

Maßnahmenplanung im Hinblick auf die Phosphorbelastung der Fließgewässer Baden-Württembergs

Teil II: Pfadspezifische Emissions- betrachtung - MONERIS-BW -

 Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie



Baden-Württemberg

BEARBEITUNG LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg
Postfach 100163, 76231 Karlsruhe
www.lubw.baden-wuerttemberg.de

Referat 41 – Fließgewässer, Integrierter Gewässerschutz
Dr. Joachim Ruf, Kurt Henning

STAND 7.12.2007, korrigierte Fassung vom 4.3.2008

Nachdruck - auch auszugsweise - ist nur mit Zustimmung der LUBW unter Quellenangabe und Überlassung von Belegexemplaren gestattet.

Handlungsoptionen zur Verringerung der Gewässerbelastung

PFADSSPEZIFISCHE EMISSIONSBETRACHTUNG - MONERIS-BW-

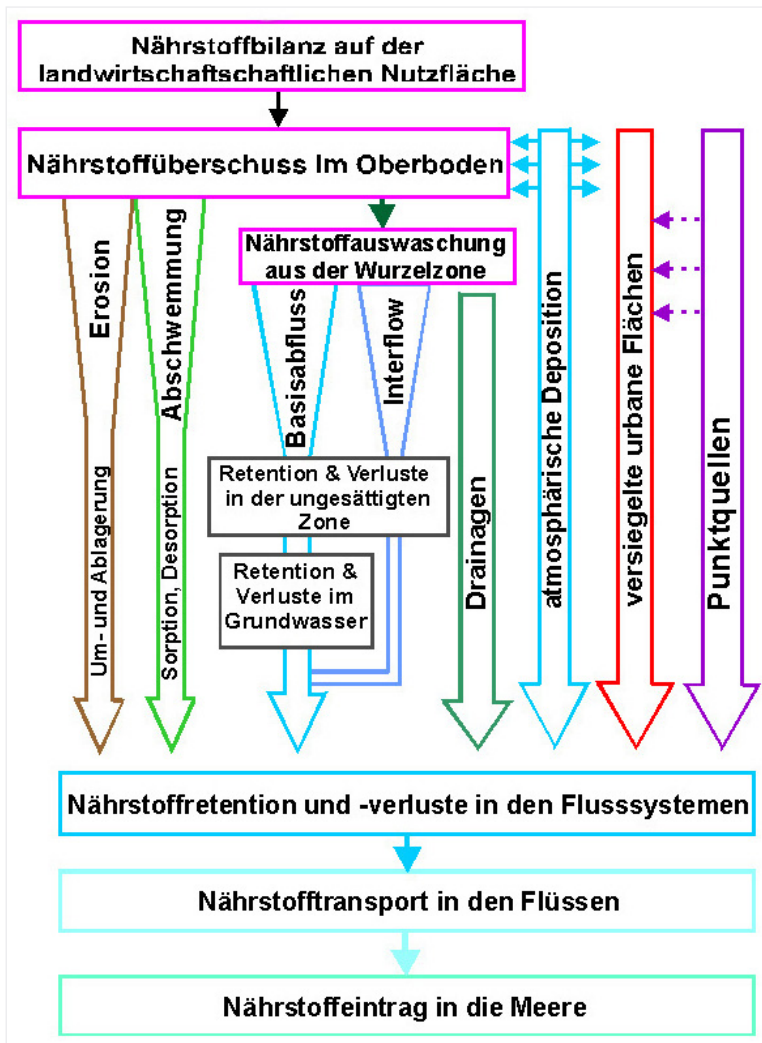
Bei stofflichen Belastungen von Oberflächengewässern sind punktuelle und diffuse Quellen zu unterscheiden. Der erfolgreichen Abwasserreinigung bei punktuellen Belastungsquellen steht die zunehmende Bedeutung diffuser Stoffeinträge insbesondere bei den Nährstoffen Stickstoff und Phosphor gegenüber. Diffuse Quellen springen nicht gleich ins Auge und ihre Herkunft ist oft schwierig zu bestimmen.

MONERIS (Model of Nutrient Emissions in River Systems) stellt für Nährstoffbelastungen ein Instrument dar, mit dem alle Eintragspfade in einem Einzugsgebiet verglichen werden können. Dies ist wichtig, weil diffuse Stoffeinträge nicht direkt gemessen werden können. Beim Nährstoffbilanzmodell MONERIS handelt es sich - vereinfacht ausgedrückt - um ein „Rechenschema“ [UBA Texte 75/99, MONERIS]), das über alle relevanten Eintragspfade Stofffrachten für Stickstoff und Phosphor ermittelt. Dabei wird auch der Rückhalt bzw. Abbau in der gesättigten und der ungesättigten Bodenzone sowie im System der Fließgewässer berücksichtigt. Die Anwendung ist auch für Schwermetalle möglich.

Alle Daten und Prozesse sind in einem Rechenschema verknüpft, so dass die errechneten Frachten gesamtschaulich plausibilisiert werden können.

Alle Berechnungen werden flächendeckend für Baden-Württemberg durchgeführt. Damit ist auch eine Plausibilisierung mit statistischen Daten möglich, die nur als Wert für Baden-Württemberg vorliegen und nicht regional differenziert sind. Dies ist z.B. beim Absatz von Handelsdünger der Fall.

MONERIS erlaubt in einem komplexen Wirkungsgefüge abzuschätzen, welche Wirkungen denkbare Maßnahmen haben.



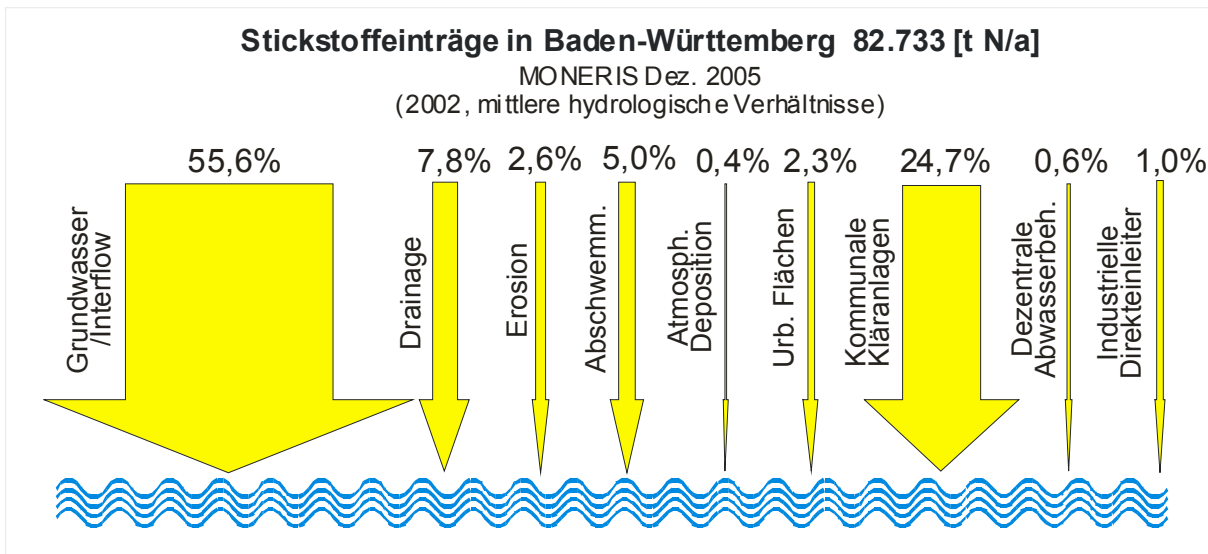
IGB 1999

Abbildung 1: MONERIS - Eintragspfade

Das im Auftrag des Umweltbundesamtes entwickelte Bilanzmodell MONERIS wurde von der LUBW für die Anwendung in Baden-Württemberg weiterentwickelt, so dass es auch auf der kleinräumigeren Gebietskulisse der WRRL-Wasserkörper (Oberflächengewässer) eingesetzt werden kann. Baden-Württemberg ist (Stand Ende 2007) in 159 Wasserkörper gegliedert. Für Untersuchungen zum Pfad "Stickstoff über Grundwasser kann MONERIS-BW auch mit der Gebietskulisse "Teilgemeinde" betrieben werden. Insgesamt werden bei MONERIS-BW aktualisierte, räumlich besser differenzierte und plausibilisierte Eingangsdaten verwendet. Gleichzeitig wurde die Wasserbilanz mit dem Wasserhaushaltsmodell Baden-Württemberg abgeglichen und einige Modellbausteine überarbeitet. Die Ergebnisse wurden intensiv anhand von Messwerten verifiziert.



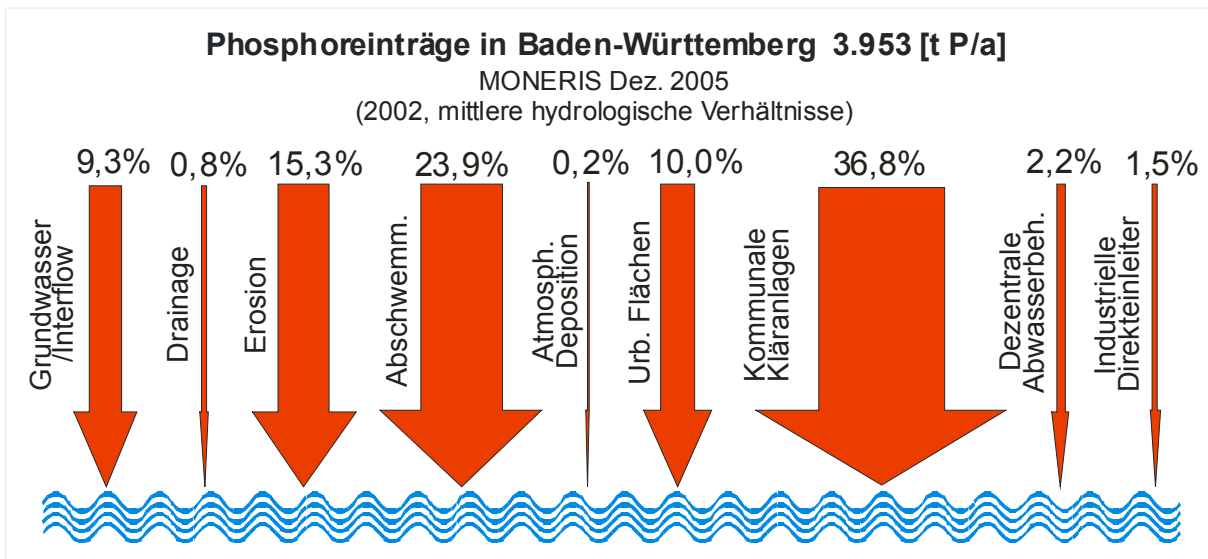
Für die Nährstoffeinträge in die Gewässer von Baden-Württemberg ergibt sich die folgende dargestellte Situation:



LU:W

Abbildung 2: Stickstoffeinträge Baden-Württemberg 2005, Stand Dez. 2005

Die 55,6 % der Stickstoffeinträge über den Grundwasserpfad entstehen zu 20 % bis 80 % (im Mittel 41 %) als Folge der landwirtschaftlichen Flächennutzung ¹.

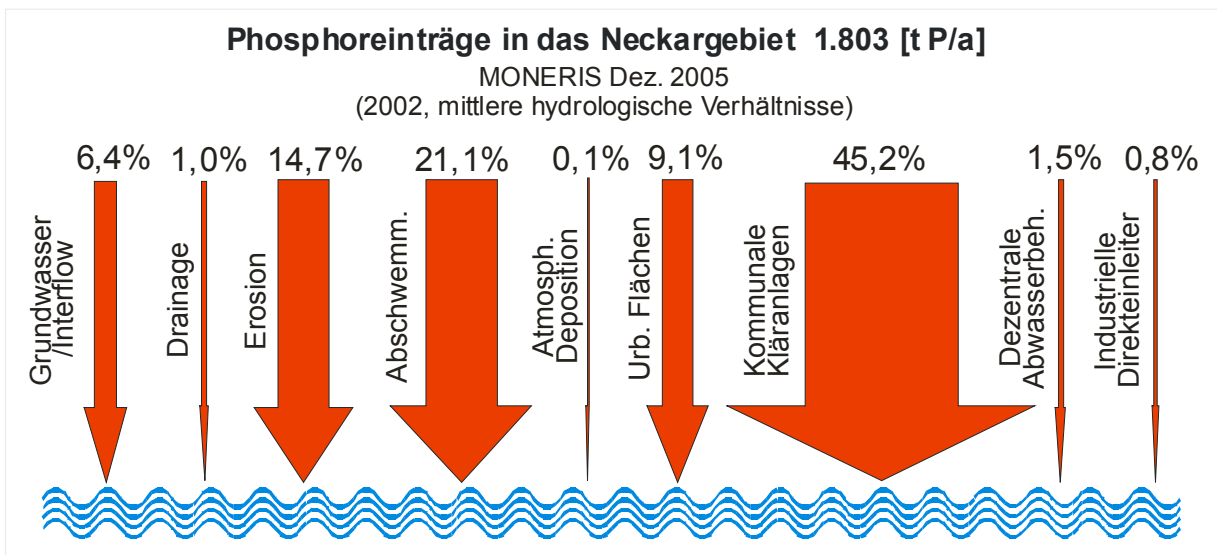


LU:W

Abbildung 3: Phosphoreinträge Baden-Württemberg 2005, Stand Dez. 2005

Ende 2007 hat sich gezeigt, dass die WRRL-Maßnahmenprogramme, soweit sie auch die kommunale Abwasserbeseitigung betreffen, schwerpunktmäßig die Verminderung der pflanzenverfügbaren P-Einträge (Phosphat und andere gelöste Phosphorverbindungen) zum Ziel haben werden. Besonders betroffen ist das Neckargebiet.

¹ Als Folge einer fiktiven Aufforstung aller landwirtschaftlich genutzten Flächen würden sich die Stickstoffeinträge über den Grundwasserpfad um 41% von 46.000 t N/a auf 27.140 t/a verringern. Die Gesamteinträge würden sich um 22,8% auf 63.873 t N/a reduzieren.



LU:W

Abbildung 4: Phosphoreinträge in das Neckargebiet 2005, Stand Dez. 2005

Es war die Frage zu klären, wie sich die pfadspezifische Aufteilung der Einträge verändert, wenn nicht -wie folgend dargestellt- die gesamten Phosphor-Einträge, sondern nur die pflanzenverfügbaren Phosphor-Anteile betrachtet werden.

Das ursprünglich zur Bilanzierung der Gesamt-Phosphor-Einträge konzipierte MONERIS-Bilanzmodell musste daher erweitert werden. Im Rahmen der für erste Aussagen zur Verfügung stehenden Bearbeitungszeit konnte dies zunächst nur mit pauschalen Ansätze zur Abschätzung des pflanzenverfügbaren Anteils der P_{gesamt} Einträge erfolgen. Diese Ansätze unterscheiden sich je nach Eintragspfad.

Die Anteile von pflanzenverfügbarem P an der gesamten P-Fracht wurden wie folgt abgeschätzt :

Tabelle 1: Anteile von pflanzenverfügbarem P an der gesamten P-Fracht

Grundwasser	100%
Drainagen	100%
Erosion	5%
	<p>MONERIS-BW schätzt den P_{gesamt}-Gehalt im Oberboden aus einem Startwert im Jahr 1955 und den bis Mitte der 90er Jahre akkumulierten P-Überschuss ab. Der Startwert beträgt im Mittel 380 mg/kg und ist in Abhängigkeit vom Tongehalten regional differenziert. Für den akkumulierten Bilanzüberschuss wird in (Anlehnung an Bach 1999) von 950 kg/ha*a bzw. 316 mg/kg ausgegangen. Nach Auerswald & Weigand (1999) sind bei diesen Gesamtgehalten (Calcium-Acetat-Lactat-lösliche) P-CAL-P-Gehalte in der Größenordnung von 20 bis 50 mg P-CAL-P/kg bzw. 3 bis 7% (gewählt 5%) zu erwarten. P-CAL-P gilt als pflanzenverfügbarer Anteil im Boden. Bodenuntersuchungen aus Baden-Württemberg zeigen mittlere Gehalte im Bereich von 50 mg P-CAL-P/kg.</p>

Abschwemmung	<p>100%</p> <p>Nach Scheinost (1995) führen P-CAL-P-Gehalte von 50 mg/kg zu Konzentrationen 0,17 mg P/L in der Gleichgewichtsbodenlösung (GBL). Weil die GBL-Konzentrationen mit steigenden P-CAL-Gehalten überproportional anwachsen, ist im Mittel mit höheren Konzentrationen im Oberflächenabfluss zu rechnen. MONERIS geht bei Ackerflächen von einer Konzentration im Oberflächenabfluss von 0,8 mg P/L aus.</p>
Atmosphärische Deposition auf Wasserflächen	<p>100%</p> <p>Nach Prasuhn kann von 100% wasserlöslichem Anteil ausgegangen werden. Dieser liegt als PO₄-P vor oder kann kurzfristig umgewandelt werden.</p>
Urbane Flächen	<p>60%</p> <p>Im entlasteten Rohabwasser kann von gelösten oder kurzfristig löslichen P-Anteilen von 60% ausgegangen werden (LFU, 2000). Bei dem von befestigten Oberflächen abgeleiteten Regenwasser wird in Anlehnung an Behrendt (1999) davon ausgegangen, dass der Phosphor zu 20% aus der atmosphärischen Deposition stammt und dass 80% tierische und pflanzliche Abfälle sind. Auch hier wird von einem Anteil von 60% an gelösten oder kurzfristig löslichen P-Anteilen ausgegangen.</p>
Kommunale Kläranlagen	<p>70%</p> <p>Die Abschätzung erfolgt auf der Grundlage von typischen Kläranlagen-Ablaufkonzentrationen:</p> <p>P_{ges}-P = 0,71 mg/L</p> <p>PO₄-P = 0,24 mg/L</p> <p>Abfiltrierbare Stoffe = 10 mg/L mit 25 mg P / g FS</p> <p>daraus P_{an} Feststoffen = 0,25 mg/L</p> <p>P_{kondensiert} = 0,71 - 0,24 - 0,25 = 0,22 mg/L</p> <p>P_{pflanzenverfügbar} = PO₄-P + P_{kondensiert}</p> <p>= 0,46 mg/L oder 65% von P_{ges}</p> <p>Gewählt: 70%</p>
Dezentrale Abwasserbeseitigung	<p>60%</p> <p>Durch die Absetzwirkung der Anlagen und mangels Fällung oder biologischer P-Entfernung bleibt der Anteil der gelösten oder kurzfristig löslichen P-Anteile zumindest in der Größenordnung der Anteile bei Roh-Abwasser</p>
Direkteinleiter	<p>50%</p> <p>Dieser pauschale Wert ist vorläufig gewählt und muss - falls relevant - einleiterscharf quantifiziert werden.</p>

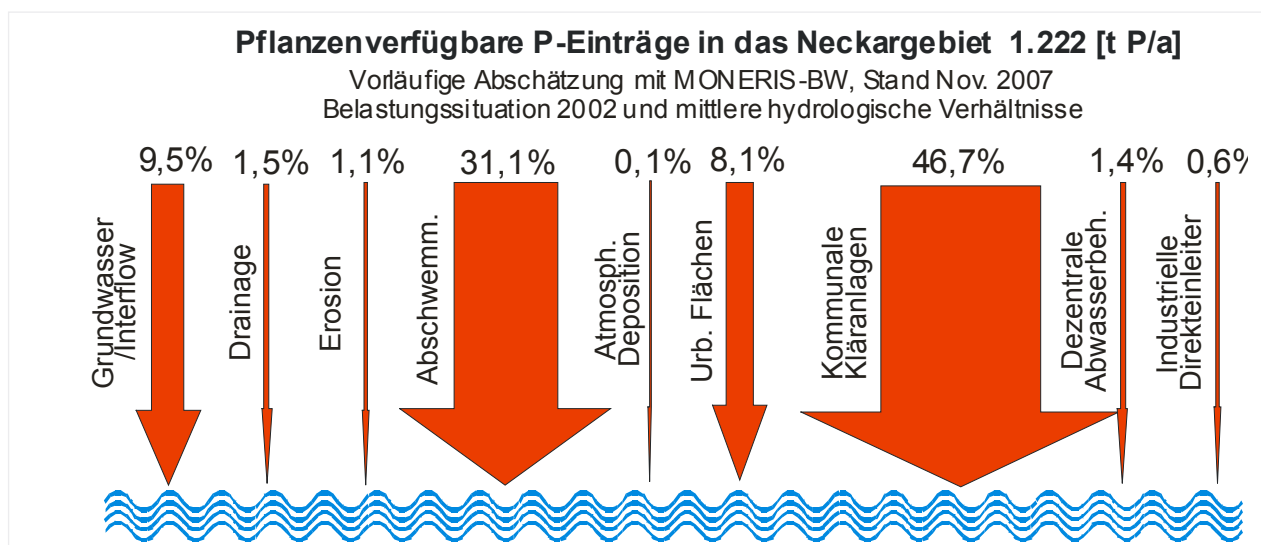


Folgende pfadspezifische Aufteilung ergibt sich aus den vorgenannten Ansätzen:

Tabelle 2: Phosphor - Einträge Bearbeitungsgebiet Neckar

Grundwasser ein-schl.	Drainagen	Erosion	Ab-schwem-mung	Deposition (auf Was-ser)	Urbane Flächen	Kommuna-le Sammel-Kläranla-gen (2002)	Dezentrale Abwasser-behand-lung	Industriel-le Direkt-einleiter (2002)	Gesamt Neckar-Einzugsge-biet
<i>P_{ges}-Frachten</i>									
115,6 t/a	18,8 t/a	265,2 t/a	380,7 t/a	0,9 t/a	164,1 t/a	814,7 t/a	27,9 t/a	15,3 t/a	1803 t/a
6,4%	1,0%	14,7%	21,1%	0,1%	9,1%	45,2%	1,5%	0,8%	100,0%
<i>Pflanzenverfügbare Anteil von P_{ges}</i>									
100%	100%	5%	100%	100%	60%	70%	60%	50%	67,8%
<i>Frachten des pflanzenverfügbaren Anteils von P_{ges}</i>									
115,6 t/a	18,8 t/a	13,3 t/a	380,7 t/a	0,9 t/a	98,5 t/a	570,3 t/a	16,7 t/a	7,6 t/a	1222,4 t/a
9,5%	1,5%	1,1%	31,1%	0,1%	8,1%	46,7%	1,4%	0,6%	100,0%

LUBW



LUBW

Abbildung 5: Pflanzenverfügbare Einträge in das Neckargebiet

Bemerkenswert sind die großen Einträge von pflanzenverfügbarem Phosphor über den Pfad Abschwemmung. Dies trifft aber durchaus die Realität, weil nach derzeitiger Einschätzung im Neckar-Einzugsgebiet mit P-CAL-Gehalten von durchschnittlich ca. 22 mg P₂O₅/100g gerechnet werden muss und höhere Einzelwerte zu überproportional steigenden Konzentrationen im Oberflächenabfluss führen. Eine Verifizierung auf der Grundlage der bei der Landwirtschaftsverwaltung verfügbaren P-CAL-Daten ist jedoch auf jeden Fall erforderlich.

Die Frachten aus kommunalen Kläranlagen sind in regenreichen Jahren höher, weil die Jahresabwassermenge durch mitbehandeltes Regenwasser steigt, aber die Ablaufkonzentrationen in etwa gleich bleiben. Im Jahr 2002 dürfte die P-Fracht dementsprechend rund 15% über der Fracht gelegen haben, die in einen Normaljahr entstanden wäre. Der entsprechend bereinigte Frachtanteil der kommunalen Kläranlagen sinkt auf 42,6%, der Frachtanteil des Pfades Abschwemmung steigt auf 33,5%.

Die Bilanzierung zeigt, dass -entgegen einer allgemein verbreiteten Vermutung- auch eine reduzierte P-Düngung als Handlungsoption einzustufen ist. Dies gilt insbesondere deswegen, weil eine Reduzierung der P-CAL-Gehalte im Oberboden zu einer überproportionalen Verringerung der gelösten P-Gehalte in der Gleichgewichtsbodenlösung und damit im Oberflächenabfluss führt.

Tabelle 3: P-Gehaltsklasse für Ackerböden

P-Gehaltsklasse C	P-CAL-P (mg/kg)	P-CAL-P (mg P ₂ O ₅ /100g)	Bodenlösung (mg P / l)
Untere Grenze	43,7	10	0,14
Obere Grenze	87,4	20	0,55



In diesem Wertebereich führt eine Reduzierung der P-Gehalte im Boden von der oberen zur unteren Grenze der Gehaltsklasse zu einer Reduzierung der Gehalte in der Gleichgewichtsbodenlösung um 75%. Weil für den Oberflächenabfluss Konzentrationen in Höhe der Gleichgewichtsbodenlösung angenommen werden können, würden sich die Einträge über den Pfad Abschwemmung ebenfalls um 75% verringern.

