

# Mischwasserabfluss in den Bearbeitungsgebieten der EU-Wasserrahmenrichtlinie in Hessen

W1/  
W3

HORST SCHREINER & GERHARD BRAHMER

## Zusammenfassung

Der Mischwasserabfluss kann mit Hilfe von Niederschlagsdaten und der Daten der Überwachung und Kontrolle der kommunalen Kläranlagen als Teil des Wasserkreislaufs dargestellt werden. Mittels eines von BRAHMER & ALTHOFF (2003) beschriebenen Verfahrens wird der Abfluss ermittelt, der zur Niederschlags- bzw. Mischwasserabflussbildung aus besiedelten Gebieten zur Verfügung steht. Aus den Daten der DV-Anwendung Fachinformationssystem Hessische Abwasseranlagen (HAA) kann der Niederschlagsabfluss besiedelter Gebiete ermittelt werden, der in den Kläranlagen behandelt wird. Aus der Gegenüberstellung dieser beiden Ergebnisse lässt sich der Ab-

fluss bestimmen, der in den Kläranlagen nicht behandelt wird bzw. werden kann, also als Mischwasser, in Gebieten mit Trennkanalisation als Niederschlagswasser, unbehandelt in die Gewässer abgeschlagen bzw. eingeleitet wird<sup>1</sup>. Mit Hilfe der Beschaffenheits-Messwerte zum Mischwasserabfluss, die in der Literatur veröffentlicht sind, lassen sich nun Frachten für mehrere relevante Parameter berechnen. Wesentliche Probleme der Mischwasserberechnung hinsichtlich Abfluss und Qualität sind – unabhängig von methodischen Überlegungen – die Kenntnisse zum Abflussbeiwert und zu den Konzentrationen der Inhaltsstoffe des überlaufenden Mischwassers.

## Einleitung

Der Mischwasserabfluss ist in der Siedlungswasserwirtschaft und hinsichtlich der Beschaffenheit der Oberflächengewässer ein interessanter und gegebenenfalls auch wichtiger Vorgang. Bei der Bearbeitung der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL, 2000) sind Einleitungen von Mischwasser in mehreren Fällen relevant: Hydrologische Belastungen (Anhang II Ziff. 1.4 WRRL), wirtschaftliche Analyse, Ermittlung der relevanten Stoffströme im Zusammenhang mit der Maßnahmenzuordnung etc. Im Gegensatz zu den kläran-

lagenrelevanten Abwassereinleitungen ist die Qualität der Mischwassereinleitungen aus verschiedenen Gründen sehr unzureichend untersucht. Für organische Summenparameter liegen noch verhältnismäßig viele Daten vor, für die Nährstoffbelastung ist die Datengrundlage wenig bis gar nicht belastbar (BROMBACH & FUCHS, 2002), (UHL & KASTING, 2002). Die Bilanzierung des Mischwassers hinsichtlich seiner Menge und der Inhaltsstoffe ist deshalb in aller Regel auf rechnerisch-modellhafte Unterstützung ange-

<sup>1</sup> Der Niederschlagswasserabfluss der Trennkanalisation wird im Folgenden vernachlässigt, d. h. in der Bilanz wird unterstellt, dass dieser Abflussanteil mit der Verunreinigung des abgeschlagenen Mischwasseranteils in die Gewässer eingeleitet wird.

wiesen. Wegen des Problems der unzureichenden Informations- bzw. Datengrundlage können die Ergebnisse solcher Kalkulationen recht unterschiedlich ausfallen und erwartungsgemäß nur in den Größenordnungen übereinstimmen. Im Folgenden wird ein überschlägliches Verfahren vorgestellt, das im Rah-

men der Artikel-5-Berichterstattung („Bestandsaufnahme“) verwendet wurde. Das Verfahren ist am Beispiel der Bearbeitungsgebiete, an denen Hessen beteiligt ist, dargestellt. Es ist aber grundsätzlich auch weitergehend regionalisierbar.

## Niederschlagsabfluss

BRAHMER & ALTHOFF (2003) haben ein hydrologisches Verfahren zu Ermittlung der Mittel- und Niedrigwasserabflüsse in Hessen entwickelt. Für die urbanen Flächen liefert die Mittelwasserabflussberechnung das für das Mischwasser zur Verfügung stehende Abflusspotential.

Die Ermittlung der besiedelten bzw. befestigten Gebiete erfolgte auf der Grundlage von CORINE-Landcover, wobei alle Flächen, die dort unter „Siedlung“ zusammengefasst sind, einbezogen wurden (Tab. 1). Auf dieser Datengrundlage ergeben sich für Hessen 1.740 km<sup>2</sup> „besiedelte“ Fläche.

schaft angesetzt. Für die versiegelte Fläche wird eine Verdunstung (Benetzungs- und Muldenverluste) von 200 mm/a und für die Gras- und Gartenlandschaft eine Verdunstung von 88 % der potentiellen Grasreferenzverdunstung (WENDLING 2001) angenommen.

Die mittleren Wassermengenverhältnisse – umgerechnet in Niederschlagshöhen – für die besiedelten Gebiete in Hessen sind in Abb. 2 dargestellt. Niederschlag und Verdunstung entsprechen dem Durchschnitt der Jahresreihe 1961 bis 1990. Die Wassermengen sind zur Vergleichbarkeit alle in mm/a bezo-

**Tab. 1:** Siedlungsflächen nach CORINE-Landcover

Landnutzungsklassen		
1. Siedlung	1.1 Städtisch geprägte Flächen	1.1.1 durchgängig städtische Prägung 1.1.2 nicht durchgängig städtische Prägung
	1.2 Industrie-, Gewerbe- und Verkehrsflächen	1.2.2 Straßen/Eisenbahnnetze, funktionell zugeordnete Flächen 1.2.3 Hafengebiete 1.2.4 Flughäfen
	1.3 Abbauflächen, Deponien, Baustellen	1.3.1 Abbauflächen 1.3.2 Deponien, Abraumhalden 1.3.3 Baustellen
	1.4 Künstlich angelegte, nicht landwirtschaftlich genutzte Flächen	1.4.1 Städtische Grünflächen 1.4.2 Sport/Freizeitanlagen

Den größten Flächenanteil liefern die mit 1.1.2 codierten nicht durchgängig städtisch geprägten Ortslagen. Der Berechnung des Niederschlagsabflusses liegen die Annahmen der Abb. 1 zu Grunde. Die ermittelte besiedelte Fläche wird vereinfachend zu 1/3 als versiegelt und zu 2/3 als Gras- und Gartenland-

gen auf die gesamte hessische besiedelte Fläche von 1.740 km<sup>2</sup> umgerechnet. Der Niederschlagsabfluss ergibt sich aus der Differenz zwischen Niederschlag und Verdunstung und wird als Qurb bezeichnet. Das Schema der Abb. 2 geht vereinfachend davon aus, dass der gesamte Abfluss im besiedelten Gebiet zur Mischwasserbildung zur Verfügung steht, die Grundwasser-Neubildung also im besiedelten Gebiet gleich Null ist. Hinsichtlich einer Wasserbilanz müssten tatsächlich Grundwasser-Neubildung und ein Anteil des Fremdwassers in der Kanalisation berücksichtigt werden werden.

Aus dem Verhältnis von Qurb zum Niederschlag (353 mm/a zu 777 mm/a) folgt ein fiktiver mittlerer Gesamtabflussbeiwert der besiedelten Gebiete von  $\psi_m = 0,45$ . In Abb. 2 sind – um die Vorgehensweise zu verdeutlichen – mittlere hessische Verhältnisse dargestellt. Für die Berechnung der Anteile der einzelnen Bearbeitungsgebiete sind selbstverständlich die jeweiligen gebietspezifischen Niederschlagsdaten ermittelt und verwendet worden. Nur der Versiegelungsgrad in seiner 1/3- zu 2/3-Verteilung wurde immer angesetzt.

Es ist offensichtlich, dass die Einbeziehung der Grundwasserneubildung in urbanen Gebieten, von nichtkommunalen Kläranlagen und von durch Trennkanalisation entwässerten Gebieten einerseits erheblichen Einfluss auf die Ergebnisse hätten, andererseits sind die Rechenergebnisse dominant von den Daten der Versiegelung (Flächenanteile, Versiegelungsgrade) sowie einer anzusetzenden Verunreinigung des überlaufenden, unbehandelt eingeleiteten Mischwassers abhängig. Insbesondere vermögen jedoch Trennkanalisationsanteile den unbehandelt in die Gewässer abgeleiteten Mischwasseranteil (erheblich) zu vermindern. In einer Fracht-Bilanzierung von Inhaltsstoffen wären allerdings die Verschmutzungsanteile des eingeleiteten Niederschlagswasser der Trennkanalisation wieder hinzuzuzählen und so fort ... Bei genauerer Analyse der genannten Einflüsse ließe sich das Rechenergebnis (wesentlich) konsolidieren.

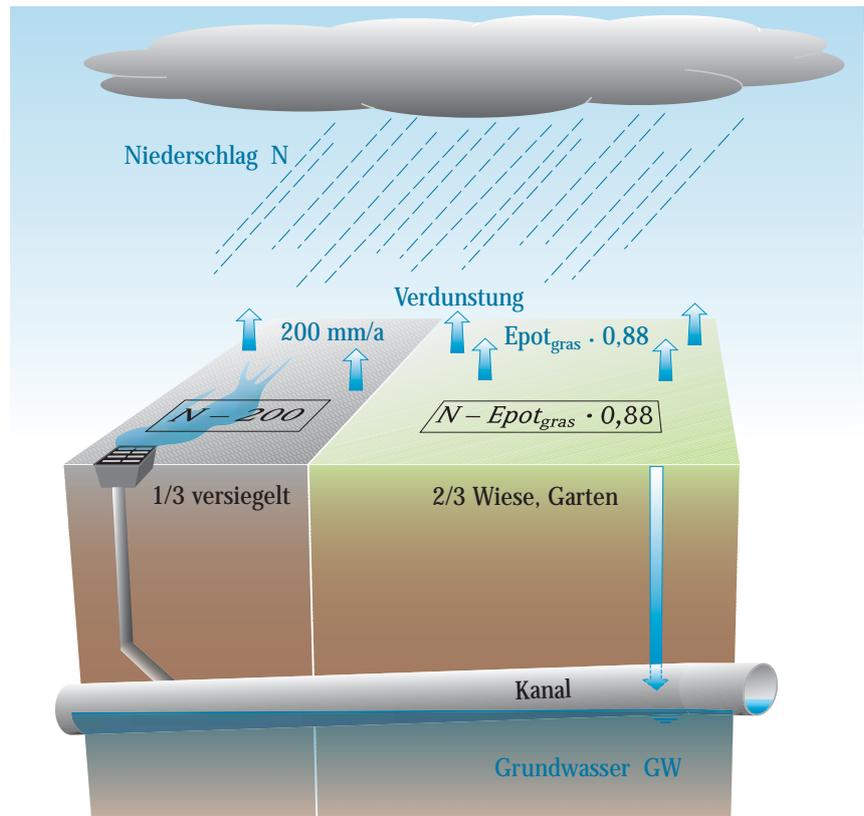


Abb. 1: Annahmen zu Niederschlag und Abfluss in besiedelten Gebieten.

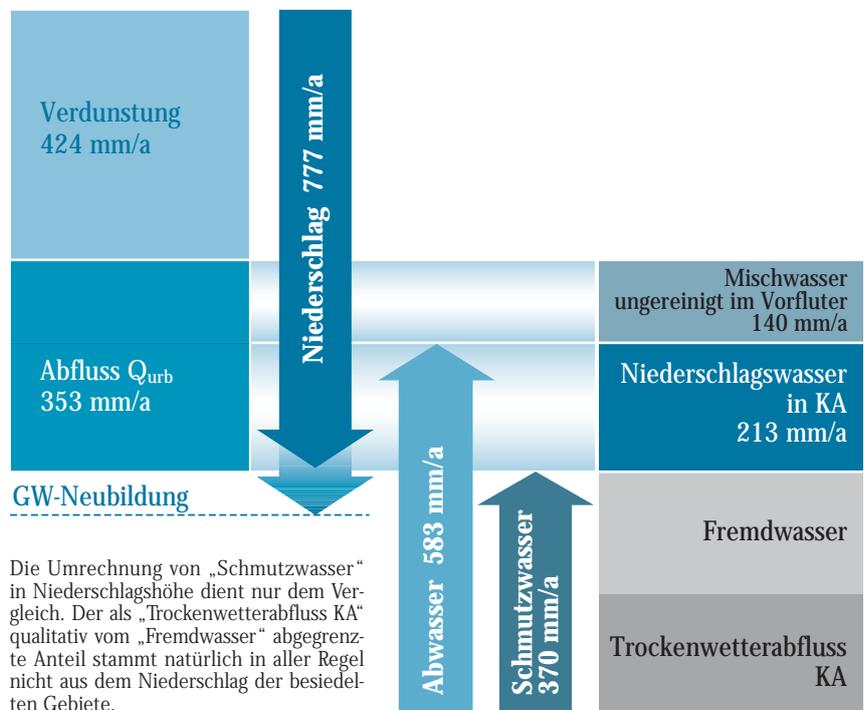


Abb. 2: Vereinfachte Wasserbilanz der besiedelten Flächen in Hessen.

## Niederschlagswasseranteil in kommunalen Kläranlagen

Aus den Daten der Überwachung der kommunalen Kläranlagen (MÜLLER 2007) stehen zwei Abflüsse zur Verfügung<sup>2</sup>:

- Jahresschmutzwassermenge und
- Jahresabwassermenge.

„Schmutzwasser“ charakterisiert den Trockenwetterabfluss ohne Niederschlagsbeeinflussung, aber einschließlich Fremdwasser. „Abwasser“ enthält zusätzlich einen Niederschlagswasseranteil in den Grenzen der Behandlungskapazitäten der Kläranlagen. Bezogen auf die besiedelte Fläche von 1 740 km<sup>2</sup> handelt es sich umgerechnet um 370 mm/a Schmutzwasser

und 583 mm/a Abwasser. Der Wert für „Abwasser“ enthält Niederschlagswasser im Umfang der Differenz zwischen „Abwasser“ und „Schmutzwasser“. Im Mittel sind das bezogen auf die besiedelten 1 740 km<sup>2</sup> in Hessen 213 mm/a Niederschlag, der in den Kläranlagen mit behandelt wird (Abb. 2, Tab. 2). Das Überlaufwasser der Mischkanalisation (140 mm/a) ergibt sich dann als Differenz zwischen dem abfließenden Niederschlagswasser ( $Q_{urb} = 353$  mm/a) und dem in den Kläranlagen behandelten Teil des Niederschlagswassers (213 mm/a).

<sup>2</sup> Den Berechnungen liegen die Kläranlagen-Daten des Jahres 2002 zu Grunde.

**Tab. 2:** Ermittlung des entlasteten Mischwassers und der zugehörigen Frachten in den hessischen Gebietsteilen der Bearbeitungsgebiete/Koordinierungsräume der Wasserrahmenrichtlinie.

BAG <sup>1</sup>	F-BAG <sup>2</sup> km <sup>2</sup>	F <sub>urb</sub> km <sup>2</sup>	Einw	E-Dichte E/km <sup>2</sup>	Q-Sch	Q-Abw	Q <sub>urb</sub> Mio. m <sup>3</sup> /a
1	2	3	4	5	6	7	8
Weser	167,42	5,36	13 707	82	1,0	1,7	2,2
Fulda	6 185,10	359,01	1 047 183	169	121,3	206,7	119,9
Diemel	1 243,44	40,75	127 209	102	15,9	27,2	15,3
Werra	1 399,88	54,64	148 516	106	17,8	30,3	21,5
Mittelrhein	4 974,00	346,97	1 076 904	217	131,9	222,8	134,9
Main	5 070,14	632,23	2 513 605	496	262,3	384,9	215,6
Oberrhein	1 769,43	291,97	1 115 193	630	85,5	129,9	97,9
Neckar	299,88	9,54	34 351	115	7,2	11,1	6,9
<b>Hessen</b>	<b>21 109,29</b>	<b>1 740,47</b>	<b>6 076 668</b>	<b>288</b>	<b>643,0</b>	<b>1 014,6</b>	<b>614,2</b>

1 Die Einzugsgebiete von Fulda und Diemel sind getrennt aufgeführt

2 hessische Gebietanteile

3  $SMUSI-CSB = \psi_m \cdot F_{urb} \cdot 250$  kg/(ha · a),  $\psi_m = 0,45$

## Mischwasserüberlauf und Frachten – Plausibilität der Ergebnisse

Die dargestellten Zusammenhänge sind nun für die Bearbeitungsgebiete bzw. Koordinierungsräume, an denen Hessen beteiligt ist, bzw. für die hessischen Anteile im Einzelnen ermittelt und in Tab. 2 zusammengestellt. Die hessischen Einzugsgebiete von Fulda und Diemel im Koordinierungsraum Fulda sind getrennt dargestellt. Im BAG Niederrhein, mit einem hessischen Gebietsanteil von 6,01 km<sup>2</sup>, befinden sich keine Kläranlagen, weshalb das Gebiet in Tab. 2 nicht aufgeführt ist.

Die wichtigsten Ergebnisse der Berechnung sind in den Spalten 10 und 15 bis 17 enthalten. Die Niederschlagswasserabflüsse  $Q_{urb}$  (Spalte 8) sind aus den einzelnen Niederschlags- und Verdunstungsverhältnissen der besiedelten Gebiete ermittelt. Sie sind deshalb nicht aus den Mittelwerten der Abb. 2 ableitbar. Durch diese gebietsdifferenzierte Vorgehensweise ist zumindest der Niederschlag, als die grundlegende Ausgangsinformation, präzise ermittelt und angesetzt.

Die Entlastungsraten sollten bei konsequenter Anwendung des DAW-Arbeitsblattes A 128 etwa 30% bis 40%

betragen (DAW 1992, SIEKER et al. 2004). In Hessen ist der Nachweis der Einhaltung einer Entlastungsfracht und einiger weiterer Bedingungen mit einer Langzeitsimulation des Schmutzfrachtmodells SMUSI (HMULV 2004) erforderlich. Da das hessische Nachweisverfahren SMUSI die einschlägigen Regelwerke beachtet, müssen die ermittelten Raten nach Tab. 2, Spalte 11 im Prinzip innerhalb dieses Intervalls liegen. Die erhaltenen Entlastungsraten in Spalte 11 sind insofern ein Indiz dafür, dass die berechneten Wassermengen plausibel sind. Der Mittelwert für Hessen ist als arithmetischer Mittelwert ermittelt, ohne die unterschiedlichen Flächenanteile zu gewichten. Die Raten der kleinen Gebietsanteile wären zudem als Ausreißer zu bewerten. Die tatsächliche mittlere Entlastungsrate für Hessen liegt demzufolge unter dem ermittelten Wert von 39%. Die ermittelten Ergebnisse für die Entlastungsraten und damit die Wassermengen erscheinen also plausibel.

Die Frachtermittlung erfordert die Annahme von Konzentrationen der interessierenden Parameter im überlaufenden/entlasteten Mischwasser, einer Unterscheidung, die in älteren Untersuchungen in der

NW-KA	MW-Entl	Ent-Rate	N <sub>ges</sub>	P <sub>ges</sub> mg/l	CSB	N <sub>ges</sub>	P <sub>ges</sub>	CSB t/a	SMUSI-CSB <sup>3</sup>
9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
0,7	1,4	0,66	10	1,5	100	14	2	144	60
85,4	34,5	0,29	10	1,5	100	345	52	3 453	4 039
11,2	4,1	0,27	10	1,5	100	41	6	408	458
12,5	9,0	0,42	10	1,5	100	90	13	898	615
90,9	44,1	0,33	10	1,5	100	441	66	4 408	3 903
122,6	93,0	0,43	10	1,5	100	930	140	9 303	7 113
44,4	53,4	0,55	10	1,5	100	534	80	5 342	3 285
3,9	3,0	0,43	10	1,5	100	30	4	300	107
<b>371,6</b>	<b>242,5</b>	<b>0,39</b>	<b>10</b>	<b>1,5</b>	<b>100</b>	<b>2 425</b>	<b>364</b>	<b>24 255</b>	<b>19 580</b>
Main-MONERIS:						406	65		

Regel nicht konsequent getroffen wird. Auf der Grundlage einschlägiger Veröffentlichungen (BROMBACH & FUCHS 2002, 2003; SIEKER 2003; Uhl & Kasting 2002) werden die Konzentrationen/Gehalte für  $N_{ges}$ ,  $P_{ges}$  und CSB zu jeweils 10, 1,5 und 100 mg/l angesetzt (Tab.2, Spalten 12 bis 14).

Einige Frachten können mit den Ergebnissen anderer Untersuchungen bzw. Methoden verglichen (plausibilisiert) werden. Für Stickstoff und Phosphor liegen Ergebnisse einer Anwendung des Stoffflussmodells MONERIS (BERENDT et al. 1999, 2003) für das Bearbeitungsgebiet Main vor, das als Emissionsmethode aus Regen, stofflicher Deposition u. a. m. die mittels Kanalisation ausgetragenen Stoffe flächenspezifisch angibt. Die Frachten dieses „Main-MONERIS“ betragen für Stickstoff und Phosphor aus den hessischen Gebietsanteilen jeweils etwa 406 t/a und 65 t/a<sup>3</sup> und liegen damit unter den in

Tab. 2, Spalten 15 und 16 berechneten Frachten für das Maingebiet. In Anbetracht methodischer Unterschiede, nicht übereinstimmender Zeiträume sowie der beschriebenen grundsätzlichen Probleme, wäre mehr als eine größenordnungsmäßige Übereinstimmung aber der Zufälligkeit zuzuordnen.

Für eine Plausibilisierung der Ergebnisse zum Summenparameter CSB kann vergleichsweise wieder das o. g. „SMUSI-Verfahren“ (HMULV 2004) herangezogen werden. Das Nachweisverfahren erfordert die Einhaltung einer Entlastungsfracht von höchstens 250 kg/(ha<sub>Ared</sub>·a) CSB. Als Schmutzpotenzial der Oberflächen werden 600 kg/(ha<sub>Ared</sub>·a) CSB angesetzt. Die nach dieser Berechnung zulässigen Entlastungsfrachten enthält Tab. 2, Spalte 18. Sie stimmen vor dem Hintergrund diverser Unsicherheiten der Methoden und der Datengrundlagen verhältnismäßig gut mit Spalte 17 überein.

## Diskussion/Bewertung der vorgenommenen Annahmen und Vereinfachungen

Den Berechnungen liegen etliche Annahmen und Vereinfachungen zu Grunde:

1. Die **Befestigung der besiedelten Flächen** wird vereinfachend zu 1/3 als vollständig versiegelt mit einer Verdunstung von 200 mm/a und zu 2/3 als Grasland mit entsprechender Verdunstung angesetzt. Bei diesen Annahmen handelt es sich aber um ein Kardinalproblem aller Niederschlags-Abfluss-Ermittlungen der Stadthydrologie, nicht nur des dargestellten Verfahrens. Durch genauere Ermittlung der regionalen Versiegelungsgrade und Abflusssituationen ist diese Fehlerquelle wesentlich zu vermindern.
2. Die **besiedelten Gebiete** wurden alle als **mischwasserkanalisiert** angesetzt. Tatsächlich existiert jedoch ein gewisser Anteil an Trennkanalisation im kommunalen und industriell-gewerblichen Bereich, wodurch das Mischwasserabflusspotential vermindert und wegen der relativ geringeren Verunreinigung des Niederschlags-

wassers der Trennkanalisation gegenüber dem Überlaufwasser der Mischkanalisation auch die „abgeschlagenen“ Frachten vermindert werden. Eine Berücksichtigung der Trennkanalisationen würde den Mischwasseranfall und die eingetragenen Frachten tendenziell geringfügig vermindern.

3. Der resultierende **gesamte Niederschlagsabfluss**  $Q_{urb}$  wird als „**mischwasserrelevant**“ angesetzt. Tatsächlich versickert hiervon ein Teil. Ein Anteil davon wiederum wird – abhängig von den lokalen Umständen – aber als Fremdwasser wieder der Kläranlage zugeführt. Dieser Sachverhalt ist in Abb. 2 strichliert eingetragen, um anzudeuten, dass ein Anteil des Niederschlags für die Grundwasser-Neubildung abgezweigt werden müsste. Da die anderen Anteile fest sind, würde der resultierende Mischwasseranteil, der unbehandelt in die Gewässer abgeleitet wird, (rechnerisch wesentlich) vermindert. Die Wasserzuführung von Außengebieten sowie Fremdwasser

<sup>3</sup> Die Frachten sind in dem Bericht nicht explizit für den hessischen Gebietsanteil angegeben, sondern hochgerechnet.

aus kleinen Bächen, die in der Kanalisation „verschwinden“ müssten dann jedoch ebenfalls in die Bilanz einbezogen werden.

4. In dem berechneten Niederschlagsabfluss  $Q_{urb}$  sind die Anteile der **nicht an eine öffentliche Kanalisation angeschlossen** (industriellen) **Flächen** enthalten und unabhängig von tatsächlicher Misch- oder Trennkanalisation als mischwasserkanalisiert betrachtet. Die Ermittlung des insgesamt unbehandelt „abgeschlagenen“ Mischwassers stützt sich wesentlich auf die gemessene Differenz zwischen Abwasser- und Schmutzwasseranfall der kommunalen Kläranlagen. Die industriellen Direkteinleiter werden also zwar hinsichtlich des Niederschlagswasseranfalls über die besiedelte Fläche berücksichtigt, aber kläranlagenseitig nicht exakt einbezogen. Da aber auch Mischwasser in den Anlagen der industriellen Direkteinleiter behandelt wird, müsste dieser Anteil von dem oben ermittelten, ungereinigt in die Gewässer abgeleiteten Mischwasser, abgezogen werden. Der unbehandelte Mischwasseranteil würde also (wegen des vergleichsweise begrenzten Flächenanteils geringfügig?) verringert.
5. Niederschlag und Verdunstung entsprechen dem Durchschnitt der Periode 1961 bis 1990. Hält man den ca. 15-prozentigen Trend der Niederschlagszunahme für Hessen aus dem letzten Jahrhundert an (10 % bis 20 % nach RAPP & SCHÖNWIESE 1996), so ergibt sich für heute gegenüber den zu Grunde gelegten Niederschlagsdaten eine Zunahme um etwa 4 % (Abstand von der Mitte der Periode 1961/1990 bis 2003 = 28 Jahre;  $28/100 \cdot 15 \% = 4,2 \%$ ), woraus tendenziell eine gewisse Vergrößerung des Niederschlags und damit des Mischwasseranfalls resultieren würde.
6. Dem Problem der Ermittlung der **Abflüsse** bzw. des relevanten Mischwassers stehen auf der qualitativen Seite unzureichende Kenntnisse zu den **Konzentrationen im überlaufenden Mischwasser** gegenüber. Die dazu veröffentlichten Daten zu den Gehalten der Inhaltstoffe sind nicht immer eindeutig und die statistischen Kennwerte wegen der ggf. sehr begrenzten Datenanzahl wenig belegt. Unabhängig von den verwendeten Methoden müssen Ergebnisse realistischerweise mehr als Größenordnung oder als Tendenz denn als numerisch „genau“ bewertet werden.

## Abkürzungen

BAG	Bearbeitungsgebiet (Flussgebieteinheit Rhein) bzw. Koordinierungsraum (Flussgebieteinheit Weser)
CSB	Chemischer Sauerstoff Bedarf im Überlaufwasser der Mischkanalisation
E-Dichte	Einwohnerdichte
Einw	Einwohner im BAG
Ent-Rate	Anteil des Mischwassers, das in den Kläranlagen nicht behandelt wird, am Niederschlagswasserabfluss ( $MW\text{-Entl}/Q_{urb}$ )
F-BAG	hessischer Flächenanteil an dem BAG
$F_{urb}$	besiedelte Fläche (Nutzungsklasse „Siedlung“ nach CORINE)
MW-Entl	Mischwasser, das in den kommunalen Kläranlagen nicht behandelt wird
$N_{ges}$	Gesamtstickstoff im Überlaufwasser der Mischkanalisation
NW-KA	Niederschlagswasser, das in den kommunalen Kläranlagen behandelt wird
$P_{ges}$	Gesamtphosphor im Überlaufwasser der Mischkanalisation
Q-Abw	Abwasser nach HAA
Q-Sch	Schmutzwasser nach HAA
$Q_{urb}$	Niederschlagsabfluss der besiedelten Fläche
SMUSI-CSB	maximal zulässige Austräge infolge Niederschlagsabflusses aus der Mischkanalisationen in die Gewässer: $250 \text{ kg}/(\text{ha}_{Ared} \cdot a)$ CSB

## Literatur

- BEHRENDT, H. et al.: Nährstoffbilanzierung der Flussgebiete Deutschlands, Texte des Umweltbundesamtes, 75/1999, Berlin 1999.
- BEHRENDT, H. et al.: Analyse der Nährstoffeinträge und Frachten im Maininzugsgebiet im Auftrag des Bayer. Landesamtes für Wasserwirtschaft, Berlin 2003, unveröffentlicht.
- BRAHMER, G. & ALTHOFF, S.: Landesweite Darstellung der Mittel- und Niedrigwasserverhältnisse für hessische Gewässer im Hinblick auf die EU-Wasserrahmenrichtlinie. Jahresbericht 2002 des Hessischen Landesamtes für Umwelt und Geologie, Wiesbaden 2003, S. 19–26.
- BROMBACH, H. & FUCHS, ST.: Datenpool gemessener Verschmutzungskonzentrationen von Trocken- und Regenwetterabflüssen in Misch- und Trennkanalisationen, Abschlussbericht, Langfassung, DAW-Geschäftsstelle Hennef 2002.
- BROMBACH, H. & FUCHS, ST.: Datenpool gemessener Verschmutzungskonzentrationen in Misch- und Trennkanalisationen, KA - Abwasser, Abfall, 50 (2003) S. 441–450.
- DAW (Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.): Richtlinien für die Bemessung und Gestaltung von Regenentlastungsanlagen in Mischwasserkanälen, Regelwerk Abwasser-Abfall, Arbeitsblatt A 128, April 1992.
- HMULV (Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz): Leitfaden zur effizienten und sicheren Beurteilung von Schmutzfrachtberechnungen mit dem Modell SMUSI, <http://www.hmulv.hessen.de>, Umwelt > Wasser > kommunales Abwasser > Schmutzfrachtberechnung, Darmstadt 2004.
- MÜLLER, W.: Das Fachinformationssystem Hessische Abwasseranlagen (HAA), Jahresbericht 2006 des Hessischen Landesamtes für Umwelt und Geologie, Wiesbaden 2007, S. 9–13.
- RAPP, J. & SCHÖNWIESE, C.-D.: Atlas der Niederschlags- und Temperaturtrends in Deutschland 1891 bis 1990, Frankfurter Geowissenschaftliche Arbeiten, Serie B, Bd. 5, Frankfurt 1996.
- SIEKER, F.: Regen(ab)wasser und Misch(ab)wasser, eine vernachlässigte Schmutzquelle, GWF – Wasser, Abwasser, 144 (2003) S. 514–617.
- SIEKER, F., SIEKER, H., SOMMER, H., GROTTKER, M. & WASSMANN, H.: Regen(ab)wasserbehandlung und -bewirtschaftung unter Berücksichtigung der Anforderungen nach § 7a WHG und einer möglichst ortsnahen Versickerung, Texte des Umweltbundesamtes, Berlin 2004.
- UHL, M. & KASTING, U.: Verschmutzung des Niederschlagsabflusses in Misch- und Trennsystemen und von Straßen, Wasser und Abfall 3 (2002) S. 14–22.
- WRRL (Wasserrahmenrichtlinie): Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik. ABl. L 327 vom 22.12.2000, S. 1.
- WENDLING, U.: Verdunstung in Bezug zu Landnutzung, Bewuchs und Boden, KA -Wasserwirtschaft, Abwasser, Abfall, 48 (2001) S. 96–101.