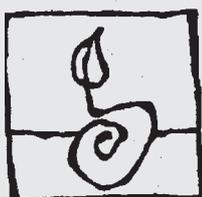


# DWA- Regelwerk

## **Merkblatt DWA-M 910**

**Berücksichtigung der Bodenerosion durch  
Wasser bei der Maßnahmenplanung nach  
EG-Wasserrahmenrichtlinie**

Dezember 2012



**Bundes-  
verband  
Boden**





# DWA- Regelwerk



## **Merkblatt DWA-M 910**

### **Berücksichtigung der Bodenerosion durch Wasser bei der Maßnahmenplanung nach EG-Wasserrahmenrichtlinie**

Dezember 2012



Herausgabe und Vertrieb:  
Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.  
Theodor-Heuss-Allee 17 · 53773 Hennef · Deutschland  
Tel.: +49 2242 872-333 · Fax: +49 2242 872-100  
E-Mail: [info@dwa.de](mailto:info@dwa.de) · Internet: [www.dwa.de](http://www.dwa.de)

Die Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA) setzt sich intensiv für die Entwicklung einer sicheren und nachhaltigen Wasser- und Abfallwirtschaft ein. Als politisch und wirtschaftlich unabhängige Organisation arbeitet sie fachlich auf den Gebieten Wasserwirtschaft, Abwasser, Abfall und Bodenschutz.

In Europa ist die DWA die mitgliederstärkste Vereinigung auf diesem Gebiet und nimmt durch ihre fachliche Kompetenz bezüglich Regelsetzung, Bildung und Information sowohl der Fachleute als auch der Öffentlichkeit eine besondere Stellung ein. Die rund 14 000 Mitglieder repräsentieren die Fachleute und Führungskräfte aus Kommunen, Hochschulen, Ingenieurbüros, Behörden und Unternehmen.

### Impressum

**Herausgeber und Vertrieb:**

DWA Deutsche Vereinigung für  
Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.  
Theodor-Heuss-Allee 17  
53773 Hennef, Deutschland

Tel.: +49 2242 872-333

Fax: +49 2242 872-100

E-Mail: [info@dwa.de](mailto:info@dwa.de)

Internet: [www.dwa.de](http://www.dwa.de)

**Satz:**

DWA

**Druck:**

DCM • Druckcenter Meckenheim

**ISBN:**

978-3-942964-66-1

Gedruckt auf 100 % Recyclingpapier

© DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V., Hennef 2012

Alle Rechte, insbesondere die der Übersetzung in andere Sprachen, vorbehalten. Kein Teil dieses Merkblattes darf ohne schriftliche Genehmigung des Herausgebers in irgendeiner Form – durch Fotokopie, Digitalisierung oder irgendein anderes Verfahren – reproduziert oder in eine von Maschinen, insbesondere von Datenverarbeitungsmaschinen, verwendbare Sprache übertragen werden.

## Vorwort

Wasser und Boden sind unverzichtbare Bestandteile unserer Umwelt, die einander tief greifend beeinflussen. So spielt Wasser in vielen bodeninternen Prozessen eine wichtige Rolle, während andererseits eine gleichbleibend hohe Qualität eines Oberflächengewässers nur bei intakten Bodenfunktionen und bei einer Boden schonenden Bewirtschaftung gewährleistet ist.

Dagegen werden Oberflächengewässer beeinträchtigt, wenn Boden durch Erosion hineingespült wird. Die Folge ist, dass die Umweltziele nach Artikel 4 Wasserrahmenrichtlinie (EG-WRRL 2000) im Hinblick auf die Gewässerökologie und -güte nicht oder nicht im vollen Umfang erreicht werden können.

Bodenerosion ist ein komplexer Vorgang, der von einer ganzen Reihe von Faktoren beeinflusst wird. Das Zusammenspiel der steuernden Faktoren bestimmt auch die Art der Gegenmaßnahmen, die den Stoffeintrag in Gewässer verhindern können und die in den meisten Fällen auf Ackerflächen durchzuführen sind.

Für die Planung und Umsetzung dieser Maßnahmen soll das vorliegende Merkblatt eine praxisorientierte Arbeitshilfe sein. Wasserwirtschaftler und Bodenkundler haben in einer gemeinsamen Arbeitsgruppe der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA) und des Bundesverbands Boden e. V. (BVB) Fachwissen beider Disziplinen zusammengetragen, für die Anwendung aufbereitet und in der vorliegenden Schrift niedergelegt.

Die Arbeitsgruppe empfiehlt einen bestimmten Arbeitsablauf und konkrete Methoden zur Identifizierung und zur Lösung von Erosionsproblemen in Wassereinzugsgebieten bis hin zu Maßnahmen auf einzelnen Ackerschlägen. Damit wird den Akteuren in Behörden und Ingenieurbüros ein Merkblatt zur Verfügung gestellt, das gut verständliche Informationen bereitstellt und die Orientierung in einem umfangreichen Fachgebiet erleichtert.

Johannes Botschek  
Sprecher der DWA/BVB-Arbeitsgruppe

Norbert Feldwisch  
stellvertretender Sprecher der  
DWA/BVB-Arbeitsgruppe und Vizepräsident des  
Bundesverbandes Boden e. V.

Die Erstellung der Maßnahmensteckbriefe im Anhang B ist mit Mitteln der Geschwister-Stauder-Schenkung wesentlich unterstützt worden, wofür wir besonders danken.

### Frühere Ausgaben

DWA-M 910 (Entwurf 12/2010)

## Verfasser

Das Merkblatt wurde von der DWA-Arbeitsgruppe GB-1.2 „Stoffeinträge in Gewässer durch Bodenerosion“ im Fachausschuss „Ökologie und Management von Flussgebieten“ erstellt, der folgende Mitglieder angehören:

AURBACHER, Joachim	Prof. Dr. sc. agr., Gießen
BILLEN, Norbert	Dr. sc. agr., Stuttgart
BOTSCHKE, Johannes	Priv.-Doz. Dr. agr., Bonn (Sprecher, Mitglied im Redaktionsteam)
BRANDHUBER, Robert	Dipl.-Geogr., Freising
BUTZ, Jan	Dr.-Ing., Stuttgart
CHRISTOFFELS, Ekkehard	Dr. rer. nat., Bergheim (Mitglied im Redaktionsteam)
DORP, Manfred	M.A. Geogr., Aachen
ERNSTBERGER, Hans	Dr. rer. nat., Gießen
FELDWISCH, Norbert	Dr. agr., Bergisch Gladbach (stellv. Sprecher, Mitglied im Redaktionsteam)
FIENER, Peter	Priv.-Doz. Dr. rer. nat., Köln (Mitglied im Redaktionsteam)
HAIDER, Josef	Dr. agr., Essen (Mitglied im Redaktionsteam)
KAUFMANN-BOLL, Carolin	Dipl.-Geogr., Aachen
MARAHRENS, Stephan	Dipl.-Geogr., Dessau
MÖLLER, Markus	Dr. rer. nat., Halle
MOLLENHAUER, Konrad	Dr. agr., Linden
MÜLLER, Ellen	Dipl.-Ing. agr., Leipzig
PRASUHN, Volker	Dr. phil. I., Dipl.-Geogr., Zürich
RIPPEL, Rudolf	Dipl.-Ing. agr., Freising
RODE, Michael	Dr. habil., Magdeburg
SCHMIDT, Walter	Dr. agr., Leipzig
SCHMITTNER, Alfons	Gießen
SCHRÖDER, Axel	Dipl.-Geogr., Berlin
SENGER, Marion	Dipl.-Ing., Hannover
SEVERIN, Karl	Dr. sc. agr., Hannover
TETZLAFF, Björn	Dr. rer. nat., Jülich
UNTERSEHER, Erich	Dr. phil. II, Dipl.-Ing. agr., Karlsruhe (Mitglied im Redaktionsteam)

Als Gast hat mitgewirkt:

JÖRRENS, Frank	Dr. rer. nat., Düren
----------------	----------------------

Projektbetreuer in der DWA-Bundesgeschäftsstelle:

BARION, Dirk	Dipl.-Geogr., Hennef Abteilung Wasser- und Abfallwirtschaft
--------------	--

# Inhalt

Vorwort .....	3
Verfasser .....	4
Bilderverzeichnis.....	10
Tabellenverzeichnis.....	12
Benutzerhinweis.....	13
Einleitung .....	13
<b>1 Anwendungsbereich.....</b>	<b>14</b>
<b>2 Begriffe .....</b>	<b>14</b>
2.1 Definitionen .....	14
2.2 Abkürzungen und Zeichen .....	17
<b>3 Bedeutung der Bodenerosion für betroffene Standorte und für Gewässer.....</b>	<b>18</b>
<b>4 Übersicht der Arbeitsschritte.....</b>	<b>20</b>
<b>5 Überblicksbewertung .....</b>	<b>21</b>
5.1 Anhaltspunkte für erosionsbedingte Stoffeinträge in Gewässer.....	21
5.2 Anhaltspunkte für erosionsbedingte Stoffeinträge in Einzugsgebieten .....	22
5.3 Durchführung einer GIS-gestützten Raumanalyse.....	25
<b>6 Vertiefende Untersuchung zum Ausmaß des Stoffeintrags .....</b>	<b>28</b>
<b>7 Maßnahmen zur Minderung erosionsbedingter Stoffeinträge in Gewässer .....</b>	<b>34</b>
7.1 Rechtliche und planerische Zugänge.....	34
7.2 Anwendungsbereich der Maßnahmenempfehlungen.....	38
7.3 Die Maßnahmensteckbriefe – Aufbau, Definitionen und Bewertungsgrundlagen .....	41
7.4 Fallbeispiele für die Auswahl einzugsgebietsspezifischer Maßnahmenkombinationen .....	43
7.4.1 Falltypen.....	43
7.4.2 Maßnahmenplanung auf Grundlage empirischer Daten – retrospektive Betrachtung .....	43
7.4.3 Maßnahmenplanung auf Grundlage einer Modellierung.....	47
<b>8 Probleme und Möglichkeiten bei der Umsetzung der Maßnahmen .....</b>	<b>49</b>
8.1 Ursachen für Defizite bei der Umsetzung von Maßnahmen gegen Bodenerosion .....	49
8.2 Zusammenfassende Einordnung der Umsetzungsdefizite .....	52
8.3 Möglichkeiten zur effektiven Maßnahmenumsetzung .....	52

<b>Anhang A Modelle zur Quantifizierung der Bodenerosion und der Stoffeinträge in Gewässer – Modellaufbau, Anwenderfreundlichkeit und Dokumentation .....</b>	<b>55</b>
A.1 WaTEM/SEDEM.....	55
A.1.1 Vorbemerkungen.....	55
A.1.2 Modellaufbau.....	55
A.1.3 Abbildung von Schutzmaßnahmen .....	56
A.1.4 Kalibrierung/Validierung .....	56
A.1.5 Anwenderfreundlichkeit/Dokumentation.....	56
A.2 AGNPS/AnnAGNPS.....	58
A.2.1 Vorbemerkungen.....	58
A.2.2 Modellaufbau.....	58
A.2.3 Abbildung von Schutzmaßnahmen .....	60
A.2.4 Validierung .....	60
A.2.5 Anwenderfreundlichkeit/Dokumentation.....	60
A.3 SWAT.....	62
A.3.1 Vorbemerkungen.....	62
A.3.2 Modellaufbau.....	62
A.3.3 Abbildung von Schutzmaßnahmen .....	63
A.3.4 Kalibrierung/Validierung .....	63
A.3.5 Anwenderfreundlichkeit/Dokumentation.....	63
A.4 WaSiM-ETH mit AGNPS.....	65
A.4.1 Vorbemerkungen.....	65
A.4.2 Modellaufbau.....	65
A.4.3 Abbildung von Schutzmaßnahmen .....	66
A.4.4 Kalibrierung/Validierung .....	66
A.4.5 Anwenderfreundlichkeit/Dokumentation.....	67
A.5 EROSION-3D.....	68
A.5.1 Vorbemerkungen.....	68
A.5.2 Modellaufbau.....	68
A.5.3 Abbildung von Schutzmaßnahmen .....	69
A.5.4 Kalibrierung/Validierung .....	70
A.5.5 Anwenderfreundlichkeit/Dokumentation.....	71
<b>Anhang B Maßnahmensteckbriefe.....</b>	<b>73</b>
<b>M 1 Erhöhung des Bedeckungsgrads und der Rauigkeit der Bodenoberfläche .....</b>	<b>74</b>
M 1 – Wirkung .....	74
M 1 – Landwirtschaftliche Realisierung.....	74
M 1 – Betriebswirtschaftliche Kosten.....	75
M 1 – Landwirtschaftliche Akzeptanz, Kontrollierbarkeit/Verwaltbarkeit .....	75
M 1 – Bewertungsübersicht .....	75
<b>M 2 Fruchtfolgeänderung.....</b>	<b>76</b>
M 2 – Wirkung .....	76
M 2 – Landwirtschaftliche Realisierung.....	76
M 2 – Betriebswirtschaftliche Kosten.....	77
M 2 – Landwirtschaftliche Akzeptanz, Kontrollierbarkeit/Verwaltbarkeit .....	77
M 2 – Bewertungsübersicht .....	77

<b>M 3</b>	<b>Zwischenfruchtanbau</b> .....	<b>78</b>
M 3 – Wirkung .....		78
M 3 – Landwirtschaftliche Realisierung.....		78
M 3 – Betriebswirtschaftliche Kosten.....		79
M 3 – Landwirtschaftliche Akzeptanz, Kontrollierbarkeit/Verwaltbarkeit .....		79
M 3 – Bewertungsübersicht .....		79
<b>M 4</b>	<b>Temporäre Untersaat und reduzierte Beikrautregulierung</b> .....	<b>80</b>
M 4 – Wirkung .....		80
M 4 – Landwirtschaftliche Realisierung.....		80
M 4 – Betriebswirtschaftliche Kosten.....		81
M 4 – Landwirtschaftliche Akzeptanz, Kontrollierbarkeit/Verwaltbarkeit .....		81
M 4 – Bewertungsübersicht .....		81
<b>M 5</b>	<b>Anhäufeln von Querdämmen</b> .....	<b>82</b>
M 5 – Wirkung .....		82
M 5 – Landwirtschaftliche Realisierung.....		82
M 5 – Betriebswirtschaftliche Kosten.....		83
M 5 – Landwirtschaftliche Akzeptanz, Kontrollierbarkeit/Verwaltbarkeit .....		83
M 5 – Bewertungsübersicht .....		83
<b>M 6</b>	<b>Konservierende Bodenbearbeitung und Mulchsaat</b> .....	<b>84</b>
M 6 – Wirkung .....		84
M 6 – Landwirtschaftliche Realisierung.....		84
M 6 – Betriebswirtschaftliche Kosten.....		85
M 6 – Landwirtschaftliche Akzeptanz, Kontrollierbarkeit/Verwaltbarkeit .....		85
M 6 – Bewertungsübersicht .....		85
<b>M 7</b>	<b>Direktsaat</b> .....	<b>86</b>
M 7 – Wirkung .....		86
M 7 – Landwirtschaftliche Realisierung.....		86
M 7 – Betriebswirtschaftliche Kosten.....		87
M 7 – Landwirtschaftliche Akzeptanz, Kontrollierbarkeit/Verwaltbarkeit .....		87
M 7 – Bewertungsübersicht .....		87
<b>M 8</b>	<b>Querbewirtschaftung</b> .....	<b>88</b>
M 8 – Wirkung .....		88
M 8 – Landwirtschaftliche Realisierung.....		88
M 8 – Betriebswirtschaftliche Kosten.....		89
M 8 – Landwirtschaftliche Akzeptanz, Kontrollierbarkeit/Verwaltbarkeit .....		89
M 8 – Bewertungsübersicht .....		89
<b>M 9</b>	<b>Vermindern der mechanischen Bodenbelastung</b> .....	<b>90</b>
M 9 – Wirkung .....		90
M 9 – Landwirtschaftliche Realisierung.....		90
M 9 – Betriebswirtschaftliche Kosten.....		91
M 9 – Landwirtschaftliche Akzeptanz, Kontrollierbarkeit/Verwaltbarkeit .....		91
M 9 – Bewertungsübersicht .....		91

<b>M 10</b>	<b>Verminderung der Abflusskonzentration in Fahrspuren .....</b>	<b>92</b>
M 10 – Wirkung .....	92	
M 10 – Landwirtschaftliche Realisierung.....	92	
M 10 – Betriebswirtschaftliche Kosten.....	93	
M 10 – Landwirtschaftliche Akzeptanz, Kontrollierbarkeit/Verwaltbarkeit .....	93	
M 10 – Bewertungsübersicht.....	93	
<b>M 11</b>	<b>Erhöhung von Humusgehalt und Aggregatstabilität über standortgerechte Zufuhr organischer Substanz und Kalkung.....</b>	<b>94</b>
M 11 – Wirkung .....	94	
M 11 – Landwirtschaftliche Realisierung.....	94	
M 11 – Betriebswirtschaftliche Kosten.....	95	
M 11 – Landwirtschaftliche Akzeptanz, Kontrollierbarkeit/Verwaltbarkeit .....	95	
M 11 – Bewertungsübersicht.....	95	
<b>M 12</b>	<b>Angepasste Phosphor-Düngung.....</b>	<b>96</b>
M 12 – Wirkung .....	96	
M 12 – Landwirtschaftliche Realisierung.....	96	
M 12 – Betriebswirtschaftliche Kosten.....	97	
M 12 – Landwirtschaftliche Akzeptanz, Kontrollierbarkeit/Verwaltbarkeit .....	97	
M 12 – Bewertungsübersicht.....	97	
<b>M 13</b>	<b>Anlage von linearen Landschaftselementen mit abflussbremsender oder abflussleitender Wirkung.....</b>	<b>98</b>
M 13 – Wirkung .....	98	
M 13 – Landwirtschaftliche Realisierung.....	98	
M 13 – Betriebswirtschaftliche Kosten.....	99	
M 13 – Landwirtschaftliche Akzeptanz, Kontrollierbarkeit/Verwaltbarkeit .....	99	
M 13 – Bewertungsübersicht.....	99	
<b>M 14</b>	<b>Vermeidung, Fassung und Abführung von Fremdzufuss .....</b>	<b>100</b>
M 14 – Wirkung .....	100	
M 14 – Landwirtschaftliche Realisierung.....	100	
M 14 – Betriebswirtschaftliche Kosten.....	101	
M 14 – Landwirtschaftliche Akzeptanz, Kontrollierbarkeit/Verwaltbarkeit .....	101	
M 14 – Bewertungsübersicht.....	101	
<b>M 15</b>	<b>Behandlung besonderer Spenderflächen im Schlag.....</b>	<b>102</b>
M 15 – Wirkung .....	102	
M 15 – Landwirtschaftliche Realisierung.....	102	
M 15 – Betriebswirtschaftliche Kosten.....	103	
M 15 – Landwirtschaftliche Akzeptanz, Kontrollierbarkeit/Verwaltbarkeit .....	103	
M 15 – Bewertungsübersicht.....	103	
<b>M 16</b>	<b>Anlage dezentraler Rückhalteeinrichtungen und Retentionsareale.....</b>	<b>104</b>
M 16 – Wirkung .....	104	
M 16 – Landwirtschaftliche Realisierung.....	104	
M 16 – Betriebswirtschaftliche Kosten.....	105	
M 16 – Landwirtschaftliche Akzeptanz, Kontrollierbarkeit/Verwaltbarkeit .....	105	
M 16 – Bewertungsübersicht.....	105	

---

<b>M 17</b>	<b>Nutzungsumwidmung, Dauerstilllegung, Verzicht auf Grünlandumbruch, dauerhafte Unterbegrünung bei Sonderkulturen .....</b>	<b>106</b>
M 17 – Wirkung .....		106
M 17 – Landwirtschaftliche Realisierung.....		106
M 17 – Betriebswirtschaftliche Kosten.....		107
M 17 – Landwirtschaftliche Akzeptanz, Kontrollierbarkeit/Verwaltbarkeit .....		107
M 17 – Bewertungsübersicht .....		107
<b>M 18</b>	<b>Hang- und Schlageinteilung .....</b>	<b>108</b>
M 18 – Wirkung .....		108
M 18 – Landwirtschaftliche Realisierung.....		108
M 18 – Betriebswirtschaftliche Kosten.....		109
M 18 – Landwirtschaftliche Akzeptanz, Kontrollierbarkeit/Verwaltbarkeit .....		109
M 18 – Bewertungsübersicht .....		109
<b>M 19</b>	<b>Kooperierende Anbauplanung und ggf. virtuelle Flurneuordnung .....</b>	<b>110</b>
M 19 – Wirkung .....		110
M 19 – Landwirtschaftliche Realisierung.....		110
M 19 – Betriebswirtschaftliche Kosten.....		111
M 19 – Landwirtschaftliche Akzeptanz, Kontrollierbarkeit/Verwaltbarkeit .....		111
M 19 – Bewertungsübersicht .....		111
<b>Recht</b> .....		<b>112</b>
Europäisches Recht .....		112
Bundesrecht .....		112
<b>Technische Regeln</b> .....		<b>113</b>
<b>Literatur</b> .....		<b>113</b>

## Bilderverzeichnis

Bild 1:	Schematische Darstellung diffuser Stoffeinträge in Oberflächengewässer .....	15
Bild 2:	Rotbach mit hoher Feststofffracht nach Starkregen am 01.11.1998 .....	19
Bild 3:	Empfohlene Vorgehensweise, Ergebnisse und Raumskalen bei der Planung von Maßnahmen gegen Bodenerosion .....	20
Bild 4:	Qualitative Abschätzung der Wahrscheinlichkeit von Stoffeinträgen durch Bodenerosion für (Teil-)Einzugsgebiete .....	24
Bild 5:	Beispiel zur Ermittlung der natürlichen Erosionsgefährdung in der Fläche durch die Kombination des K- und S-Faktors der ABAG; Einzugsgebiet im sächsischen Lösshügelland .....	26
Bild 6:	Beispiel zur Ermittlung bevorzugter Abflussbahnen .....	27
Bild 7:	Beispiel zur Ermittlung der klassifizierten, natürlichen Erosionsgefährdung unter Berücksichtigung der Abflusskonzentration .....	28
Bild 8:	Übersicht zu den Einzelmaßnahmen, die in Anhang B detailliert beschrieben werden .....	40
Bild 9:	Darstellung des typischen Abtragemusters in einem rein ackerbaulich genutzten Kleineinzugsgebiet, das sehr wesentlich zum Stoffeintrag in den Feuerbach beiträgt .....	44
Bilder 10 und 11:	Im Mündungsbereich des Fließgewässers zeigt sich nach entsprechenden Erosionsereignissen, dass enorme Stofffrachten das Einzugsgebiet verlassen .....	45
Bild 12:	Als morphologisch sichtbares Ergebnis langjähriger Bodenerosion ist am Hangfuß ein mächtiges Kolluvium entstanden .....	45
Bild 13:	Auf dem Luftbild wird der Bereich stets wiederkehrender Talwegerosion mitsamt Akkumulation und Fließgewässerübertritt sichtbar .....	46
Bild 14:	Blick auf die breit ausgespülte Tiefenlinie von Bild 13 .....	46
Bild 15:	Prozessbereich von Bild 13 mit freigelegter Drainageleitung .....	46
Bild 16:	Modellierte Nettoerosion (t/ha) nach einem extremen Starkregen (28 mm in 1 h) bei wendender Bodenbearbeitung und bei konservierender Bodenbearbeitung im Kleineinzugsgebiet „Maiertal“ .....	47
Bild 17:	Akkumuliertes Sediment im Vorfluter (kg/m Fließstrecke) bei konventioneller und konservierender Bodenbearbeitung .....	48
Bild 18:	Übersicht zu den modellierten Landnutzungsszenarien und den jeweiligen Änderungen bei den wichtigsten Kenngrößen; $N_s$ Niederschlagssumme; GWW „grassed waterway“ .....	48
Bild A.1:	Beispiel für eine von EROSION-3D prognostizierte Erosions- und Depositionsverteilung in einem rund 1 km <sup>2</sup> großen Gebietsausschnitt .....	70
Bild B.1:	M 1 – Pflanzenreste von abgefrorenem Senf als Zwischenfrucht vermindern Bodenerosion und ungebremsten Wasserabfluss, insbesondere außerhalb der Vegetationsperiode .....	75
Bild B.2:	M 1 – Abhängigkeit des relativen Bodenabtrags von der Bodenbedeckung durch Mulch .....	75
Bild B.3:	M 2 – Bedeckungsgrad unterschiedlicher Feldfrüchte dargestellt am Beispiel einer in wendender Bodenbearbeitung durchgeführten Fruchtfolge und pflanzenbauliche Möglichkeiten seiner Erhöhung durch Zwischenfruchtanbau oder Belassen der Erntereste als Mulch .....	77
Bild B.4:	M 3 – Der Gelbsenf-Bestand bildet eine dichte Schutzschicht, die einen großen Teil der Aufprallenergie der Regentropfen abfängt und somit das Zerschlagen von Bodenaggregaten minimiert .....	79
Bild B.5:	M 3 – Die intensive Durchwurzelung der Zwischenfrucht sorgt für eine zusätzliche Stabilisierung des Oberbodens .....	79
Bild B.6:	M 4 – Die temporäre Untersaat bei Zuckerrüben bietet auch kurz nach der Herbizidbehandlung durch die verstärkte Bodenbedeckung mit Pflanzenresten einen verbesserten Erosionsschutz im Vergleich zum Anbau ohne Untersaat .....	81
Bild B.7:	M 4 – Bei der reduzierten Beikrautregulierung erfolgt die Kontrolle der Begleitvegetation in der Regel mechanisch .....	81
Bild B.8:	M 5 – Der 4-reihige Querdammhäufel ist ein Anbaugerät mit 5 Schaufeln für Zugmaschinen und kombinierbar mit einer Reihenfräse oder einem Dammformblech mit Lockerungszinken .....	83
Bild B.9:	M 5 – Die kleinen „Retentionsbecken“ im Kartoffelbau halten Wasser bei unter 15 % Neigung effektiv zurück .....	83
Bild B.10:	M 6 – Gelungene Mais-Mulchsaat, die bereits im frühen, besonders erosionsanfälligen Entwicklungsstadium eine gute Schutzwirkung entfaltet .....	85

Bild B.11:	M 6 – In späteren Entwicklungsstadien wird Niederschlägen durch den Blattbestand ein Teil ihrer erosiven Wirkung genommen .....	85
Bild B.12:	M 7 – Der Saatvorgang erfolgt bei der Direktsaat ohne weitere Bodenbearbeitung direkt in den Bestand der Vor- oder Zwischenfrucht .....	87
Bild B.13:	M 7 – Bei Direktsaat wächst die Pflanze durch die Vorfruchtreste.....	87
Bild B.14:	M 8 – Hier erfolgt die Ausrichtung von Bewirtschaftungsrichtung und Wegeführung an der Geländestruktur .....	89
Bild B.15:	M 8 – Querbewirtschaftung stößt bei einer sehr bewegten Geländemorphologie oder bei konzentriertem Zufluss rasch an Wirkungsgrenzen; Wasser bricht durch.....	89
Bild B.16:	M 9 – Durch Zwillingsbereifung wird die Kontaktfläche zwischen Maschine und Boden vergrößert .....	91
Bild B.17:	M 9 – Bandlaufwerk bei einem Rübenroder. Insbesondere bei der Zuckerrübenenernte ist der Einsatz einer derartigen Technik wegen einer sehr ungünstigen Faktorenkonstellation sehr zu empfehlen .....	91
Bild B.18:	M 10 – Bereits bei sehr geringer Hangneigung kann starke Bodenerosion auftreten, wie hier bei einer nahezu deckungslosen Sonderkulturfläche .....	93
Bild B.19:	M 10 – Bei Getreide bestehen Vorbehalte gegenüber einer Vollbegrünung von Fahrgassen, weil eine Qualitätsminderung des Erntegutes befürchtet wird .....	93
Bild B.20:	M 11 – Regenwurmaktivität erhöht die Wasserinfiltration ganz erheblich .....	95
Bild B.21:	M 11 – Die Regenwürmer sorgen auch für die Einarbeitung von organischem Material und bewirken durch die Schaffung von Makroporen eine bessere Bodendurchlüftung.....	95
Bild B.22:	P-Transportpfade in Gewässer.....	96
Bild B.23:	M 12 – Bei der Maßnahmenplanung sind die angepasste P-Düngung und das Ausbringungsverfahren die ersten Stellschrauben im Anbausystem, bei denen man ansetzen sollte .....	97
Bild B.24:	M 12 – Es sollten alle Möglichkeiten der Einflussnahme auf betriebliche Entscheidungen genutzt werden, damit wertvolle Nährstoffe nicht unproduktiv oder gar gewässerschädlich ausgebracht werden .....	97
Bild B.25:	M 13 – Gewässerrandstreifen sind wichtige Bestandteile von Puffersystemen zwischen landwirtschaftlicher Nutzfläche und oberirdischen Gewässern.....	99
Bild B.26:	M 13 – Paradebeispiel für ein konsequent angelegtes System von begrünten Tiefenlinien aus Iowa/USA .....	99
Bild B.27:	Das Wegenetz spielt häufig eine wichtige Rolle bei der Entstehung von Bodenerosion durch Fremdzufluss.....	100
Bild B.28:	Auch die durch Bewirtschaftung entstandenen Spuren prägen die Fließpfade im Einzugsgebiet.....	100
Bild B.29:	M 14 – Wasserbauliche Fassung und Abführung von Fremdzufluss aus Tiefenlinien vor dem Austritt von Wasser in tiefergelegene Wege und Felder.....	101
Bild B.30:	M 14 – Auch Grünlandflächen können zum Ausgangspunkt für Erosionsschäden werden .....	101
Bild B.31:	M 15 – Bereich regelmäßig wiederkehrender Tiefenlinienerosion, die durch Wasseraustritt aus einer defekten Dränageleitung noch verstärkt wird .....	103
Bild B.32:	M 15 – Als Maßnahme für morphografisch bedingten, konzentriertem Oberflächenabfluss/ Bodenabtrag ist eine dauerhafte Nutzungsumwidmung angebracht .....	103
Bild B.33:	M 16 – Kleines Rückhaltebecken an geeigneter Geländestruktur .....	105
Bild B.34:	M 16 – Dezentrales, ungesteuertes Rückhaltebecken (FAM) mit einem „Hickenbottom“-Auslass.....	105
Bild B.35:	M 17 – Dauerhaft aus der Nutzung genommene Flächen können eine naturschutzfachlich hohe Wertigkeit entwickeln und durch vielfältige Blühaspekte das Landschaftsbild bereichern .....	107
Bild B.36:	M 17 – Eine permanente Unterbegrünung von Sonder- und Dauerkulturen schützt nicht nur den Boden, sondern bietet auch Lebensraum für die Begleitbiozöten der Kulturarten .....	107
Bild B.37:	M 18 – Besonders wirkungsvoll ist eine Schlagteilung in Kombination mit höhenlinienparalleler Bewirtschaftung.....	109
Bild B.38:	M 18 – Der Bodenerosion in der langgestreckten Tiefenlinie, wie sie hier in der Vergangenheit schon öfter zu beobachten war, wird jetzt mit Querbewirtschaftung, Schlagteilung und Mulchsaat begegnet .....	109
Bild B.39:	M 19 – Beispiel für einen Anbauplan .....	111
Bild B.40:	M 19 – Erörterung im Einzugsgebiet .....	111

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Einschätzung der Bedeutung der Bodenerosion für biologische Qualitätskomponenten der EG-WRRL (2000) in Fließgewässern durch ihre Wirkung auf Gewässerstruktur und Wasserbeschaffenheit.....	19
Tabelle 2:	Überblick zu den Erosions- und Stofftransportmodellen, die in vorliegender Studie analysiert wurden.....	30
Tabelle 3:	Rechtliche Vorsorgeanforderungen zur Vermeidung oder Minimierung der Bodenerosion.....	34
Tabelle 4:	Hemmnisse und Überwindungsmöglichkeiten bei der Umsetzung von Maßnahmen zur gewässerschonenden Flächennutzung.....	52
Tabelle A.1:	Modellsteckbrief WaTEM-SEDEM.....	57
Tabelle A.2:	Modellsteckbrief AnnAGNPS.....	61
Tabelle A.3:	Modellsteckbrief SWAT.....	64
Tabelle A.4:	Modellsteckbrief WaSiM-ETH mit AGNPS.....	67
Tabelle A.5:	Modellsteckbrief EROSION-3D.....	72

## Benutzerhinweis

Dieses Merkblatt ist das Ergebnis ehrenamtlicher, technisch-wissenschaftlicher/wirtschaftlicher Gemeinschaftsarbeit, das nach den hierfür geltenden Grundsätzen (Satzung, Geschäftsordnung der DWA und dem Arbeitsblatt DWA-A 400) zustande gekommen ist. Für dieses besteht nach der Rechtsprechung eine tatsächliche Vermutung, dass es inhaltlich und fachlich richtig ist.

Jedermann steht die Anwendung des Merkblattes frei. Eine Pflicht zur Anwendung kann sich aber aus Rechts- oder Verwaltungsvorschriften, Vertrag oder sonstigem Rechtsgrund ergeben.

Dieses Merkblatt ist eine wichtige, jedoch nicht die einzige Erkenntnisquelle für fachgerechte Lösungen. Durch seine Anwendung entzieht sich niemand der Verantwortung für eigenes Handeln oder für die richtige Anwendung im konkreten Fall; dies gilt insbesondere für den sachgerechten Umgang mit den im Merkblatt aufgezeigten Spielräumen.

## Einleitung

Mit Verabschiedung der Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates zur „Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik“, der sogenannten EG-Wasserrahmenrichtlinie (EG-WRRL 2000), erfolgte Ende 2000 eine Neuausrichtung der Gewässerschutzpolitik in der Europäischen Union. Gewässerschutz und -bewirtschaftung müssen ab diesem Zeitpunkt auf der räumlichen Ebene von Flusseinzugsgebieten erfolgen, auch über politische Grenzen hinweg. Zu den übergeordneten Zielen der EG-WRRL gehören die Förderung einer nachhaltigen Nutzung der Wasserressourcen sowie der Schutz und die Verbesserung des Zustands aquatischer Ökosysteme und des Grundwassers. Wesentliche und verbindliche Umweltziele für Oberflächengewässer sind dabei das Erreichen eines „guten Zustands“ bis zum Jahr 2015 sowie die Vermeidung einer Verschlechterung der Gewässerqualität. Zur Bewertung der Gewässerqualität werden verbindliche Qualitätskriterien herangezogen, sowohl im Hinblick auf den chemischen als auch auf den ökologischen Zustand der Gewässer. Das Erreichen oder die Einhaltung dieser verbindlichen Qualitätskriterien wird im Rahmen eines aufwendigen Gewässermonitorings überprüft.

Die Ergebnisse des Gewässermonitorings ermöglichen es, Defizite im Hinblick auf die Erreichung des guten Gewässerzustands zu erkennen, die insbesondere in den Ende 2009 erstmals veröffentlichten Bewirtschaftungsplänen beschrieben wurden. Zur Behebung der identifizierten Defizite wurden Maßnahmenprogramme aufgestellt, die meist relativ allgemein formuliert sind und den Rahmen für die Maßnahmenplanung vorgeben. Es gilt nun, die Maßnahmen in einem nächsten Schritt zu konkretisieren und näher einzugrenzen, wo genau diese durchzuführen sind. Bei der Konkretisierung der Maßnahmen ist insbesondere auf einen möglichst effizienten Ressourceneinsatz zu achten.

Eine der Ursachen für ein Nicht-Erreichen des guten Zustands in Oberflächengewässern ist der Eintrag von Bodenpartikeln sowie – damit einhergehend – von Nähr- oder Schadstoffen in die Gewässer durch Bodenerosion. Bodenerosion ist kein Phänomen, das flächendeckend eine Gefährdung für die Gewässerqualität darstellt. Dort aber wo sie auftritt, kann sie sowohl zu einer Beeinträchtigung der chemischen als auch der ökologischen Gewässerqualität beitragen. Leider ist es nicht immer einfach zu erkennen, wo die Bodenerosion als Ursache für einen schlechten Gewässerzustand von Bedeutung ist. Dies liegt auch daran, dass die Ergebnisse der derzeit beim Gewässermonitoring verwendeten Methoden und Messgrößen eine Belastung durch erosionsbedingte Stoffeinträge nicht ohne Weiteres erkennen lassen. Defizite bei EG-WRRL-Parametern, wie z. B. hohe Phosphor- oder Pflanzenschutzmittelkonzentrationen oder ein hohes Schwebstoffaufkommen sowie erosionsrelevante Standorteigenschaften, bieten Ansätze zur Identifizierung von Bodenerosion als Belastungsursache. Aber selbst wenn die Bodenerosion eindeutig als Ursache für Gewässerprobleme erkannt wurde, so ist es in der Praxis immer noch schwierig, wirksame und kosteneffiziente Minderungsmaßnahmen zu identifizieren und deren Umsetzung zu erreichen.

Das vorliegende DWA-Merkblatt soll als Handlungsempfehlung die verschiedenen Ansätze zur Identifizierung und Lokalisierung der Bodenerosion sowie zur Auswahl von Gegenmaßnahmen zusammenführen und zur Minderung des erosionsbedingten Boden- und Stoffeintrags in Oberflächengewässer beitragen.

Erarbeitet wurde das Merkblatt von einer gemeinsamen Arbeitsgruppe von Vertretern der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall (DWA) und des Bundesverbandes Boden (BVB). In dieser Ar-