 |
| RÜB Sternkrader Straße | 5,00 | 4,25 | 6,61 | -35,7 |
| RKB Hans-Böckler-Straße | 10,00 | 8,50 | 10,47 | -18,8 |
| RKB RW-Behandlungsanl. Krengelstr. | 6,00 | 5,10 | 4,78 | 6,7 |
| RKB Marktstraße | 3,00 | 2,55 | 2,49 | 2,4 |
| RKB Rabenkamp/Am Steppenkamp | 3,00 | 2,55 | 3,80 | -32,9 |
| RKB Innenstadt | 39,00 | 33,15 | 39,07 | -15,2 |
| RKB Kanalstauraum Wiesenstraße | 4,00 | 3,40 | 4,66 | -27,0 |
| Summe | 108,00 | 91,80 | 112,55 | -18,4 |

1) $A_u=A_{red}\cdot\psi_S$ mit $\psi_S$=0,85 nach Bewertungsmethodik
2) vereinfachter Nachweis BWK-M 3 von der Durchschlag & Bever Ing.ges. mbH

In Tabelle 4.4 sind die im vereinfachten Nachweis nach BWK-M 3 angegebenen und die mit Hilfe der REBEKA-Daten und den Regenspenden berechneten einjährlichen Einleitungsabflüsse gegenübergestellt. Aufgrund des geringen Gefälles wird als Regenspende der 15-minütige Wert angesetzt.

Tabelle 4.4: Vergleich der einjährlichen Einleitungsabflüsse

| | Bewertungsmethodik $Q_{E1}$ [1)] [l/s] | Nachweis [2)] $Q_{E1}$ [l/s] | Abweichung [%] |
|---|---|---|---|
| RÜB Hiesfeld-Nord | 2034 | 2051 | -0,8 |
| RÜB Hiesfeld-Süd Kreisverkehr | 1305 | 1304 | 0,1 |
| RÜB Sternkrader Straße | 438 | 492 | -10,8 |
| RKB Hans-Böckler-Straße/Bachstraße | 897 | 540 | 66,1 |
| RKB RW-Behandlungsanl. Krengelstr. | 538 | 373 | 44,2 |
| RKB Marktstraße | 269 | 258 | 4,3 |
| RKB Rabenkamp/Am Steppenkamp | 269 | 91 | 195,6 |
| RKB Innenstadt | 3497 | 2132 | 64,0 |
| RKB Kanalstauraum Wiesenstraße | 359 | 353 | 1,6 |
| Summe | 9606 | 7593 | 26,5 |

1) nach Bewertungsmethodik
2) vereinfachter Nachweis BWK-M 3 von der Durchschlag & Bever Ing.ges. mbH

Teilweise zeigen sich gute Übereinstimmungen, wie z.B. beim RÜB Hiesfeld-Nord und –Süd. Bei anderen Bauwerken weichen die berechneten und die im vereinfachten Nachweis angegebenen jährlichen Einleitungsabflüsse jedoch deutlich voneinander ab. Dies ist auf die hier verwendete stark vereinfachte Berechnung des Einleitungsabflusses aus der Fläche und der Regenspende zurückzuführen. Beim vereinfachten Nachweis werden detaillierte Daten aus einer Kanalnetzberechnung genutzt.

### 4.1.4 Aufbereitung der NIKLAS-KOM Daten

Aus den NIKLAS-KOM Daten kann entnommen werden, dass die Kläranlage Dinslaken in den Rotbach einleitet. Der Regenwetterzufluss biologisch behandelt ist mit 301 l/s angegeben. Dieser Abfluss ist nach der Bewertungsmethodik als Einleitungsabfluss zu berücksichti-

gen. Im vorliegenden vereinfachten Nachweis wird ein Abfluss aus der Kläranlage von 376 l/s angesetzt.

### 4.1.5 Aufbereitung der NIKLAS-IGL Daten

Für den Rotbach sind in den NIKLAS-IGL Daten keine Einleiter verzeichnet.

### 4.1.6 Ermittlung der Trenngebiets- und Straßenflächen ohne Behandlungsanlagen und deren Einleitungsabflüsse

Zur Ermittlung der einleitungsrelevanten befestigten Flächen ($A_{red,TS,Teileinzugsgebiet}$), die zusätzlich zu den in den Katastern erfassten Flächen zu berücksichtigen sind, werden die ATKIS-Verschneidungen gemäß der Bewertungsmethodik durchgeführt. Tabelle 4.5 zeigt eine Übersicht über die ermittelten Flächen. Eine Abminderung der Trenngebietsflächen ist nicht erforderlich, so dass $A_{red,TS,Teileinzugsgebiet} = A_{red,TS,Teileinzugsgebiet,abgem.}$ ist. Die Lage der einzelnen Abschnitte kann der Anlage 4.1 entnommen werden.

Tabelle 4.5: Ergebnisse aus den ATKIS-Verschneidungen

| Abschnitt | $A_{E,TEZG}$ [1] [ha] | $A_{E,k,TEZG}$ [1] [ha] | $A_{red,gesamt,TEZG}$ [1] [ha] | $A_{red,gesamt,Einleitung}$ [ha] | $A_{red,TS,TEZG}$ [1] [ha] | $A_{red,TS,TEZG,\ abgem.}$ [1] [ha] |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 2774-001 | 1121,9 | 689,5 | 347,7 | 117,0 | 230,7 | 230,7 |
| 2774-002 | 40,5 | 2,2 | 1,1 | 0,0 | 1,1 | 1,1 |
| 2774-003 | 31,6 | 2,1 | 1,0 | 0,0 | 1,0 | 1,0 |
| 2774-004 | 59,1 | 6,5 | 3,0 | 0,0 | 3,0 | 3,0 |
| 2774-005 | 46,5 | 3,4 | 1,6 | 0,0 | 1,6 | 1,6 |
| 277492-001 | 338,7 | 12,9 | 6,5 | 0,0 | 6,5 | 6,5 |
| 277494-001 | 296,2 | 28,8 | 13,6 | 0,0 | 13,6 | 13,6 |
| 277496-001 | 246,0 | 28,5 | 12,5 | 0,0 | 12,5 | 12,5 |
| 277498-001 | 263,1 | 17,5 | 8,9 | 0,0 | 8,9 | 8,9 |
| 2774-006 | 26,7 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 2774-007 | 71,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 2774-008 | 47,5 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 2774-009 | 119,9 | 8,8 | 4,2 | 0,0 | 4,2 | 4,2 |
| 2774-010 | 73,1 | 11,9 | 5,7 | 0,0 | 5,7 | 5,7 |
| 2774-011 | 368,0 | 92,9 | 44,9 | 0,0 | 44,9 | 44,9 |
| 277412-001 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 2774132-001 | 128,1 | 20,5 | 10,1 | 0,0 | 10,1 | 10,1 |
| 2774134-001 | 71,4 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 277414-001 | 94,5 | 3,8 | 1,9 | 0,0 | 1,9 | 1,9 |
| 277416-001 | 112,6 | 2,3 | 1,4 | 0,0 | 1,4 | 1,4 |
| 277418-001 | 56,3 | 0,4 | 0,3 | 0,0 | 0,3 | 0,3 |
| 27742-001 | 119,5 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 27742-002 | 399,6 | 40,6 | 18,4 | 0,0 | 18,4 | 18,4 |
| 27742-003 | 463,3 | 34,0 | 16,1 | 0,0 | 16,1 | 16,1 |
| 277422-001 | 51,5 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 277422-002 | 60,5 | 0,1 | 0,1 | 0,0 | 0,1 | 0,1 |
| 2774222-001 | 130,5 | 4,7 | 2,6 | 0,0 | 2,6 | 2,6 |
| 277424-001 | 319,1 | 12,3 | 5,4 | 0,0 | 5,4 | 5,4 |

[1] TEZG=Teileinzugsgebiet

Der vorliegende vereinfachte Nachweis nach BWK-M 3 bezieht sich nur auf den Gewässerabschnitt 2774-001 (siehe Bild 4.1). In Tabelle 4.6 sind die für diesen Abschnitt relevanten Flächenangaben aus dem vereinfachten Nachweis und gemäß der Bewertungsmethodik gegenübergestellt.

Tabelle 4.6: Flächenbilanz (Abschnitt 2774-001)

| | | Bewertungsmethodik [1] | Nachweis [2] | Abweichung [%] |
|---|---|---|---|---|
| $A_{E,k}$ | ha | 689,5 | 452,3 | 52,4 |
| $A_{red,gesamt,Teileinzugsgebiet}$ | ha | 347,7 | 191,6 | 81,5 |
| mittlerer Befestigungsgrad | [-] | 0,50 | 0,42 | 19,0 |
| $A_{red,Einleitung,Teileinzugsgebiet}$ [3] | ha | 117,0 | 112,6 | |
| $A_{red,TS,Teileinzugsgebiet}$ | ha | 230,7 | 79,0 | 191,9 |
| $A_{u,gesamt,Teileinzugsgbiet}$ | ha | 295,5 | 191,6 | 54,3 |
| $A_{u,Einleitung,Teileinzugsgebiet}$ [3] | ha | 99,5 | 112,6 | |
| $A_{u,TS,Teileinzugsgebiet}$ | ha | 196,1 | 79,0 | 148,1 |

[1] nach Bewertungsmethodik
[2] vereinfachter Nachweis BWK-M 3 von der Durchschlag & Bever Ing.ges. mbH
[3] inkl. $A_{red}$ des RKB Kirchstraße und des RRB Am Fichtenberg

Die gemäß der Bewertungsmethodik ermittelte Trenngebiets- und Straßenfläche ($A_{u,TS,Teileinzugsgebiet}$) ohne Behandlung weicht deutlich von der Fläche aus dem Nachweis ab. Wesentliche Ursachen dafür sind ein größeres zugrunde gelegtes Einzugsgebiet und ein zu hoher Befestigungsgrad bei der Bewertungsmethodik im Vergleich zum BWK-M 3 Nachweis.

Im Einzugsgebietsplan aus der Generalentwässerungsplanung der Stadt Dinslaken weist die eingezeichnete Wasserscheide einen anderen Verlauf als die nach der Bewertungsmethodik genutzte Einzugsgebietsgrenze nach der Gewässerstationierungskarte auf. Ein Gebiet mit einem oberirdischen Einzugsgebiet vom ca. 135 ha ($A_{E,k}$≈110 ha, $A_{red}$≈60 ha) nördlich des Hauptbahnhofes in Dinslaken entwässert gemäß des GEP nicht in den Rotbach. Bei einer Reduzierung der aus den ATKIS-Verschneidungen ermittelten Flächen um dieses Gebiet ergeben sich die in Tabelle 4.7 angegeben Werte.

Tabelle 4.7: Flächenbilanz (Abschnitt 2774-001) unter Berücksichtigung der Angaben aus dem GEP

| | | Bewertungsmethodik [1] | Nachweis [2] | Abweichung [%] |
|---|---|---|---|---|
| $A_{E,k}$ | ha | 579,5 | 452,3 | 28,1 |
| $A_{red,gesamt,Teileinzugsgebiet}$ | ha | 287,7 | 191,6 | 50,2 |
| mittlerer Befestigungsgrad | [-] | 0,50 | 0,42 | 17,2 |
| $A_{red,Einleitung,Teileinzugsgebiet}$ [3] | ha | 117,0 | 112,6 | |
| $A_{red,TS,Teileinzugsgebiet}$ | ha | 170,7 | 79,0 | 116,0 |
| $A_{u,gesamt,Teileinzugsgbiet}$ | ha | 244,5 | 191,6 | 27,6 |
| $A_{u,Einleitung,Teileinzugsgebiet}$ [3] | ha | 99,5 | 112,6 | |
| $A_{u,TS,Teileinzugsgebiet}$ | ha | 145,1 | 79,0 | 83,6 |

[1] nach Bewertungsmethodik mit Korrektur der Einzugsgebietsgrenze
[2] vereinfachter Nachweis BWK-M 3 von der Durchschlag & Bever Ing.ges. mbH
[3] inkl. $A_{red}$ des RKB Kirchstraße und des RRB Am Fichtenberg

Werden zusätzlich die baulich geprägten Flächen mit einem Befestigungsgrad von 0,34 anstatt 0,45 berücksichtigt (siehe Abschnitt 3.1.1), ergeben sich die Flächen in Tabelle 4.8.

Tabelle 4.8: Flächenbilanz (Abschnitt 2774-001) mit veränderten Befestigungsgrad

| | | Bewertungsmethodik [1] | Nachweis [2] | Abweichung [%] |
|---|---|---|---|---|
| $A_{E,k}$ | ha | 579,5 | 452,3 | 28,1 |
| $A_{red,gesamt,Teileinzugsgebiet}$ | ha | 232,3 | 191,6 | 21,3 |
| mittlerer Befestigungsgrad | [-] | 0,40 | 0,42 | -5,4 |
| $A_{red,Einleitung,Teileinzugsgebiet}$ [3] | ha | 117,0 | 112,6 | |
| $A_{red,TS,Teileinzugsgebiet}$ | ha | 115,3 | 79,0 | 45,9 |
| $A_{u,gesamt,Teileinzugsgbiet}$ | ha | 197,5 | 191,6 | 3,1 |
| $A_{u,Einleitung,Teileinzugsgebiet}$ [3] | ha | 99,5 | 112,6 | |
| $A_{u,TS,Teileinzugsgebiet}$ | ha | 98,0 | 79,0 | 24,0 |

[1] nach Bewertungsmethodik mit Korrektur der Einzugsgebietsgrenze und verändertem Befestigungsgrad für baulich geprägte Flächen von 0,34

[2] vereinfachter Nachweis BWK-M 3 von der Durchschlag & Bever Ing.ges. mbH

[3] inkl. $A_{red}$ des RKB Kirchstraße und des RRB Am Fichtenberg

Die Abweichungen der ermittelten Trenngebiets- und Straßenflächen ($A_{u,TS,Teileinzugsgebiet}$) von den Angaben aus dem Nachweis sind im Gegensatz zur Ausgangssituation deutlich geringer. Die Ergebnisse für dieses Beispielgebiet deuten somit darauf hin, dass ein geringerer Befestigungsgrad in der Bewertungsmethodik vorgesehen werden sollte, als derzeit vorgesehen ist. Die Ergebnisse der ATKIS-Verschneidungen unter Berücksichtigung der geringeren Fläche im Teileinzugsgebiet zum Gewässerabschnitt 2774-001 und eines Befestigungsgrades von 0,34 für die baulich geprägten Flächen sind in der Anlage 4.2 zusammengestellt.

Der einjährliche Einleitungsabfluss von den Trenngebiets- und Straßenflächen ohne Behandlungsanlage errechnet sich gemäß der Bewertungsmethodik aus dem Produkt der undurchlässigen Fläche und der 15-minütigen Regenspende ($r_{15,1}$). Dem vereinfachten Nachweis kann für den Gewässerabschnitt 2774-001 ein einjährlicher Einleitungsabfluss von 5.972 l/s bei einer Fläche von $A_{red,TS,Teileinzugsgebiet}$=79,0 ha entnommen werden. Beim Ansatz der Fläche aus dem vereinfachten Nachweis von 79,0 ha würde sich nach der Bewertungsmethodik ein Abfluss von $Q_{E1}$=105,5 l/(s·ha)·79,0 ha·0,85=7.084 l/s ergeben. Die Abweichung beträgt 18,6 %. Diese Abweichung ist darauf zurückzuführen, dass die angesetzten Einleitungsabflüsse im vereinfachten Nachweis aus einer detaillierten Kanalnetzberechnung stammen und bei der hier verwendeten Bewertungsmethodik nur eine stark vereinfachte Berechnung vorgenommen werden kann.

### 4.1.7 Ermittlung geschlossener Siedlungsgebiete

Zur Festlegung welche Einleitungen die einzelnen Gewässerabschnitte belasten, müssen geschlossenen Siedlungsgebiete abgegrenzt werden.

Bei der Anwendung der Bewertungsmethodik zur Abgrenzung der geschlossenen Siedlungsgebiete ergibt sich aufgrund des Abgrenzungskriteriums (Abstand zwischen zwei Einleitungsstellen > 3,2 km) nur ein geschlossenes Siedlungsgebiet. Dieses umfasst den gesamten Rotbach und sämtliche Nebengewässer, d.h. sämtlich oberhalb des Abschnittes 2774-001 liegenden Einleitungsstellen belasten auch den Abschnitt 2774-001.

Im vorliegenden vereinfachten Nachweis werden dagegen nur sämtliche Einleitungen im Abschnitt 2774-001 zu einem geschlossenen Siedlungsgebiet zusammengefasst. Weiter oberhalb liegende Einleitungen werden nicht berücksichtigt. Ob sich oberhalb weitere Einleitungsstellen in den Rotbach befinden, kann den vorliegenden Daten nicht entnommen werden.

Die Abgrenzung des geschlossenen Siedlungsgebietes hat eine zentrale Bedeutung für das Ergebnis der Bewertungsmethodik. Dies soll durch eine Sensitivitätsanalyse am Beispiel des Rotbachs untersucht werden. Dazu erfolgt eine Veränderung des erforderlichen Abstandes von 3,2 auf 2 km und eine Erhöhung der Bagatellgrenze (siehe Abschnitt 3.1.1), ab der eine fiktive Einleitungsstelle generiert wird, von 1 auf 3 %. Dies führt zu einer Abgrenzung von insgesamt drei geschlossenen Siedlungsgebieten (Abtrennung in Abschnitt 2774-008 und 27742-001). Eine geringfügige Veränderung der Methodik in diesen Punkten kann also wie z.B. im hier vorliegenden Fall zu anderen Ergebnissen führen.

### 4.1.8 Ermittlung der hydraulischen Belastung

Jeder Gewässerabschnitt ist durch alle am betrachteten Gewässerabschnitt liegenden Einleitungen, sowie durch alle oberhalb liegenden Einleitungsstellen desselben geschlossenen Siedlungsgebietes belastet. Durch Summation aller Einleitungsabflüsse wird der vorhandene einjährliche Einleitungsabfluss $Q_{E1,vorh}$ ermittelt.

Zur Berechnung des zulässigen Einleitungsabflusses ist es zunächst erforderlich, die potentiell natürliche einjährliche Hochwasserabflussspende ($H_{q1,pnat}$) aus den Hüllkurven gemäß BWK-M 3 zu ermitteln. Als Mittelwert aus den Hüllkurven ergibt sich für den Gewässerabschnitt 2774-001 ein $Hq_{1,pnat}$ von 117 l/(s·km²). Beim vereinfachten Nachweis wird ein Wert von 74 l/(s·km²) angesetzt, der nach Angabe vom StuA Duisburg einem N-A-Modell entstammt (STUA DUISBURG, 2005).

Der zulässige Einleitungsabfluss $Q_{E1,zul}$ wird wie folgt berechnet:

$$Q_{E1,zul} \leq 1{,}0 \cdot Hq_{1,pnat} \cdot \frac{A_{red,Nachweis}}{100} + x \cdot Hq_{1,pnat} \cdot A_{E0} \quad [\text{l/s}]$$

Aus dem Vorgehen gemäß der Bewertungsmethodik ergibt sich für den zulässigen Einleitungsabfluss ein Wert von

$$Q_{E1,zul} \leq 1{,}0 \cdot 117 \cdot \frac{506{,}7}{100} + 0{,}1 \cdot 117 \cdot 51{,}6 = 1.198 \quad \text{[l/s]} \qquad \text{mit x=0,1}$$

Im vorliegenden vereinfachten Nachweis wird ein Multiplikationsfaktor x=0,25 angesetzt. Dieser wurde ebenfalls mit Hilfe eines N-A-Modells bestimmt. Der zulässige Einleitungsabfluss aus dem vereinfachten Nachweis ergibt sich zu:

$$Q_{E1,zul} \leq 1{,}0 \cdot 74 \cdot \frac{191{,}6}{100} + 0{,}25 \cdot 74 \cdot 47{,}7 = 1.024 \quad \text{[l/s]}$$

Der nach der Bewertungsmethodik berechnete und der aus dem vereinfachten Nachweis entnommene zulässige Einleitungsabfluss weichen nur geringfügig voneinander ab. Jedoch ist zu beachten, dass die zur Berechnung genutzten Parameter $A_{red,Nachweis}$, x, $Hq_{1,pnat}$ und $A_{E0}$ teilweise deutlich voneinander abweichen.

Die hydraulische Belastung der einzelnen Gewässerabschnitte ergibt sich aus dem Quotienten $hydB_{Gewässerabschnitt}=Q_{E1,vorh}/Q_{E1,zul}$. Die Ergebnisse für die einzelnen Gewässerabschnitte sind in der Anlage 4.3 aufgeführt.

Für den Gewässerabschnitt 2774-001 ergibt sich nach der Bewertungsmethodik ein Wert für die hydraulische Belastung von 37,8. Aus dem vereinfachten Nachweis wird ein Wert von 13,4 ermittelt werden. Mit der Bewertungsmethodik wird ein fast dreimal höherer Wert für die hydraulische Belastung errechnet. Ursachen für diese Abweichungen sind:

- Überschätzung der Einleitungsabflüsse aus den REBEKA-Bauwerken (siehe Tabelle 4.4)
- Überschätzung des Einleitungsabflusses von den Trenngebiets- und Straßenflächen ohne Behandlung (siehe Abschnitt 4.1.6)
- Abweichende Einzugsgebietsgrenzen der Teileinzugsgebiete nach der GSK (siehe Abschnitt 4.1.6)
- Überschätzung der Trenngebiets- und Straßenflächen ohne Behandlungsanlage (siehe Tabelle 4.6)
- Abgrenzung von nur einem geschlossenen Siedlungsgebiet für den gesamten Rotbach (siehe Abschnitt 4.1.7.)

Die genannten Punkte führen in diesem speziellen Beispiel alle zu einer Erhöhung des vorhandenen Einleitungsabflusses ($Q_{E1,vorh}$) im Gegensatz zum vereinfachten Nachweis.
Würde eine Korrektur der Gesamtfläche und eine Berechnung mit einem Befestigungsgrad für baulich geprägte Flächen von 0,34 (siehe Tabelle 4.8) erfolgen, sowie eine geänderte Abgrenzung der geschlossenen Siedlungsgebiete nach Abschnitt 4.1.7 durchgeführt werden, ergäbe sich beispielsweise eine verringerte hydraulische Belastung von 24,6 (siehe Anlage 4.3).

### 4.1.9 Ergebnisdarstellung und Aggregation zu Wasserkörpern nach der WRRL

Nach der Bewertungsmethodik ergeben sich die in Bild 4.2 dargestellten Ergebnisse. Demgegenüber ergibt sich nach dem vereinfachten Nachweis für den Gewässerabschnitt 2774-001 das in Bild 4.3 dargestellte Ergebnis. Für die übrigen Gewässerabschnitte liegen keine Angaben aus einem vereinfachten Nachweis vor, so dass keine Beurteilung vorgenommen werden kann. Die sich nach der Korrektur und Ergänzung gemäß Anlage 4.3 ergebenen hydraulischen Belastungen sind im Bild 4.4 dargestellt.

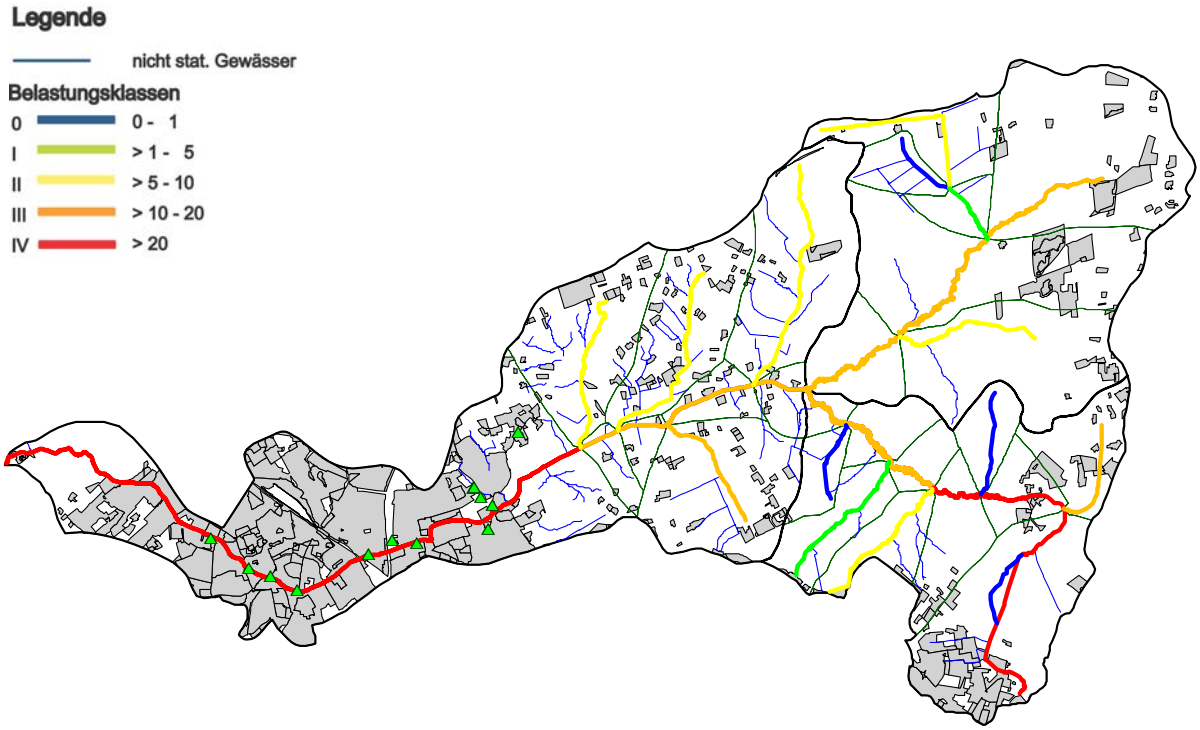


Bild 4.2 Ergebnisse nach der Bewertungsmethodik

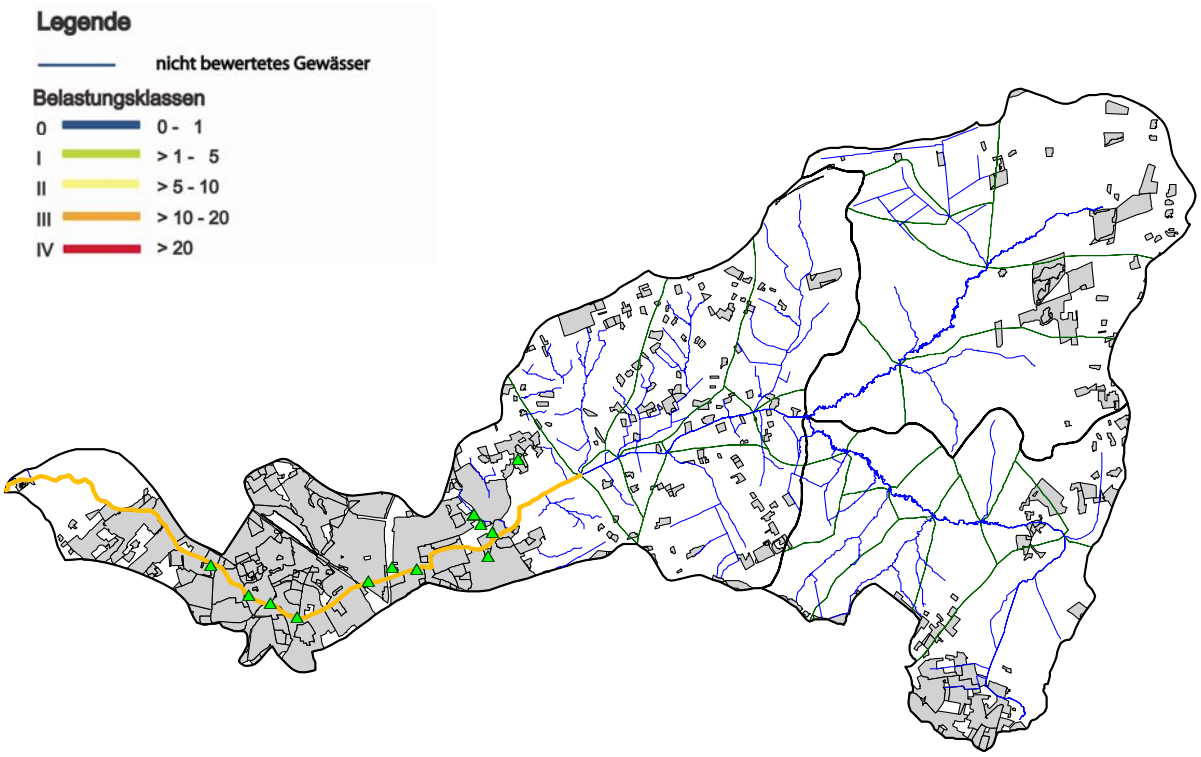


Bild 4.3 Ergebnisse aus dem vereinfachten Nachweis für den Abschnitt 2774-001

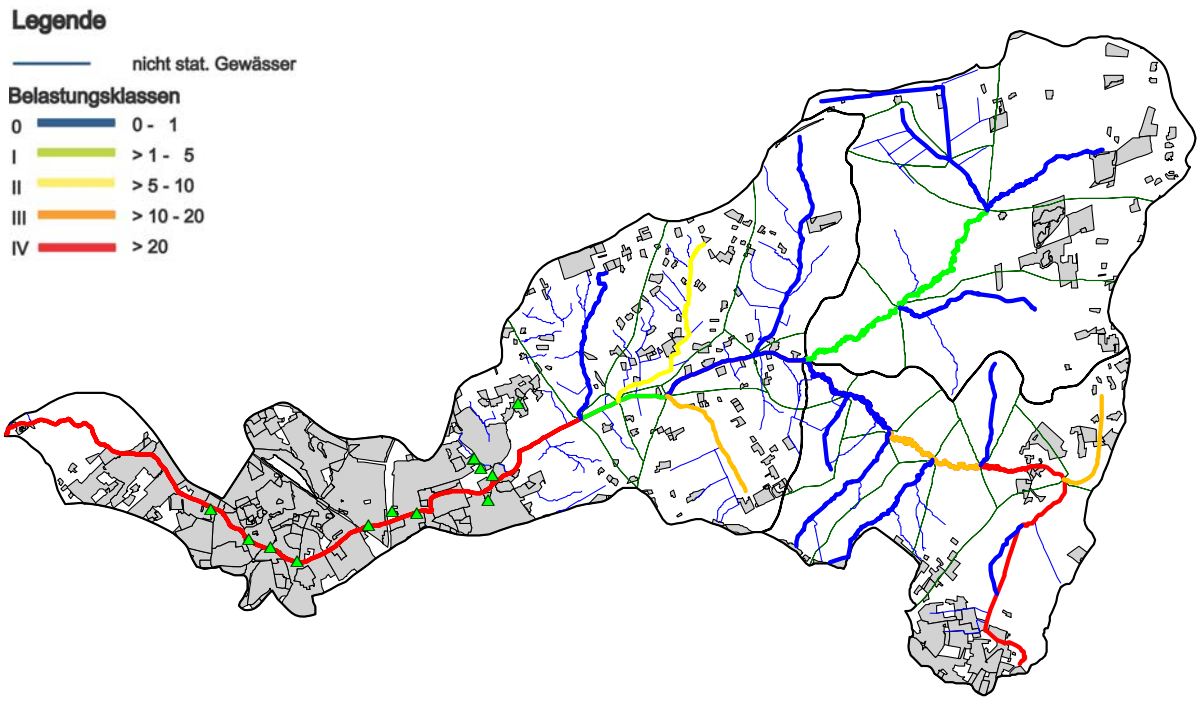


Bild 4.4 Ergebnisse nach Korrektur und Ergänzung der Methodik nach Anlage 4.3

Im Testgebiet befinden sich mehrere Wasserkörper nach der WRRL. Der Schwarze Bach unterteilt sich ebenso wie der Rotbach in jeweils drei Wasserkörper. Für die Wasserkörper ergeben sich nach der Methodik die Ergebnisse nach Bild 4.5. Dabei wird eine Korrektur und Ergänzung der Methodik **nicht** berücksichtigt.

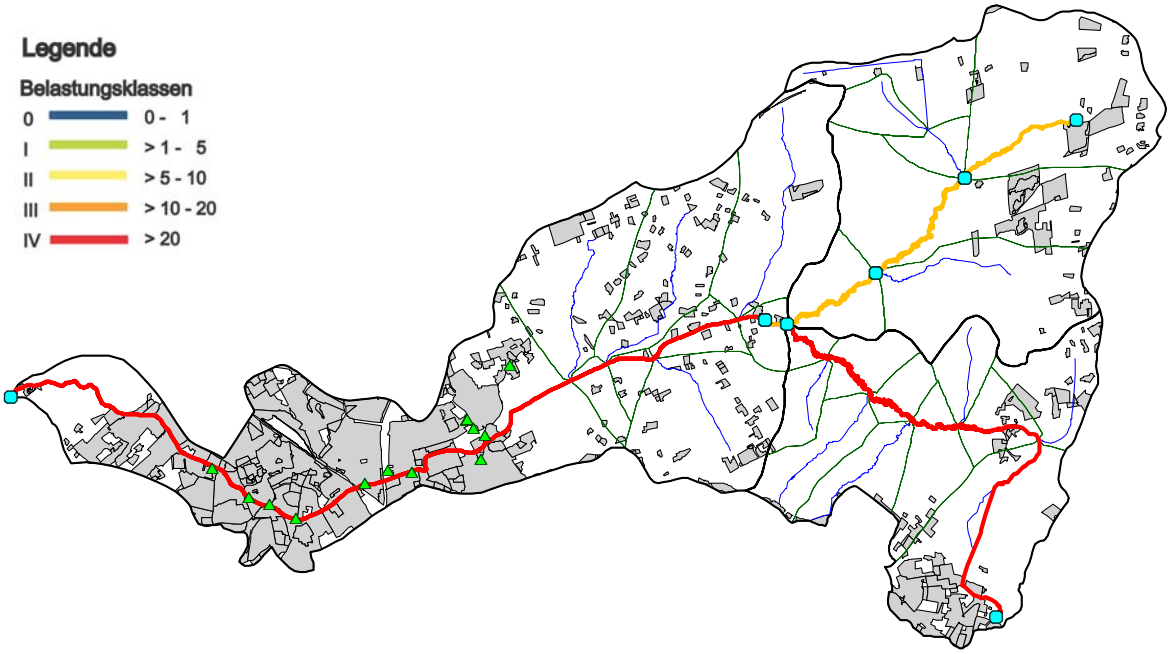


Bild 4.5 Ergebnisse für die Oberflächenwasserkörper nach der Bewertungsmethodik

### 4.1.10 Schlussfolgerungen für die Bewertungsmethodik

Auf die Bewertungsmethodik bezogen ergeben sich aus dem Testgebiet Rotbach folgende Schlussfolgerungen:

- Fehlerhafte bzw. vom vereinfachten Nachweis BWK-M 3 abweichende Eingangsdaten führen bei der Bewertungsmethodik auch zu fehlerhaften Ergebnissen. Am Beispielgebiet Rotbach sind als fehlerhafte Eingangsdaten insbesondere eine Einzugsgebietsgrenze nach der Gewässerstationierungskarte zu nennen.
- In den REBEKA-Daten kommt es bei den Eingangsdaten zu geringen Abweichungen zu den verwendeten Daten im vereinfachten Nachweis (Flächenangaben, Drosselabflüsse). Dies wird möglicherweise auf einen nicht aktuellen Datenbestand zurückgeführt.
- Stimmen die REBEKA-Daten mit den Angaben des vereinfachten Nachweises überein, so kommt es trotzdem zu Abweichungen in den Einleitungsabflüssen, die bei der Bewertungsmethodik nur mit einem vereinfachten Ansatz berechnet werden können. Insgesamt sind die Abweichungen aber gering.
- Die Überschätzung der Trenngebiets- und Straßenflächen bei den ATKIS-Verschneidungen deuten darauf hin, dass ein geringerer Befestigungsgrad angesetzt

werden sollte, als derzeit in der Methodik vorgesehen ist. Eine Überprüfung der Bewertungsmethodik in diesem Punkt erfolgt in der Phase II des Vorhabens.

- Das Beispielgebiet Rotbach zeigt, welche Bedeutung dem Abgrenzungskriterium für die Festlegung des geschlossenen Siedlungsgebietes zukommt. Nur wenn ein kleinerer Wert in der Bewertungsmethodik verwendet und zusätzlich die Bagatellgrenze hoch gesetzt werden würde, käme man mit der Bewertungsmethodik zu einer relativ ähnlichen Abgrenzung des geschlossenen Siedlungsgebietes wie nach dem vereinfachten Nachweis. Eine Überprüfung des Abgrenzungskriteriums sollte daher in der Projektphase II erfolgen.

## 4.2 Beispielgebiet Eschbach

Der Eschbach entwässert ein rund 32,5 km² großes Einzugsgebiet und liegt südlich von Remscheid und nördlich von Wermelskirchen. Der Eschbach mündet nach einer Fließlänge von etwa 12 km in die Wupper. Das mittlere Gefälle liegt bei etwa 1,5 %. Die zahlreichen Nebengewässer, an denen ein Großteil der Einleitungspunkte liegt, weisen ein großes Gefälle auf und münden teilweise verrohrt in den Eschbach. Der Eschbach weist mehrere zum Teil im Hauptschluss liegende ehemalige Hammerteiche auf. Weniger als 2 km unterstrom der Quelle fließt der Eschbach in die Eschbachtalsperre, welche ausschließlich zur Gewinnung von Trinkwasser genutzt wird. Etwa 2,5 km vor der Mündung in die Wupper fließt der Lohbach mit einem oberirdischen Einzugsgebiet von etwa 8 km² dem Eschbach zu.

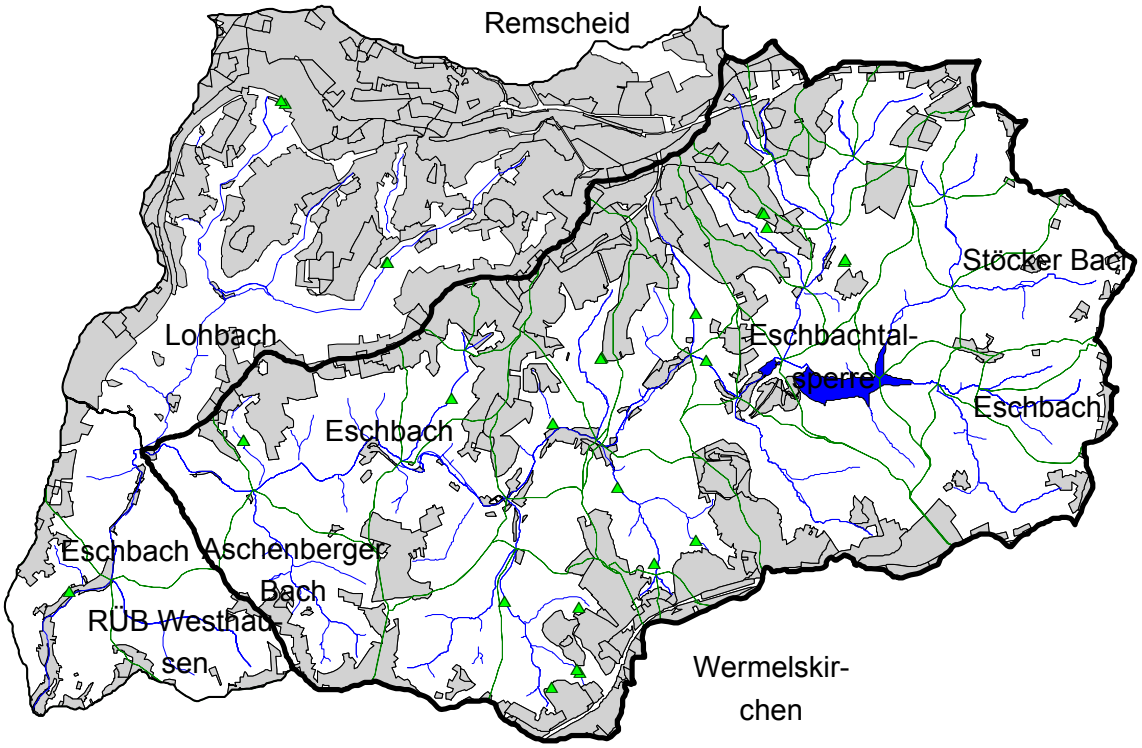


Bild 4.6 Lageplan des Eschbachs mit Teileinzugsgebietsgrenzen der Gewässerabschnitte

Für den Eschbach liegt ein vereinfachter Nachweis nach BWK-M 3 vor, der vom Ingenieurbüro Reinhard Beck aufgestellt und über den Wupperverband (Herr Bastian) zur Verfügung gestellt wurde (IBBECK 2001b, 2001c). Betrachtet wird in diesem Vorhaben nur der Abschnitt des Eschbaches von der Quelle bis zur Einmündung des Lohbachs (siehe dicke schwarze Linie in Bild 4.6).

In dem vorliegenden vereinfachten Nachweis ist der Plan-Zustand mit vielen neu zu errichtenden Regenrückhaltebecken dargestellt. Für den Vergleich mit den Ergebnissen nach der Bewertungsmethodik sind jedoch die Ergebnisse für den Ist-Zustand erforderlich, da nur diese mit der Bewertungsmethodik verglichen werden können. Daher ist es im Rahmen dieses Vorhabens zunächst erforderlich, den vereinfachten Nachweis nach BWK-M3 für den Ist-Zustand zu ermitteln.

*Annahmen zur Ermittlung des vereinfachten Nachweises BWK-M3 Ist-Zustand*

Dazu werden insbesondere die Daten zu den Bauwerken ($A_u$, $Q_{E1}$) und die Angaben zur einjährlichen Hochwasserabflussspende ($Hq_{1,pnat}$) aus dem vereinfachten Nachweis entnommen (IBBECK 2001b, 2001c). Bei der Bearbeitung stellten sich Unplausibilitäten bei den Flächenangaben heraus.

Aus zusätzlich vom Wupperverband zur Verfügung gestellten korrigierten Flächendaten (IBBECK, 2006) geht hervor, dass im Eschbacheinzugsgebiet bis zur Einmündung des Lohbaches eine undurchlässige Fläche ($A_{u,gesamt}$) von ca. 240 ha vorhanden ist. Dem vereinfachten Nachweis (IBBECK 2001b, 2001c) kann entnommen werden, dass insgesamt ca. 120 ha an Bauwerke ($A_{u,Einleitung}$) angeschlossenen sind. Im Zuge dieses Vorhabens wird die Flächendifferenz von ca. 120 ha als Trenngebiets- und Straßenflächen ohne Behandlungsanlagen angenommen ($A_{u,TS}$). Weiterhin wird angenommen, dass der Abfluss von diesen Flächen direkt ins Gewässer gelangt. Für die Berechnung des einjährliche Einleitungsabfluss wird die Annahme $Q_{E1}=r_{15,1}\cdot A_u$ genutzt.

Für die Nebengewässer nach Tabelle 4.3 stehen damit detaillierte Flächenangaben zur Verfügung, so dass für diese Gewässer ein vereinfachter Nachweis nach BWK-M 3 erstellt werden kann. Nebengewässer, für die keine detaillierten Angaben zur Verfügung stehen, werden nicht bewertet. Insgesamt kann eine Trenngebietsfläche ($A_{u,TS}$) von 77,5 ha den Nebengewässern zugeordnet werden. In Tabelle 4.9 ist die Bilanzierung zusammengestellt.

Tabelle 4.9: Flächenbilanzen aus den Angaben zum vereinfachten Nachweis und Flächendaten vom Wupperverband

| Gewässer | | GKZ | Bauwerk / Einleitungen | $A_{u,gesamt}$ [1] [ha] | $A_{u,Einleitung}$ [2] [ha] | $A_{u,TS}$ [ha] |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Neben-gewässer** | Tenter Bach | 27367214 | RRB Tenter Weg | 12,6 | 10,4 | 2,2 |
| | Böker Bach | 273672142 | | 6,9 | 0,0 | 6,9 |
| | Baisiepen | 273672144 | RRB Struck, RÜB Baisiepen | 16,4 | 14,6 | 1,8 |
| | Lüffringhauser Bach | 273672152 | | 36,4 | 0,0 | 36,4 |
| | Berghausener Bach | 2736721532 | RÜB Berghausen | 16,1 | 7,9 | 8,2 |
| | Höllenbach | 273672154 | RÜB Höllenbachtal, RÜ Hagener Berg, RÜ Hagenstraße | 15,7 | 15,3 | 0,5 |
| | Stöckenberger Bach | 273672192 | RÜB Ziegelstraße | 15,7 | 12,2 | 3,5 |
| | Heintjesmühlenbach | 27367218 | RÜ Amselweg, RÜB Heintjesmühlenbachtal, RRB Am Buchenhang, RÜ Vorm Eicker Berg | 39,5 | 21,4 | 18,1 |
| | | | Summe | **159,3** | **81,8** | **77,5** |
| **Eschbach** [3] | | 273672 | RRB Falkenberg, RÜB Eschbachtal, RÜB Preyersmühle, RRB Am Ueling | **84,7** | **39,3** | **45,4** |
| **Einzugsgebiet Eschbach** [4] | | | Summe | **244,0** | **121,1** | **122,9** |

1) nach den Angaben von IBBECK 2006 für die Gewässer
2) nach den Angaben von IBBECK 2003 für die Bauwerke
3) $A_{u,gesamt}$ und $A_{u,TS}$ hier inklusive der Flächenanteile nicht berücksichtigter Nebengewässer
4) oberird. Einzugsgebiet des Eschbaches von Quelle bis Einmündung Lohbach

Aus den vorliegenden Daten ist nicht ersichtlich, wo im Einzugsgebiet sich die verbleibende Trenngebietsfläche ($A_{u,TS}$) von 45,4 ha befindet. Daher wird dieses im Rahmen des Vorhabens vereinfacht gleichmäßig in Abhängigkeit der Abschnittslänge auf die Teileinzugsgebiete zu den Abschnitten 273672-003 bis 273672-014 des Eschbaches aufgeteilt (Abschnittsbezeichnung siehe Anlage 4.4), um diese Fläche als Belastung für die Nachweisführung am Eschbach zu berücksichtigen.

Tabelle 4.10: Aufteilung der Trenngebietsflächen auf die Gewässerabschnitte des Eschbachs

| | Abschnittslänge [m] | $A_{u,TS}$ [ha] |
|---|---|---|
| 273672-003 | 1042 | 5,0 |
| 273672-004 | 1481 | 7,1 |
| 273672-005 | 1170 | 5,6 |
| 273672-006 | 1007 | 4,8 |
| 273672-007 | 58 | 0,3 |
| 273672-008 | 1051 | 5,0 |
| 273672-009 | 494 | 2,4 |
| 273672-010 | 489 | 2,3 |
| 273672-011 | 897 | 4,3 |
| 273672-012 | 468 | 2,2 |
| 273672-013 | 383 | 1,8 |
| 273672-014 | 940 | 4,5 |
| Summe: | 9480 | 45,4 |

Im vorliegenden vereinfachten Nachweis (IBBECK 2001b, 2001c) werden Siedlungsabflüsse erst unterhalb der Eschbachtalsperre angesetzt. Da aus dem vereinfachten Nachweis keine oberirdischen Einzugsgebiete für die einzelnen Nebengewässer entnommen werden können,

werden zur Ermittlung des Ist-Zustandes die Teileinzugsgebietsgrenzen, die für dieses Vorhaben generiert werden, genutzt.

*Fazit:*

Der hier zum Vergleich mit den Ergebnissen nach der Bewertungsmethodik genutzte Ist-Zustand des vereinfachten Nachweises entspricht aufgrund der vorgenommenen Ergänzungen, Annahmen und Modifikationen nicht dem vereinfachten Nachweis des Ingenieurbüros Reinhard Beck. Wie dargestellt werden aus dem vorhandenen vereinfachten Nachweis lediglich die Grundlagendaten zur Generierung des Ist-Zustandes entnommen. Nach telefonischer Auskunft von Herrn Bastian wurden einzelne (diffuse) Trenngebietseinleitungen im vorliegenden vereinfachten Nachweis nicht mit in die Berechnung einbezogen (BASTIAN, 2006). Bei der hier verwendeten Vorgehensweise zur Bestimmung des Ist-Zustandes werden jedoch alle undurchlässigen Flächen im Einzugsgebiet berücksichtigt, so dass sich insgesamt eine höhere Belastung ergibt.

### 4.2.1 Gewässerabschnitte und Teileinzugsgebiete

Die Unterteilung der nach der GSK stationierten Fließgewässer in Gewässerabschnitte, sowie die Generierung der Teileinzugsgebiete erfolgt für das Testgebiet automatisiert mit dem für dieses Vorhaben von der FH Münster entwickeltem Makro. Die einzelnen Abschnitte mit den entsprechenden Bezeichnungen sind in der Anlage 4.4 dargestellt.

### 4.2.2 Zuordnung von Regenspenden

Aus dem KOSTRA-Atlas liegt für Remscheid für die 15-minütige Regenspende mit der Häufigkeit T=1 a ein Wert von 113,9 l/(s·ha) und für Wermelskirchen von 119,4 l/(s·ha) vor. Für das Testgebiet wird daher der Mittelwert von 116,7 l/(s·ha) gewählt. Die 10-minütige Regenspende wird durch Multiplikation mit dem Zeitbeiwert berechnet.

### 4.2.3 Aufbereitung der REBEKA-Daten

Im REBEKA-Kataster sind alle Bauwerke, die auch im vereinfachten Nachweis als bestehende Bauwerke aufgeführt sind, erfasst (siehe grüne Dreiecke in Bild 4.6). In Tabelle 4.11 sind die relevanten Daten zusammengefasst.

Tabelle 4.11: Aufbereitete REBEKA-Daten

| Bauwerk [1)] | $A_{red}$ [2)] [ha] | $Q_t$ [1)] [l/s] | $t_f$ [1)] [min] | Art [1)] [-] | $Q_{d,ab}$ [1)] [l/s] | System [1)] [-] | Gefälle [%] | $r_{D,1}$ [l/(s*ha)] | $\sum Q_{d,zu,i}$ [l/s] | $Q_{E1}$ [3)] [l/s] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| SK Falkenberg | 4,0 | | | FB | 869,0 | | 4,98 | 116,7 | 0,0 | 0 |
| RRB Falkenberg | 38,0 | | | | 65,0 | T | 4,98 | 116,7 | 0,0 | 65 |
| RÜB Am Ueling | 8,0 | | | FB | 8,0 | | 0,92 | 116,7 | 0,0 | 0 |
| RRB Am Ueling | 0,0 | | | | 75,0 | M | 0,92 | 116,7 | 0,0 | 75 |
| RÜB Baisiepen | 3,0 | | | FB | - | | 5,88 | 147,3 | 0,0 | 376 |
| RÜB Berghausen | 26,0 | | | FB | 30,0 | | 7,45 | 147,3 | 0,0 | 3226 |
| RÜB Eschbachtal | 0,0 | | | DB | 869,0 | | 1,49 | 116,7 | 899,0 | 30 |
| RÜB Heintjesmühle | 35,0 | | | FB | 80,0 | | 5,83 | 147,3 | 823,0 | 5126 |
| RÜB Hoellenbachtal | 12,0 | | | FB | 45,0 | | 6,48 | 147,3 | 494,0 | 1952 |
| RÜB Preyersmühle | 9,0 | | | FB | - | | 1,40 | 147,3 | 0,0 | 1127 |
| RÜB Struck/Baisiepen | 24,0 | | | DB | - | | 5,88 | 116,7 | 0,0 | 0 |
| RRB Struck/Baisiepen | 0,0 | | | | 128,0 | M | 5,88 | 116,7 | 0,0 | 128 |
| RÜB Tenter Weg | 22,0 | | | FB | 869,0 | | 2,93 | 147,3 | 0,0 | 1886 |
| RRB Tenter Weg | 22,0 | | | | 70,0 | M | 2,93 | 116,7 | 0,0 | 70 |
| RÜB Ziegelstr./Arnoldstr. | 12,0 | | | FB | - | | 6,05 | 147,3 | 0,0 | 1503 |
| RÜ Am Buchenhang | 4,0 | 2,0 | 4,0 | | 266,0 | | 5,83 | 147,3 | 0,0 | 0 |
| RRB Am Buchenhang | 3,0 | | | | 40,0 | M | 5,83 | 116,7 | 0,0 | 40 |
| RÜ Amselweg | 4,0 | 3,0 | 3,0 | | 284,0 | | 5,83 | 147,3 | 0,0 | 220 |
| RÜ Hagener Berg | 5,0 | 4,0 | 3,0 | | 208,0 | | 6,48 | 147,3 | 0,0 | 422 |
| RÜ Hagenstraße | 7,0 | 3,0 | 3,0 | | 286,0 | | 6,48 | 147,3 | 0,0 | 594 |
| RÜ Vorm Eicker Berg | 8,0 | 3,0 | 4,0 | | 273,0 | | 5,83 | 147,3 | 0,0 | 729 |

1) Angaben aus dem REBEKA-Kataster

2) Ist in den REBEKA Daten verzeichnet, dass das Regenbecken (RB) in Einheit mit einem RRB betriebn wird, dann: $A_{red,RRB,angenommen}=A_{red,RRB,REBEKA}-A_{red,RB,REBEKA}$. Ansonsten wird der Wert aus den REBEKA Daten angesetzt

3) $Q_{E1} = A_{red} \cdot \psi_S \cdot r_{D,1} + \sum Q_{d,zu,i} + Q_t - Q_{d,ab}$ mit $\psi_S=0,85$

Bei den RÜB Baisiepen, Preyersmühle, Struck/Baisiepen und Ziegelstr./Arnoldstr. fehlt nach Tabelle 4.12 die Angabe eines Drosselabflusses. Dieser wird für die Anwendung der Methodik daher mit 0 l/s angesetzt. In Projektphase II ist zu prüfen, ob bei fehlenden Drosselabflüssen generell mit 0 l/s gerechnet werden sollte, oder ob die Becken als fehlerhafter Datensatz ausgewiesen werden sollten und die versiegelten Flächen dieser Becken über die ATKIS-Daten mit erfasst werden (siehe Anlage 3.1). Auffällig ist der mit jeweils 869 l/s angegeben Drosselabfluss beim SK Falkenberg, RÜB Eschbachtal und RÜB Tenter Weg. Diese in den REBEKA-Daten verzeichneten Drosselabflüsse erweisen sich beim Vergleich mit den Angaben aus dem vereinfachten Nachweis als fehlerhaft. Auch bei den übrigen Bauwerken treten Abweichungen der Drosselabflüsse von bis zu 60 % bzw. bis zu 13 l/s auf. Die Auswirkungen dieser Abweichungen auf das Gesamtergebnis sind jedoch geringfügig.

Tabelle 4.12: Vergleich der Drosselabflüsse

| | REBEKA $Q_{d,ab}$ [l/s] | Nachweis [1)] $Q_{d,ab}$ [l/s] | Abweichung [%] |
|---|---|---|---|
| SK Falkenberg | 869,0 | 10,0 | 8590,0 |
| RRB Falkenberg | 65,0 | 65,0 | 0,0 |
| RÜB Am Ueling | 8,0 | 20,0 | -60,0 |
| RRB Am Ueling | 75,0 | 85,0 | -11,8 |
| RÜB Baisiepen (Grünental) | - | 20,0 | |
| RÜB Berghausen | 30,0 | 20,0 | 50,0 |
| RÜB Eschbachtal | 869,0 | 105,0 | 727,6 |
| RÜB Heintjesmühle | 80,0 | 80,0 | 0,0 |
| RÜB Hoellenbachtal | 45,0 | 45,0 | 0,0 |
| RÜB Preyersmühle | - | 15,0 | |
| RÜB Struck/Baisiepen | - | 25,0 | |
| RRB Struck/Baisiepen | 128,0 | 115,0 | 11,3 |
| RÜB Tenter Weg | 869,0 | 35,0 | 2382,9 |
| RRB Tenter Weg | 70,0 | 70,0 | 0,0 |
| RÜB Ziegelstr./Arnoldstr. | - | 35,0 | |
| RÜ Am Buchenhang | 266,0 | 266,0 | 0,0 |
| RRB Am Buchenhang | 40,0 | 40,0 | 0,0 |
| RÜ Amselweg | 284,0 | 284,0 | 0,0 |
| RÜ Hagener Berg | 208,0 | 208,0 | 0,0 |
| RÜ Hagenstraße | 286,0 | 286,0 | 0,0 |
| RÜ Vorm Eicker Berg | 273,0 | 273,0 | 0,0 |

[1)] vereinfachter Nachweis BWK-M 3 vom Ingenieurbüro Reinhard Beck

In Tabelle 4.13 sind die Angaben zu den angeschlossenen Flächen aus den REBEKA-Daten und aus dem vereinfachten Nachweis gegenübergestellt. Auch hier zeigen sich deutliche Abweichungen, die in der Summe zu einem Fehler von fast 73 % führen. Ursache für diese Abweichung ist in einigen Fällen eine doppelte Flächenangabe bei Regenbecken, die in Einheit mit einem RRB betrieben werden. Durch die Bewertungsmethodik lassen sich diese Fehlangaben derzeit nur teilweise korrigieren. So ist z.B. sowohl beim RÜB, als auch beim RRB Am Ueling jeweils eine angeschlossene Fläche $A_{red}$ von 8,0 ha verzeichnet. Diese Doppelung wird in der Methodik dadurch korrigiert, dass die beim RRB angegebene Fläche jeweils durch die am Regenbecken angegebene Fläche reduziert wird. Wie diese Doppelungen bei der flächenhaften Umsetzung in NRW erkannt werden können, muss in der Projektphase II geprüft werden, wenn die Struktur und der Inhalt der dann zugrunde zu legenden neuen REBEKA-Daten (REBEKA 10) bekannt ist. Beim SK Falkenberg und beim RÜB Tenter Weg fehlt die Angabe, dass die Becken in Einheit mit einem RRB betrieben werden, so dass hier die Flächenkorrektur nicht durchgeführt wird.

Insgesamt treten bei den Bauwerken teilweise deutliche Abweichungen zwischen den Flächenangaben im REBEKA-Kataster und den Angaben aus dem vereinfachten Nachweis auf, was darauf hindeutet, dass die REBEKA-Daten in diesem Gebiet nicht auf dem aktuellsten Stand sind. Des Weiteren ist in den REBEKA-Daten fälschlicherweise aufgeführt, dass der Drosselabfluss vom RÜB Berghausen zum RÜB Eschbachtal weitergeleitet wird.

Tabelle 4.13: Vergleich der Flächenangaben

| | REBEKA $A_{red}$ [ha] | Bewertungsmethodik $A_u$ [1)] [ha] | Nachweis [2)] $A_u$ [ha] | Abweichung [%] |
|---|---|---|---|---|
| SK Falkenberg | 4,0 | 3,40 | 12,3 | -72,4 |
| RRB Falkenberg | 38,0 | 32,30 | 0,0 | - |
| RÜB Am Ueling | 8,0 | 6,80 | 8,1 | -16,3 |
| RRB Am Ueling | 0,0 | 0,00 | 0,0 | - |
| RÜB Baisiepen | 3,0 | 2,55 | 2,1 | 22,0 |
| RÜB Berghausen | 26,0 | 22,10 | 7,9 | 179,0 |
| RÜB Eschbachtal | 0,0 | 0,00 | 15,3 | -100,0 |
| RÜB Heintjesmühle | 35,0 | 29,75 | 0,0 | - |
| RÜB Hoellenbachtal | 12,0 | 10,20 | 3,3 | 211,9 |
| RÜB Preyersmühle | 9,0 | 7,65 | 3,5 | 116,7 |
| RÜB Struck/Baisiepen | 24,0 | 20,40 | 12,5 | 62,9 |
| RRB Struck/Baisiepen | 0,0 | 0,00 | 0,0 | - |
| RÜB Tenter Weg | 22,0 | 18,70 | 10,4 | 79,3 |
| RRB Tenter Weg | 22,0 | 18,70 | 0,0 | - |
| RÜB Ziegelstr./Arnoldstr. | 12,0 | 10,20 | 12,2 | -16,5 |
| RÜ Am Buchenhang | 4,0 | 3,40 | 9,0 | -62,2 |
| RRB Am Buchenhang | 3,0 | 2,55 | 0,0 | - |
| RÜ Amselweg | 4,0 | 3,40 | 4,3 | -21,3 |
| RÜ Hagener Berg | 5,0 | 4,25 | 4,9 | -13,4 |
| RÜ Hagenstraße | 7,0 | 5,95 | 7,1 | -15,8 |
| RÜ Vorm Eicker Berg | 8,0 | 6,80 | 8,1 | -16,2 |
| Summe | 246,00 | 209,10 | 121,1 | 72,6 |

1) $A_u = A_{red} \cdot \psi_S$ mit $\psi_S = 0{,}85$ nach Bewertungsmethodik

2) vereinfachter Nachweis BWK-M 3 vom Ingenieurbüro Reinhard Beck

In Tabelle 4.14 sind die im vereinfachten Nachweis nach BWK-M 3 angegebenen und die mit Hilfe der REBEKA-Daten und den Regenspenden berechneten einjährlichen Einleitungsabflüsse gegenübergestellt. Aufgrund der fehlerhaften Drosselabflüsse und fehlerhaften Flächenangaben zeigen sich auch hier überwiegend große Abweichungen.

Tabelle 4.14: Vergleich der einjährlichen Einleitungsabflüsse

| | Bewertungsmethodik $Q_{E1}$ [1] [l/s] | Nachweis [2] $Q_{E1}$ [l/s] | Abweichung [%] |
|---|---|---|---|
| SK Falkenberg | 0 | 0 | - |
| RRB Falkenberg | 65 | 65 | 0,0 |
| RÜB Am Ueling | 0 | 0 | - |
| RRB Am Ueling | 75 | 85 | -11,8 |
| RÜB Baisiepen (Grünental) | 376 | 238 | 57,9 |
| RÜB Berghausen | 3227 | 890 | 262,6 |
| RÜB Eschbachtal | 30 | 1732 | -98,3 |
| RÜB Heintjesmühle | 5128 | 1233 | 315,9 |
| RÜB Hoellenbachtal | 1952 | 370 | 427,7 |
| RÜB Preyersmühle | 1128 | 297 | 279,6 |
| RÜB Struck/Baisiepen | 0 | 0 | - |
| RRB Struck/Baisiepen | 128 | 115 | 11,3 |
| RÜB Tenter Weg | 1887 | 0 | - |
| RRB Tenter Weg | 70 | 70 | 0,0 |
| RÜB Ziegelstr./Arnoldstr. | 1503 | 1380 | 8,9 |
| RÜ Am Buchenhang | 0 | 0 | - |
| RRB Am Buchenhang | 40 | 40 | 0,0 |
| RÜ Amselweg | 220 | 487 | -54,8 |
| RÜ Hagener Berg | 422 | 490 | -13,8 |
| RÜ Hagenstraße | 594 | 798 | -25,6 |
| RÜ Vorm Eicker Berg / Reitplatz | 729 | 916 | -20,4 |
| Summe | 10853 | 4613 | 135,3 |

[1] nach Bewertungsmethodik

[2] vereinfachter Nachweis BWK-M 3 vom Ingenieurbüro Reinhard Beck

Um zu ermitteln, wie groß die Abweichungen bei der Berechnung der Einleitungsabflüsse wäre, wenn bei der Anwendung der Bewertungsmethodik für dieses Beispielgebiet vollständig richtige REBEKA-Daten vorliegen würden, werden in Tabelle 4.15 die Einleitungsabflüsse mit korrigierten Daten (Drosselabflüsse, Flächenangaben, Verknüpfungen) ermittelt.

Es zeigen sich noch bei einzelnen Bauwerken größere Abweichungen. Dieses ist darauf zurückzuführen, dass die Einleitungsabflüsse im vereinfachten Nachweis aus einer detaillierten Kanalnetzberechnung stammen und nach der Bewertungsmethodik nur eine stark vereinfachte Berechnung durchgeführt werden kann. Insgesamt lägen die Abweichungen mit 8,3 % aber gering.

Tabelle 4.15: Vergleich der einjährlichen Einleitungsabflüsse nach Korrektur der REBEKA-Daten

| | Bewertungsmethodik $Q_{E1}$ [1] [l/s] | Nachweis [2] $Q_{E1}$ [l/s] | Abweichung [%] |
|---|---|---|---|
| SK Falkenberg | 0 | 0 | 0,0 |
| RRB Falkenberg | 65 | 65 | 0,0 |
| RÜB Am Ueling | 0 | 0 | 0,0 |
| RRB Am Ueling | 85 | 85 | 0,0 |
| RÜB Baisiepen (Grünental) | 308 | 238 | 29,4 |
| RÜB Berghausen | 1147 | 890 | 28,9 |
| RÜB Eschbachtal | 1718 | 1732 | -0,8 |
| RÜB Heintjesmühle | 743 | 1233 | -39,7 |
| RÜB Hoellenbachtal | 931 | 370 | 151,6 |
| RÜB Preyersmühle | 520 | 297 | 75,2 |
| RÜB Struck/Baisiepen | 0 | 0 | 0,0 |
| RRB Struck/Baisiepen | 115 | 115 | 0,0 |
| RÜB Tenter Weg | 0 | 0 | 0,0 |
| RRB Tenter Weg | 70 | 70 | 0,0 |
| RÜB Ziegelstr./Arnoldstr. | 1800 | 1380 | 30,4 |
| RÜ Am Buchenhang | 0 | 0 | 0,0 |
| RRB Am Buchenhang | 40 | 40 | 0,0 |
| RÜ Amselweg | 356 | 487 | -27,0 |
| RÜ Hagener Berg | 520 | 490 | 6,1 |
| RÜ Hagenstraße | 759 | 798 | -4,9 |
| RÜ Vorm Eicker Berg / Reitplatz | 922 | 916 | 0,7 |
| Summe | 4998 | 4613 | 8,3 |

[1] nach Bewertungsmethodik mit $A_{red}$, $Q_d$ und Bauwerksverknüpfungen aus vereinfachtem Nachweis
[2] vereinfachter Nachweis BWK-M 3 vom Ingenieurbüro Reinhard Beck

*Fazit:*
Da die in Abschnitt 4.2.3 dargestellten Abweichungen überwiegend auf nicht korrekte Grundlagendaten zurückzuführen sind, kann ihnen durch die Methodik nicht begegnet werden. Ein möglichst fehlerfreier REBEKA-Datenbestand ist für die Anwendung der Methodik daher wünschenswert. Eine Korrektur der REBEKA-Daten kann, wie dieses Beispiel zeigt, notwendig sein. In der Ergebnisdarstellung der Bewertungsmethodik werden daher die Eingangsdaten auch für die Regenbecken mit ausgegeben, so dass diese zu Kontrollzwecken zugänglich sind.

### 4.2.4 Aufbereitung der NIKLAS-KOM Daten

Für den Eschbach sind in den NIKLAS-KOM Daten keine Einleiter verzeichnet.

### 4.2.5 Aufbereitung der NIKLAS-IGL Daten

Für den Eschbach sind in den NIKLAS-IGL Daten keine Einleiter verzeichnet.

### 4.2.6 Ermittlung der Trenngebiets- und Straßenflächen ohne Behandlungsanlagen und deren Einleitungsabflüsse

Zur Ermittlung der einleitungsrelevanten befestigten Flächen ($A_{red,TS,Teileinzugsgebiet}$), die zusätzlich zu den in den Katastern erfassten Flächen zu berücksichtigen sind, werden die ATKIS-Verschneidungen gemäß der Bewertungsmethodik durchgeführt. Tabelle 4.16 zeigt eine Übersicht über die ermittelten Flächen. Die Lage der einzelnen Abschnitte kann der Anlage 4.4 entnommen werden.

Tabelle 4.16: Ergebnisse aus den ATKIS-Verschneidungen

| Abschnitt | $A_{E,TEZG}$ [1] [ha] | $A_{E,k,TEZG}$ [1] [ha] | $A_{red,gesamt,TEZG}$ [1] [ha] | $A_{red,gesamt,Einl.}$ [ha] | $A_{red,TS,TEZG}$ [1] [ha] | $A_{red,TS,TEZG,\ abgem.}$ [1] [ha] |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 273672-003 | 46,2 | 4,8 | 2,5 | 0,0 | 2,5 | 1,2 |
| 273672-004 | 147,1 | 40,3 | 20,1 | 8,0 | 12,1 | 6,0 |
| 273672-005 | 100,2 | 27,2 | 13,4 | 0,0 | 13,4 | 6,7 |
| 273672-006 | 65,3 | 18,1 | 9,4 | 9,0 | 0,4 | 0,2 |
| 273672-007 | 1,6 | 0,4 | 0,3 | 0,0 | 0,3 | 0,1 |
| 273672-008 | 73,3 | 22,9 | 10,5 | 0,0 | 10,5 | 5,2 |
| 273672-009 | 17,9 | 3,5 | 2,0 | 0,0 | 2,0 | 1,0 |
| 273672-010 | 25,2 | 11,5 | 7,5 | 0,0 | 7,5 | 3,7 |
| 273672-011 | 64,0 | 1,1 | 0,6 | 0,0 | 0,6 | 0,3 |
| 273672-012 | 23,1 | 0,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 273672-013 | 11,0 | 1,0 | 0,4 | 0,0 | 0,4 | 0,2 |
| 273672-014 | 52,4 | 4,5 | 2,2 | 0,0 | 2,2 | 1,1 |
| 2736721114-001 | 20,7 | 0,7 | 0,4 | 0,0 | 0,4 | 0,2 |
| 273672112-001 | 95,1 | 14,6 | 6,8 | 0,0 | 6,8 | 3,4 |
| 27367212-001 | 51,0 | 0,6 | 0,3 | 0,0 | 0,3 | 0,2 |
| 27367212-002 | 95,1 | 7,0 | 3,3 | 0,0 | 3,3 | 1,6 |
| 273672122-001 | 54,9 | 0,8 | 0,4 | 0,0 | 0,4 | 0,2 |
| 273672122-002 | 20,9 | 4,0 | 2,0 | 0,0 | 2,0 | 1,0 |
| 2736721222-001 | 29,8 | 2,9 | 1,5 | 0,0 | 1,5 | 0,7 |
| 27367214-001 | 39,3 | 14,1 | 7,4 | 0,0 | 7,4 | 3,7 |
| 27367214-002 | 56,4 | 13,5 | 6,8 | 44,0 | 0,0 | 0,0 |
| 27367214-003 | 20,4 | 3,6 | 1,9 | 0,0 | 1,9 | 0,9 |
| 27367214-004 | 26,0 | 11,1 | 5,7 | 0,0 | 5,7 | 2,8 |
| 2736721412-001 | 46,4 | 21,5 | 10,9 | 0,0 | 10,9 | 5,4 |
| 273672142-001 | 23,9 | 8,4 | 4,4 | 0,0 | 4,4 | 2,2 |
| 273672142-002 | 28,0 | 24,0 | 12,4 | 0,0 | 12,4 | 6,2 |
| 2736721422-001 | 26,4 | 18,4 | 9,2 | 0,0 | 9,2 | 4,6 |
| 273672144-001 | 47,3 | 30,2 | 15,2 | 27,0 | 0,0 | 0,0 |
| 273672152-001 | 149,9 | 59,1 | 30,7 | 0,0 | 30,7 | 15,2 |
| 2736721532-001 | 68,2 | 37,1 | 19,5 | 26,0 | 0,0 | 0,0 |
| 273672154-001 | 112,2 | 48,2 | 24,3 | 24,0 | 0,3 | 0,1 |
| 273672154-002 | 8,4 | 6,7 | 3,4 | 0,0 | 3,4 | 1,7 |
| 27367215412-001 | 9,2 | 6,6 | 3,7 | 0,0 | 3,7 | 1,8 |
| 27367216-001 | 86,3 | 50,6 | 25,9 | 42,0 | 0,0 | 0,0 |
| 27367218-001 | 33,4 | 5,2 | 2,7 | 0,0 | 2,7 | 1,4 |
| 27367218-002 | 129,2 | 57,5 | 30,3 | 54,0 | 0,0 | 0,0 |
| 273672182-001 | 79,2 | 11,5 | 5,9 | 0,0 | 5,9 | 2,9 |
| 273672192-001 | 51,5 | 17,9 | 9,1 | 12,0 | 0,0 | 0,0 |
| 273672192-002 | 22,1 | 17,3 | 9,0 | 0,0 | 9,0 | 4,5 |
| 2736721922-001 | 14,2 | 11,1 | 5,9 | 0,0 | 5,9 | 2,9 |
| 273672194-001 | 119,0 | 28,9 | 14,8 | 0,0 | 14,8 | 7,4 |
| Summe | 2191,5 | 668,4 | 342,7 | 246,0 | 194,8 | 96,7 |

[1] TEZG=Teileinzugsgebiet

Bei der Berechnung der Trenngebiets- und Straßenflächen ohne Behandlungsanlagen ($A_{red,TS,Teileinzugsgebiet,abgem.}$) ergibt sich ein Abminderungsfaktor von 0,50. Diese starke Abminderung ist auf die fehlerhaften Flächenangaben in den REBEKA-Daten zurückzuführen. Dadurch ergeben sich nach der Bewertungsmethodik rechnerisch viele negative Flächen, die auf Null gesetzt werden. Zur Einhaltung der Flächenbilanz für das Gesamtgebiet ist dann diese starke Abminderung der übrigen Flächen erforderlich.
Würden bei den Beckenbauwerken die korrekten Einzugsgebietsflächen aus dem vereinfachten Nachweis angesetzt werden, ergäbe sich ein Abminderungsfaktor von nur 0,87. Die Ergebnisse mit den korrigierten Daten sind in der Anlage 4.5 aufgeführt.

Insgesamt ergibt sich für das Testgebiet nach Tabelle 4.16 eine befestigte Fläche von $A_{red,gesamt}$=342,7 ha und eine durchlässige Fläche von $A_{u,gesamt}$=0,85·342,7=291,3 ha. Im vorliegenden vereinfachte Nachweis wird $A_u$=$A_{red}$ gesetzt. Den vom Wupperverband zur Verfügung gestellten Daten kann eine undurchlässige Gesamtfläche von 244,0 ha entnommen werden (IBBECK, 2006). Die undurchlässige Fläche wird also nach der Bewertungsmethodik überschätzt.

Würde bei der Methodik ein Befestigungsgrad von 0,34 statt 0,45 für die baulich geprägten Flächen (siehe Abschnitt 3.1.1) angesetzt werden, ergäbe sich nach der Bewertungsmethodik eine undurchlässige Fläche von $A_{u,gesamt}$=242,0 ha. Die Abweichung zur angegebenen Fläche wäre damit kleiner als 1%. Somit spricht auch das Beispielgebiet Eschbach für einen geringeren Befestigungsgrad für die Bewertungsmethodik. Eine Festlegung des Wertes erfolgt in der Projektphase II.

### 4.2.7 Ermittlung geschlossener Siedlungsgebiete

Zur Festlegung welche Einleitungen die einzelnen Gewässerabschnitte belasten, müssen geschlossenen Siedlungsgebiete abgegrenzt werden.

Nach der Bewertungsmethodik stellen Talsperren Grenzen eines geschlossenen Siedlungsgebietes dar. Dadurch ergeben sich in diesem Testgebiet insgesamt drei geschlossene Siedlungsgebiete. Das erste bzw. zweite geschlossene Siedlungsgebiet umfassen den Eschbach bzw. den Stöcker Bach oberstrom der Talsperre einschließlich der zugehörigen Nebengewässer, das dritte geschlossenes Siedlungsgebiet beginnt unterstrom der Talsperre. Das Ende des dritten geschlossenen Siedlungsgebietes wird nach der Bewertungsmethodik bis zur Einmündung in die Wupper nicht erreicht. Demnach ist dieses geschlossene Siedlungsgebiet nur ein Teilgebiet eines geschlossenen Siedlungsgebietes der Wupper. Betrachtet wird hier jedoch der Eschbach nur bis zur Einmündung des Lohbachs (siehe Bild 4.6 dicke schwarze Linie).

Im vorliegenden vereinfachten Nachweis (IBBECK 2001b, 2001c) wird der Eschbach in zwei geschlossene Siedlungsgebiete unterteilt. Das geschlossene Siedlungsgebiet Eschbach I erstreckt sich von der Quelle bis zur Einmündung des Aschenberger Baches, wobei jedoch oberhalb der Talsperre keine Einleitungen berücksichtigt werden (siehe Bild 4.6). Das ge-

schlossene Siedlungebiet Eschbach II beginnt beim RÜB Westhausen und ist Teil eines geschlossenen Siedlungsgebietes der Wupper. Der Lohbach stellt im vorliegenden vereinfachten Nachweis ein eigenständiges geschlossenes Siedlungsgebiet dar.

Die Unterschiede bei der Abgrenzung der geschlossenen Siedlungsgebiete ergeben sich insbesondere durch das nach der Bewertungsmethodik gewählte Abstandkriterium von 3,2 km zwischen zwei Einleitungsstellen und durch die Generierung von fiktiven Einleitungsstellen am Ende eines Gewässerabschnittes. Im vorliegenden vereinfachten Nachweis wird nach BWK-M 3 zur Abgrenzung von zwei geschlossenen Siedlungsgebieten ein Abstand von 1,6 km aufgrund der vorliegenden Daten zu Fließgeschwindigkeiten und Fließtiefen angesetzt. Zusätzlich werden die Einleitungen von Trenngebiets- und Straßenflächen nicht oder nur als an geplante RRB angeschlossene Gebiete berücksichtigt. Dadurch ergibt sich, dass nach dem RRB Am Ueling eine Abgrenzung eines geschlossenes Siedlungsgebietes nach IBBECK (2001b) erfolgt, da der Abstand bis zum RÜB Westhausen >1,6 km ist. An dieser Stelle kann nicht beurteilt werden, ob auch bei detaillierter Berücksichtigung aller Einleitungen für den vereinfachten Nachweis an dieser Stelle eine Abgrenzung möglich wäre.

Nach der Bewertungsmethodik ergeben sich an den Endpunkten der Gewässerabschnitte 273672-002 bis 273672-004 fiktive Einleitungsstellen, so dass der Abstand zwischen zwei Einleitungsstellen immer <3,2 km ist und es zu keiner Abgrenzung eines geschlossenen Siedlungsgebietes kommt.

Wie in Abschnitt 4.2 beschrieben wird für dieses Vorhaben eine stark modifizierte Version des vorhandenen vereinfachten Nachweise genutzt, in der auch Abflüsse von Trenngebiets- und Straßenflächen ohne Behandlungsanlagen berücksichtigt werden. Mangels detaillierter Kenntnisse zu der Flächenverteilung im Einzugsgebiet werden für die Berechnung des Ist-Zustandes auch Einleitungen oberstrom der Talsperre berücksichtigt (siehe Abschnitt 4.2). Da die Talsperre eine eindeutige hydraulische Entkopplung von ober- und unterstrom auftretenden Einleitungen darstellt, wird auch für die Berechnung des Ist-Zustandes eine Unterteilung des geschlossenen Siedlungsgebietes Eschach I in ober- und unterstrom der Talsperre vorgenommen.

### 4.2.8 Ermittlung der hydraulischen Belastung

Jeder Gewässerabschnitt ist durch alle am betrachteten Gewässerabschnitt liegenden Einleitungen, sowie durch alle oberhalb liegenden Einleitungsstellen desselben geschlossenen Siedlungsgebietes belastet. Durch Summation aller Einleitungsabflüsse wird der vorhandene einjährliche Einleitungsabfluss $Q_{E1,vorh}$ ermittelt.

Zur Berechnung des zulässigen Einleitungsabflusses ist es zunächst erforderlich, die potentiell natürliche einjährliche Hochwasserabflussspende ($H_{q1,pnat}$) aus den Hüllkurven gemäß BWK-M 3 zu ermitteln. Als Mittelwert aus den Hüllkurven ergeben sich für die Nebengewässer Werte von etwa 400 l/(s·km²) und für den Eschbach je nach betrachtetem Streckenabschnitt ein Wert von 300 bis 400 l/(s·km²). Beim vereinfachten Nachweis wird für die Neben-

gewässer ein Wert von 370 l/(s·km²) und für den Eschbach oberhalb des Lohbaches von 250 l/(s·km²) angesetzt. Diese Werte entstammen aus dem Niederschlags-Abfluss-Modell Eschbach aus dem Jahre 1994 und wurden aus der Nullvariante (keine antrophogene Beeinflussung des Einzugsgebietes) für die zweijährliche Abflussspende berechnet (IBBECK, 2001b):

$$Hq_{1,pnat} = 0{,}9 \cdot Hq_{2,Null\,variante}$$

Der zulässige Einleitungsabfluss $Q_{E1,zul}$ wird wie folgt berechnet:

$$Q_{E1,zul} \leq 1{,}0 \cdot Hq_{1,pnat} \cdot \frac{A_{red,Nachweis}}{100} + x \cdot Hq_{1,pnat} \cdot A_{E0} \quad \text{[l/s]}$$

Aus dem Vorgehen gemäß der Bewertungsmethodik ergibt sich für Eschbach bis zur Einmündung des Lohbaches ein zulässiger Einleitungsabfluss von

$$Q_{E1,zul} \leq 1{,}0 \cdot 300{,}4 \cdot \frac{325{,}4}{100} + 0{,}1 \cdot 300{,}4 \cdot 21{,}92 = 1.636 \quad \text{[l/s]}$$

Der zulässige Einleitungsabfluss aus dem vereinfachten Nachweis ergibt sich zu:

$$Q_{E1,zul} \leq 1{,}0 \cdot 250 \cdot \frac{235{,}4}{100} + 0{,}1 \cdot 250 \cdot 21{,}92 = 1.136 \quad \text{[l/s]}$$

Der nach der Bewertungsmethodik berechnete und der aus dem vereinfachten Nachweis entnommene zulässige Einleitungsabfluss weichen für den Eschbach an der Einleitungsstelle des Lohbaches um etwa 44% voneinander ab. Diese Abweichung ist im Wesentlichen darauf zurückzuführen, dass nach der Bewertungsmethodik ein $A_{red,Nachweis}$ von 325,4 statt 235,4 angesetzt wird. Die Ursachen dazu wurden bereits im Abschnitt 4.2.6 diskutiert. Weiterhin weicht der $Hq_{1,pnat}$ – Wert voneinander ab, was auf die unterschiedliche Ermittlung (Hüllkurve bzw. N-A-Modell) zurückzuführen ist.

Die hydraulische Belastung der einzelnen Gewässerabschnitte ergibt sich aus dem Quotienten $hydB_{Gewässerabschnitt}=Q_{E1,vorh}/Q_{E1,zul}$. Die Ergebnisse für die einzelnen Gewässerabschnitte sind in Anlage 4.6 aufgeführt.

Für den untersten betrachteten Gewässerabschnitt des Eschbaches 273672-003 (siehe Anlage 4.4) ergibt sich beispielhaft nach der Bewertungsmethodik ein Wert für die hydraulische Belastung von 16,0. Unter den Annahmen aus Abschnitt 4.2 wird für den Ist-Zustand des vereinfachten Nachweises ein Wert von 19,8 ermittelt. Mit der Bewertungsmethodik wird also eine etwas niedrigere Belastung ermittelt. Dies ist auf den nach der Bewertungsmethodik ermittelte größeren zulässigen Einleitungsabfluss $Q_{E1,zul}$ zurückzuführen. Für den vorhandenen Einleitungsabfluss $Q_{E1,vorh}$ ergibt sich nach der Bewertungsmethodik ein größerer Wert ($Q_{E1,vorh}$=26.241 l/s) als nach dem vereinfachten Nachweis ($Q_{E1,vorh}$=22.537 l/s).

Insgesamt passt die hydraulische Bewertung der Niederschlagswassereinleitungen nach der Bewertungsmethodik und dem vereinfachten Nachweis für dieses Beispielgebiet gut überein.

### 4.2.9 Ergebnisdarstellung und Aggregation zu Wasserkörpern nach der WRRL

Nach der Bewertungsmethodik ergeben sich die in Bild 4.7 dargestellten Ergebnisse. Demgegenüber ergibt sich nach dem vereinfachten Nachweis unter den Annahmen aus Abschnitt 4.2 das in Bild 4.8 dargestellte Ergebnis. Bei der Bewertungsmethodik erfolgte nach Bild 4.7 für nicht stationierte Gewässer keine Bewertung. Bei dem vereinfachten Nachweis nach Bild 4.8 liegt keine Bewertung vor, wenn keine Angaben über Einleitungen in diesen Gewässerabschnitten vorhanden sind. Bei Verwendung der Drosselabflüsse, Flächenangaben und Verbindungen für die Bauwerke aus dem vereinfachten Nachweis ergeben sich nach der Bewertungsmethodik die in Anlage 4.7 dargestellten Ergebnisse. Grün dargestellt sind die im Testgebiet liegenden Naturschutzgebiete. Diese Bereiche sind als besonders sensibel anzusehen.

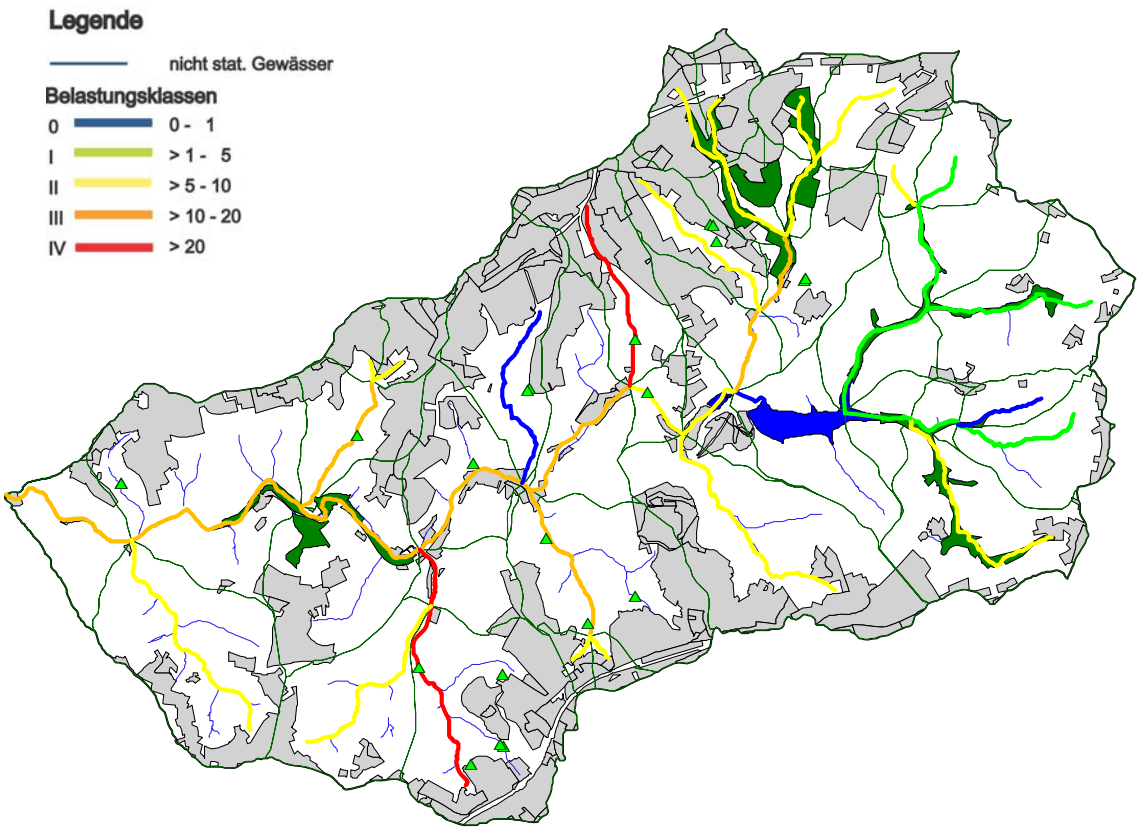


Bild 4.7 Ergebnisse nach der Bewertungsmethodik

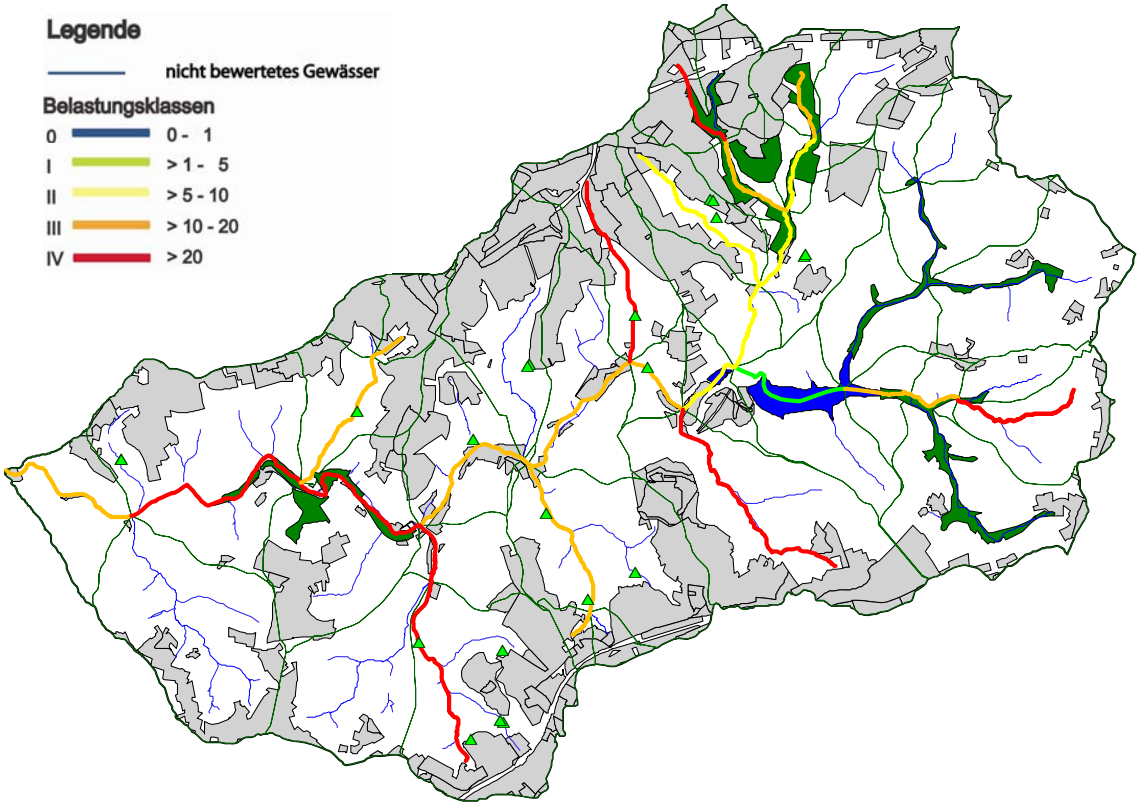


Bild 4.8 Ergebnisse nach dem vereinfachten Nachweis (unter den Annahmen aus Abschnitt 4.2)

Der Eschbach wird durch die Talsperre in insgesamt drei Wasserkörper nach der WRRL unterteilt. Der erste Wasserkörper verläuft von der Quelle bis zur Talsperre, der zweite bis zum Ende der Talsperre und der dritte bis zur Mündung in die Wupper. In Bild 4.9 sind die Belastungen für die einzelnen Wasserkörper nach der Bewertungsmethodik dargestellt. Es ist jedoch zu beachten, dass für den dritten Wasserkörper angenommen wird, dass sich von der Einmündung des Lohbaches bis zur Mündung in die Wupper keine wesentliche Änderung der hydraulischen Belastung ergibt.

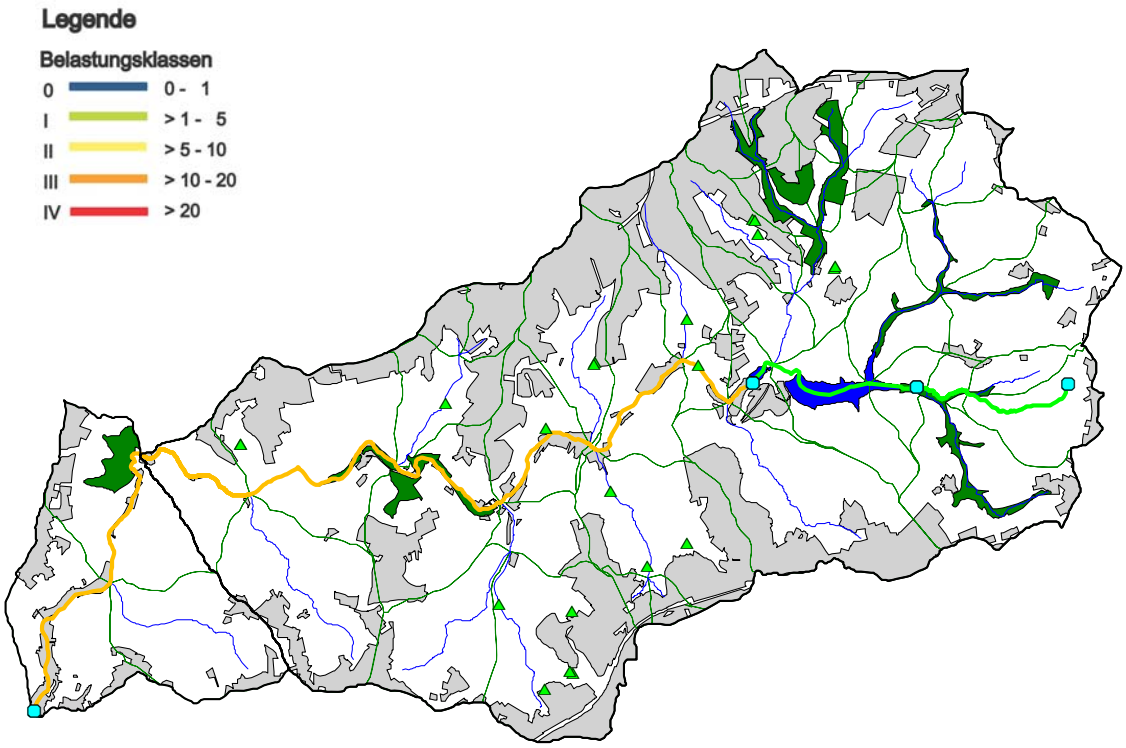


Bild 4.9 Ergebnisse für die Oberflächenwasserkörper nach der Bewertungsmethodik

### 4.2.10 Schlussfolgerungen für die Bewertungsmethodik

Auf die Bewertungsmethodik bezogen ergeben sich aus dem Testgebiet Eschbach folgende Schlussfolgerungen:

- Fehlerhafte Eingangsdaten bei den REBEKA-Daten durch doppelte Angabe der Einzugsgebietsfläche bei den Beckenbauwerken und dem nachgeschalteten RRB können nur im beschränktem Maße korrigiert und ergänzt werden. Eine Plausibilitätsprüfung der Daten sollte soweit wie möglich erfolgen, um diese Fehlerquelle soweit wie möglich zu begrenzen. Welche Plausibilitätsprüfungen für die REBEKA-Daten durchgeführt werden können, sollte in der Projektphase II mit dem FiW RWTH Aachen (Frau Wienert) nach Einsicht in den aktuellen REBEKA-Datenbestand abgestimmt werden.
- Die Überschätzung der Trenngebiets- und Straßenflächen bei den ATKIS-Verschneidungen deuten darauf hin, dass ein geringerer Befestigungsgrad angesetzt werden sollte, als derzeit in der Methodik vorgesehen ist. Eine Überprüfung der Bewertungsmethodik in diesem Punkt erfolgt in der Phase II des Vorhabens.
- Das in der Bewertungsmethodik verwendete Abgrenzungskriterium muss in der Phase II geprüft und ggf. korrigiert werden, da beim Beispielgebiet Eschbach nach der Bewertungsmethodik das Ende des geschlossenen Siedlungsgebietes an der Einmündung des Lohbachs noch nicht erreicht ist, wie es bei dem vereinfachten Nachweis der Fall ist.

# 5 Zusammenfassung

Zur Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie ist es erforderlich, die hydraulische Belastung von Fließgewässern durch Niederschlagswassereinleitungen im Rahmen einer Immissionsbetrachtung durchzuführen. Im Rahmen dieses Projektes wird unter Berücksichtigung der Datenverfügbarkeit und des automatisierten Vorgehens eine Bewertungsmethodik entwickelt, die eine GIS-gestützte Beurteilung dieser Belastung in NRW ermöglicht.

In der Literatur sind unterschiedliche Signifikanzkriterien für die Beurteilung der hydraulischen Belastung von Niederschlagswassereinleitungen dokumentiert. Da das Signifikanzkriterium des vereinfachten Nachweises des BWK-M 3 bei immissionsorientierten Nachweisen in NRW häufig angewendet wird, wird dieses Kriterium für die Bewertungsmethodik als Grundlage verwendet. Da kein Regionalisierungsverfahren auf der Ebene von NRW eine Ermittlung des potenziell naturnahen Hochwasserabflusses $HQ_{1,pnat}$ liefert, der für die Bewertung notwendig ist, werden dazu die Hüllkurvenwerte des BWK-M 3 verwendet.

Etwa 51% der versiegelten Flächen werden in NRW einleitungsscharf über das REBEKA bzw. NIKLAS-IGL Kataster erfasst. Die übrigen Flächen sind nicht in Katastern erfasst und müssen daher über eine ATKIS-Verschneidung ermittelt und als fiktive Einleitungsstellen den Gewässerabschnitten zugeordnet werden. Für die Berechnung der Einleitungsabflüsse wird in der Bewertungsmethodik ein vereinfachtes Verfahren über Regenspenden angesetzt, da nach BWK-M 3 diese Angaben üblicherweise Schmutzfrachtnachweisen oder Kanalnetzberechnungen entnommen werden, die für NRW nicht in den Katasterangaben verzeichnet sind.

Die Bewertungsmethodik wird iterativ entwickelt und auf zwei Testgebiete (Rotbach und Eschbach) angewendet, für die vereinfachte Nachweise nach BWK-M 3 als Referenz vorliegen. Beim Rotbach zeigen sich größere Abweichungen zwischen der Anwendung der Bewertungsmethodik und dem vereinfachten Nachweis, was im Wesentlichen auf fehlerhafte Eingangsdaten, einen zu hohen Befestigungsgrad und eine unterschiedliche Abgrenzung des geschlossenen Siedlungsgebietes zurückzuführen ist. Beim Eschbach passen die Ergebnisse recht gut überein.

Insgesamt zeigt sich, dass vor einer Übertragung der Bewertungsmethodik auf NRW ein Abgleich der Ergebnisse aus der GIS Anwendung mit örtlichen vereinfachten Nachweisen nach BWK-M 3 notwendig ist, um für die Parameter der wesentlichen Annahmen eine plausible Einstellung abzuleiten. Dabei ist auch zu prüfen, ob die erarbeitete Bewertungsmethodik für die Übertragung auf NRW noch ergänzt werden muss. Aus dem Abgleich der Bewertungsmethodik mit vorhandenen vereinfachten Nachweisen sollte dann eine Bewertung der GIS-gestützten Bewertungsmethodik erfolgen, um dem Anwender die Möglichkeiten und Grenzen dieses Verfahrens aufzuzeigen

## Literatur

### Allgemein zugängliche Quellen (Bücher, Zeitschriften, Schriftenreihen etc.)

BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT (2004) Untersuchungen an kleinen Fließgewässern über Auswirkungen von Regeneinleitungen aus Siedlungen, Informationsberichte Heft 1/04

BECKER, M.; B. SPENGLER; W. VAUPEL (1998): Luftbilder zur Ermittlung befestigter Flächen – Verlässliche Grundlage für siedlungswasserwirtschaftliche Berechnungen, Korrespondenz Abwasser 1998 (45), Nr. 8, S. 1454 – 1456

HARNISCHMACHER, S.; A. WEHRMANN; H. ZEPP (2005): Ein Fließgewässerinformationssystem zur Abschätzung potenziell-naturnaher Abflusskennwerte in Nordrhein-Westfalen. in: Harnischmacher, S., Held, T., Herget, J.: Forum Angewandte Geographie. EU-Wasserrahmenrichtlinie. Bochum, Materialien zur Raumordnung Band 64, Geographisches Institut der Ruhr-Universität Bochum, 2005

HAUPT, R. (2000): Regionalisierung von Hochwasserkennwerten in Mecklenburg-Vorpommern, Veröffentlichungen des Institutes für Kulturtechnik und Siedlungswasserwirtschaft der Universität Rostock

HMULV (2004b): Leitfaden für das Erkennen ökologisch kritischer Gewässerbelastungen durch Abwassereinleitungen in Hessen – Begleitband, Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz (HMULV)

KILIAN (1998): Abflusscharakteristika und potenziell natürliche Gerinnegrundrißformen von Fließgewässern in den verschiedenen Regionen Hessens, Mitteilungen des Instituts für Wasserbau und Wasserwirtschaft der Technischen Universität Darmstadt, Heft 100

KOSTRA: KOSTRA-DWD (2000), Koordinierte Starkniederschlags-Regionalisierungs-Auswertungen auf Datenbasis des DWD, Software des itwh Version 2.0.1, erstellt in Zusammenarbeit mit der Fachhochschule Lippe und Höxter

LFU (1999): Hochwasserabfluss-Wahrscheinlichkeiten in Baden-Württemberg, Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg

MIGGE, H.; WALTER, J.-C. (2003): Misch- und Regenwasser: Theoretische Erkenntnisse und praktische Erfahrungen. Wasserwirtschaft, Jg. 93, Nr.11, 2003, S.29-32

MICHELBACH, S.; E. MEIßNER (1999): Begrenzung des Regenabflusses aus Siedlungen, Korrespondenz Abwasser 1999 (46), Nr. 6, S. 910-918

MUNLV (2002): Entwicklung und Stand der Abwasserbeseitigung in Nordrhein-Westfalen, 9. Auflage, Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz der Landes NRW

MUNLV (2003): Entwicklung und Stand der Abwasserbeseitigung in Nordrhein-Westfalen, 10. Auflage, Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz der Landes NRW

MUNLV (2003b): Wasserwirtschaft Nordrhein-Westfalen, Handbuch zur naturnahen Entwicklung von Fließgewässern, Band 1, Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz der Landes NRW

NAFO, I. I. (2004): Bilanzierung zur Beurteilung von Niederschlagswassereinleitungen auf regionaler Ebene, Dissertation am Fachbereich Bauwesen der Universität Duisburg-Essen

ROTHE, B.; WOLF-SCHUMANN, U.; SCHITTHELM, D.; BÜRGEL, B. (2002): Regionalisierungsverfahren zur Ermittlung des potenziell natürlichen jährlichen Abflusses in kleinen Einzugsgebieten. Wasser und Abfall, Jg. 4, Nr. 6, 2002, S. 14-19

SCHAARDT, V.; E. MEIßNER (2000): Hydraulische Belastbarkeit von Fließgewässern, KA-Wasserwirtschaft, Abwasser, Abfall, Jg. 47, Nr. 8, 2000, S. 1124 - 1130

ZEPP, H.; S. HARNISCHMACHER; A. WEHRMANN (2003): Entwicklung und Regionalisierung Hydrologischer Leitbilder für Nordrhein-Westfalen, Abschlussbericht der Ruhr-Universität – Geografisches Institut, im Auftrag des Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen

**Nicht allgemein zugängliche Arbeiten (Vortragsunterlagen, Diplomarbeiten, mündliche Mitteilungen, Forschungsberichte etc.)**

KIT (2006): Auswertung der NIKLAS-IGL Daten, Keck Informations Technologie, unveröffentlicht

DOHMANN, M.; COBURG, R.C. (2003): Abflussrelevante Flächen in NRW - Zusammenstellung verschiedener Flächendaten. Institut für Siedlungswasserwirtschaft, RWTH Aachen. Forschungsbericht i.A. des Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, Förderkennzeichnen: IV-9-042 241 0010

BASTIAN, A. (2006): Persönliche Mitteilung vom 24.08.2006, Wupperverband

INGENIEURÜRO REINHARD BECK (2001a): Kanalnetzanzeige für das Einzugsgebiet des Regenüberlaufbeckens Gruppenklärwerk Burg, Erläuterungsbericht, unveröffentlicht

IBBECK (2001b): Vereinfachter Nachweis nach dem BWK Merkblatt 3 für das Einzugsgebiet des Regenüberlaufbeckens Gruppenklärwerk Burg, Heft 3, Erläuterungsbericht, Ingenieurbüro Reinhard Beck, unveröffentlicht

IBBECK (2001c): Vereinfachter Nachweis nach dem BWK Merkblatt 3 für das Einzugsgebiet des Regenüberlaufbeckens Gruppenklärwerk Burg, Heft 4, Datenblätter und Ergebnisprotokolle, Ingenieurbüro Reinhard Beck, unveröffentlicht

IBBECK (2006): Korrigierte Flächendaten für das Eschbacheinzugsgebiet, übermittelt durch den Wupperverband, Ingenieurbüro Reinhard Beck, unveröffentlicht

DURCHSCHLAG & BEVER (2005a): Generalentwässerungsplan der Stadt Dinslaken, Einzugsgebietsplan – Trenn- und Mischsystem, Durchschlag & Bever Ingenieurgesellschaft mbH, unveröffentlicht

DURCHSCHLAG & BEVER (2005b): Generalentwässerungsplan der Stadt Dinslaken, Fließplan Trennsystem – Einzugsgebiet Rotbach, Durchschlag & Bever Ingenieurgesellschaft mbH, unveröffentlicht

DURCHSCHLAG & BEVER (2005c): Vereinfachter Nachweis nach BWK-M 3 für den Rotbach, Berechnungsdatei für das Programm VereNa, Durchschlag & Bever Ingenieurgesellschaft mbH, unveröffentlicht

STUA DUISBURG (2005): Stellungnahme zum BWK-M 3 Nachweis der Stadt Dinslaken für den Rotbach, unveröffentlicht

**Normen und Arbeitsblätter**

ATV (1992): ATV Arbeitsblatt A128, Richtlinien für die Bemessung und Gestaltung von Regenentlastungsanlagen in Mischwasserkanälen, Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik e.V., St. Augustin (Hrsg.)

ATV (1999): ATV Arbeitsblatt A118, Hydraulische Bemessung und Nachweis von Entwässerungssystemen, Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik e.V., St. Augustin (Hrsg.)

ATV-DVWK (2000): ATV-DVWK Merkblatt 153, Handlungsempfehlungen zum Umgang mit Regenwasser, Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik e.V., Hennef, 2000

BWK (2001): Merkblatt 3: Ableitung von immissionsorientierten Anforderungen an Misch- und Niederschlagswassereinleitungen unter Berücksichtigung örtlicher Verhältnisse, Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK), 2001

BWK (2006): Leitfaden zur detaillierten Nachweisführung immissionsorientierter Anforderungen an Misch- und Niederschlagswassereinleitungen gemäß BWK-Merkblatt 3, Arbeitsgruppe 2.3 des Bundes der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) e. V. erarbeitet für das MUNLV NRW

FGSV (1987): Richtlinien für die Anlage von Straßen, Teil Entwässerung (RAS-Ew), Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen 1987

HMULV (2004a): Leitfaden für das Erkennen ökologisch kritischer Gewässerbelastungen durch Abwassereinleitungen in Hessen – Handlungsanleitung, Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz (HMULV)

LANU 2002: Merkblatt M-2, Hinweise zur Bewertung hydraulischer Begrenzungen in Fließgewässern bei der Einleitung von Regenwasser aus der Trennkanalisation, Landesamt für Natur und Umwelt des Landes Schleswig-Holstein, Stand 19.07.2002