

# DWA - Themen

## Dränung

### Nährstoffausträge, Flächenerfassung und Management

Januar 2008



Die Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA) ist in Deutschland Sprecher für alle übergreifenden Wasserfragen und setzt sich intensiv für die Entwicklung einer sicheren und nachhaltigen Wasserwirtschaft 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 Normung, beruflicher Bildung und Information der Öffentlichkeit eine besondere Stellung ein. Die rund 14.000 Mitglieder repräsentieren die Fachleute und Führungskräfte aus Kommunen, Hochschulen, Ingenieurbüros, Behörden und Unternehmen.

Der Schwerpunkt ihrer Tätigkeiten liegt auf der Erarbeitung und Aktualisierung eines einheitlichen technischen Regelwerkes sowie der Mitarbeit bei der Aufstellung fachspezifischer Normen auf nationaler und internationaler Ebene. Hierzu gehören nicht nur die technisch-wissenschaftlichen Themen, sondern auch die wirtschaftlichen und rechtlichen Belange des Umwelt- und Gewässerschutzes.

## **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: [kundenzentrum@dwa.de](mailto:kundenzentrum@dwa.de)  
Internet: [www.dwa.de](http://www.dwa.de)

### **Satz:**

DWA

### **Druck:**

DCM • Druckcenter Meckenheim

### **ISBN:**

978-3-940173-36-2

Gedruckt auf 100 % Recyclingpapier.

© DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V., Hennef 2008

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

## **Vorwort**

Dieser Themenband fasst die Ergebnisse eines Seminars zum Thema Bedeutung von Nährstoffausträgen für den Landschaftsstoffhaushalt zusammen. Das Seminar wurde gemeinsam von der DWA, der Abteilung Gewässer des Landesamtes für Natur und Umwelt in Schleswig-Holstein sowie der Deutschen Gesellschaft für Moor- und Torfkunde im Februar 2007 in den Räumlichkeiten des LANU in Flintbek veranstaltet.

Weil das Thema Stoffausträge aus Dränagen und Möglichkeiten für ein Management auf großes Interesse stieß und gegenwärtig bei der Aufstellung der Bewirtschaftungspläne im Zuge der Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie hochaktuell ist, haben die Fachausschüsse FA GB-6 „Bodennutzung und Wirkungen auf Grundwasser“ und FA GB-7 „Bodenschutz, Boden- und Grundwasserverunreinigungen“ des Hauptausschusses „Gewässer und Boden“ der DWA beschlossen, die Seminarbeiträge nach Begutachtung als DWA-Themenband zu veröffentlichen.

Die Umsetzung der europäischen Wasserrahmenrichtlinie ist eine enorme Herausforderung für die Wasser- und Landwirtschaft aber auch den Natur- und Bodenschutz. Nach wie vor ist der Nähr- und Schadstoffeintrag in die Fließgewässer, See und die Küstengewässer zu hoch. Während in der Vergangenheit durch den konsequenten Ausbau der Kläranlagen die punktuellen Stoffeinträge deutlich verringert wurden, hat sich der Anteil der diffus aus der Fläche in die Gewässer eingetragenen Stoffe erhöht.

Zahlreiche Untersuchungen der letzten Jahre haben dabei die Bedeutung des Eintragspfades Dränung für den Gesamtstoffeintrag auf Einzugsgebietsebene hervorgehoben, dennoch besteht eine große Unsicherheit bei den vor Ort Verantwortlichen Wasser- und Bodenverbänden sowie Landeigentümern, welche Bedeutung dränierte Flächen für den Stoffeintrag in Gewässer haben und durch welche Maßnahmen dieser Stoffeintrag verringert werden kann, ohne dabei die landwirtschaftliche Nutzung aufzugeben.

Das Ziel dieses Themenbandes ist es daher, in verständlicher Form

- den aktuellen Kenntnisstand über das Abfluss- und Austragsverhalten gedränter oder entwässerter Böden zusammenzutragen,
- Methoden zur GIS-gestützten Ausweisung dräniertter Flächen auf unterschiedlichen Maßstabsebenen vorzustellen, sowie
- Möglichkeiten für gewässerschonende Wirtschaftsweisen dräniertter Flächen zu diskutieren.

Die Beiträge zeigen, dass der Kenntnisstand über das Austragsverhalten dräniertter Flächen weit gereift ist; auch sind die prinzipiellen Maßnahmen zur Verringerungen der Nährstoffausträge wie Anpassung der Nutzung an den Standorte, Anlage von Reinigungsteichen oder Verrieselung von Dränwasser grundsätzlich bekannt. Damit diese Maßnahmen besser akzeptiert werden und bei der Aufstellung der Bewirtschaftungspläne berücksichtigt werden, ist eine Erprobung der vorgeschlagenen Maßnahmen in Zusammenarbeit mit der Landwirtschaft und den Landeigentümern notwendig, um gemeinsam die Rahmenbedingungen für die Anwendung der Maßnahmen und gegebenenfalls Ausgleichszahlungen festzulegen.

Um die Qualität der Beiträge in diesem Themenband zu sichern, wurden alle Beiträge von mindestens einem unabhängigen Gutachter kritisch begutachtet. Den Gutachtern wird an dieser Stelle für ihre Mitarbeit gedankt.

Flintbek, im August 2007

Michael Trepel

## **Verfasser**

Dieser Themenband wurde von folgenden Referenten zusammengestellt:

AUGUSTIN, Jürgen	Prof. Dr., Müncheberg
BLANKENBURG, Joachim	Dipl.-Agr.-Ing., Dr., Bremen
BREUER, Veronika	Dipl.-Biol., Kiel
DEUNERT, Frauke	Dr., Kiel
DREWS, Hauke	Dipl.-Biol., Molfsee
EHLERT, Volker	Dipl.-Ing., Müncheberg
FOHRER, Nicola	Prof. Dr., Kiel
GELBRECHT, Jörg	Dr., Berlin
KAHLE, Petra	Dr., Rostock
KALETTKA, Thomas	Dr., Müncheberg
KIECKBUSCH, Jan	Dr., Kiel
KUHR, Petra	Dipl.-Geogr., CH-Samedan
LEINER, Uwe	Dipl.-Ing., Kiel
LENNARTZ, Bernd	Prof. Dr., Rostock
MEIßNER, Ralph	Prof. Dr., Falkenberg
NEEF, Tina	Dipl.-Geol., Falkenberg
QUAST, Joachim	Prof., Müncheberg
SCHEFFER, Bernhard	Prof. Dr., Oyten
SHELLER, Claudia	Dipl.-Geogr., Kiel
SCHLANGE, Kirsten	Dipl.-Geogr., Kiel
SCHMALZ, Britta	Dr., Kiel
SCHRAUTZER, Joachim	Prof. Dr., Kiel
SEEGER, Juliane	Dipl.-Chem., Falkenberg
STEIDL, Jörg	Dr., Müncheberg
TETZLAFF, Björn	Dr., Jülich
TIEMEYER, Bärbel	Dr., Rostock
TREPEL, Michael	PD Dr., Flintbek (Seminarleiter)
WENDLAND, Frank	Dr., Jülich
ZAK, Dominik	Dipl.-Agr.-Ing., Berlin

Projektbetreuer in der DWA-Bundesgeschäftsstelle:

BARION, Dirk                                      Dipl.-Geogr., Hennef  
Abteilung Wasserwirtschaft, Boden und Abfall

## **Inhalt**

<b>Vorwort</b> .....	<b>3</b>
<b>Verfasser</b> .....	<b>4</b>
<b>Bilderverzeichnis</b> .....	<b>9</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b> .....	<b>11</b>
<b>Luftbildgestützte Erfassung gedränkter Flächen und deren Bedeutung für die Quantifizierung des Wasser- und Nährstoffhaushalts in Flusseinzugsgebieten</b>	
Björn Tetzlaff, Petra Kuhr und Frank Wendland, Jülich .....	<b>13</b>
<b>1 Einleitung</b> .....	<b>13</b>
<b>2 Überblick über den Stand von Ableitungs-methoden für dränierte Flächen</b> .....	<b>14</b>
<b>3 Ermittlung gedränkter Flächen mit Hilfe von Luftbildern</b> .....	<b>15</b>
<b>4 Großräumige Ausweisung künstlich entwässerter Flächen und Erstellung einer Dränflächenkarte am Beispiel des Ems-Einzugsgebiets</b> .....	<b>20</b>
<b>5 Anwendungsbeispiel: Nutzung einer räumlich hoch differenzierten Dränflächenkarte für die Modellierung des Wasserhaushalts und P-Eintrags in Oberflächengewässer</b> .....	<b>22</b>
5.1 Modellierung des Wasserhaushalts unter besonderer Berücksichtigung des Dränabflusses .....	22
5.2 Modellierung des diffusen P-Eintrags in Oberflächengewässer über Dränagen .....	26
<b>Danksagung</b> .....	<b>29</b>
<b>Literatur</b> .....	<b>29</b>
<b>Ansätze zur Integration von Dränageausträgen in die Abbildung des Landschaftswasser- und stoffhaushalts von Tieflandeinzugsgebieten</b>	
Nicola Fohrer, Frauke Deunert und Britta Schmalz, Kiel .....	<b>32</b>
<b>1 Einleitung</b> .....	<b>32</b>
<b>2 Stand der Forschung zur Auswirkung und räumlichen Verteilung von landwirtschaftlichen Dränagen</b> .....	<b>32</b>
<b>3 Monitoring von Dränageabflüssen und zeitliche Dynamik der Stoffausträge</b> .....	<b>33</b>
<b>4 Abschätzung der räumlichen Verteilung von Dränagesträngen auf Einzugsgebietsebene</b> .....	<b>35</b>
<b>5 Verbesserung der ökohydrologischen Modellierung durch die Integration räumlich differenzierter Dränflächenanteile</b> .....	<b>36</b>
<b>6 Fazit und Ausblick</b> .....	<b>37</b>
<b>Literatur- und Quellennachweis</b> .....	<b>37</b>

# **Dränung – Nährstoffausträge, Flächenerfassung und Management**

## **Einfluss von Skalenebenen auf Stoffausträge gedränkter Flächen**

Petra Kahle, Bärbel Tiemeyer, Bernd Lennartz, Rostock.....	39
<b>1 Einleitung und Zielstellung .....</b>	<b>39</b>
<b>2 Material und Methoden .....</b>	<b>39</b>
<b>3 Ergebnisse .....</b>	<b>41</b>
3.1 Niederschlag und Abfluss .....	41
3.2 Nitrat-N-Konzentrationen .....	42
3.3 Ausgetragene Frachten.....	44
<b>4 Fazit.....</b>	<b>45</b>
<b>Literatur .....</b>	<b>46</b>

## **Nährstoffausträge gedränkter landwirtschaftlicher Flächen Nordwest-Deutschlands**

Joachim Blankenburg, Bremen und Bernhard Scheffer, Oytten.....	47
<b>1 Einführung .....</b>	<b>47</b>
1.1 Versuchsflächen zum Stoffaustrag .....	47
1.2 Grundlagen der Dränung .....	49
<b>2 Stoffausträge durch Dränung .....</b>	<b>50</b>
2.1 Phosphatausträge aus Hochmooren.....	50
2.2 Stoffausträge aus Niedermooren .....	51
2.3 Stoffausträge aus Podsol-Gleyen .....	52
2.4 Stoffausträge aus Auengleyen .....	53
2.5 Stoffausträge aus Marschböden .....	53
2.6 Übersicht der Stoffausträge .....	54
<b>3 Diskussion .....</b>	<b>55</b>
<b>4 Zusammenfassung .....</b>	<b>58</b>
<b>Literatur .....</b>	<b>58</b>

## **Stickstofftransport und -umsatz in einem Kleineinzugsgebiet des norddeutschen Tieflandes**

Ralph Meißner, Tina Neef und Juliane Seeger, Falkenberg .....	59
<b>1 Einleitung.....</b>	<b>59</b>
<b>2 Standortcharakteristik .....</b>	<b>59</b>
<b>3 Methodik und Ergebnisse .....</b>	<b>62</b>
3.1 Erfassung des N-Umsatzes in der Dränzone .....	62
3.1.2 Methodik .....	62
3.1.3 Ergebnisse .....	63
3.2 Erfassung des N-Umsatzes im oberflächennahen Grundwasser.....	63
3.2.1 Methodik .....	63
3.2.2 Ergebnisse .....	64
3.3 Erfassung des N-Umsatzes im Gewässernahbereich.....	65
3.3.1 Methodik .....	65
3.3.2 Erste Ergebnisse.....	67
<b>4 Zusammenfassung .....</b>	<b>68</b>
<b>5 Literatur- und Quellennachweis .....</b>	<b>69</b>

# **Dränung – Nährstoffausträge, Flächenerfassung und Management**

<b>Stoffumsetzungsprozesse in naturnahen, entwässerten und wiedervernässten Niedermoorböden</b>	
Jörg Gelbrecht & Dominik Zak, Berlin .....	70
<b>1 Einführung</b> .....	<b>70</b>
<b>2 Stoffretentionsprozesse in wachsenden Mooren (Grundlagen)</b> .....	<b>71</b>
<b>3 Stofffreisetzungsprozesse in entwässerten Niedermoores</b> .....	<b>72</b>
<b>4 Stofffreisetzungsprozesse in wiedervernässten Niedermoores</b> .....	<b>74</b>
4.1 Ergebnisse zum Porenwasserchemismus in Niedermoores (Freiland- und Laboruntersuchungen) .....	74
4.2 Stoffrückhalt und -freisetzung in wiedervernässten überstauten Niedermoores .....	76
<b>5 Zusammenfassung</b> .....	<b>77</b>
<b>Danksagung</b> .....	<b>78</b>
<b>Literatur</b> .....	<b>78</b>
<b>Ökohydrologische Charakterisierung von Gräben, Dränagen und Quellen in zwei Flusstälern Schleswig-Holsteins</b>	
Joachim Schrautzer, Veronika Breuer, Jan Kieckbusch, Claudia Scheller, Kirsten Schlange, Kiel .....	80
<b>1 Einleitung und Zielsetzung</b> .....	<b>80</b>
<b>2 Untersuchungsgebiete</b> .....	<b>81</b>
2.1 Oberes Eidertal .....	81
2.2 Buckener Aul .....	81
<b>3 Datensätze und Methoden</b> .....	<b>83</b>
3.1 Datensätze .....	83
3.2 Methoden .....	84
<b>4 Ergebnisse</b> .....	<b>85</b>
4.1 Gebietsvergleich .....	85
4.2 Beziehungen zwischen den untersuchten Parametern .....	85
4.3 Ergebnisse der Clusteranalysen .....	86
4.4 Zeitliche Variabilität ausgewählter Parameter .....	88
4.5 Räumliche Verteilung der Wasserpfade .....	89
4.6 Grabenvegetation .....	89
<b>5 Diskussion</b> .....	<b>91</b>
5.1 Gebietsvergleich der Wasserqualität .....	91
5.2 Wechselbeziehungen zwischen den untersuchten Parametern (Korrelationsanalysen) .....	91
5.3 Hydrochemische Charakterisierung der Wasserpfade .....	92
5.4 Gräben als Refugialräume für Pflanzen .....	93
5.5 Konsequenzen für ein nachhaltiges Flusstalmanagement .....	93
<b>Danksagung</b> .....	<b>94</b>
<b>Literatur</b> .....	<b>94</b>

# **Dränung – Nährstoffausträge, Flächenerfassung und Management**

## **Minderung der Gewässerbelastung durch Nährstoffrückhalt aus Dränabflüssen in nachgeschalteten Reinigungsteichen**

Jörg Steidl, Thomas Kalettka, Volker Ehlert, Joachim Quast und Jürgen Augustin, Müncheberg .....	<b>96</b>
<b>1 Einführung</b> .....	<b>96</b>
<b>2 Pilotanlagen</b> .....	<b>97</b>
<b>3 Methodik</b> .....	<b>99</b>
<b>4 Ergebnisse</b> .....	<b>100</b>
<b>5 Schlussfolgerungen</b> .....	<b>101</b>
<b>Danksagung</b> .....	<b>101</b>
<b>Literatur</b> .....	<b>101</b>

## **Maßnahmen zur Verbesserung der Nährstoffretention im oberen Eidertal**

Veronika Breuer, Hauke Drews, Uwe Leiner und Joachim Schrautzer, Kiel .....	<b>103</b>
<b>1 Einleitung</b> .....	<b>103</b>
<b>2 Umsetzung des Naturschutzprojektes</b> .....	<b>103</b>
<b>3 Wasserwirtschaftliche Maßnahmen</b> .....	<b>105</b>
<b>4 Untersuchungen zum Nährstoffhaushalt vernässter Niedermoorkomplexe</b> .....	<b>106</b>
<b>Literatur</b> .....	<b>108</b>

## **Durch welche (technischen) Möglichkeiten kann der Nährstoffaustrag entwässerter Flächen verringert werden?**

Michael Trepel, Flintbek .....	<b>109</b>
<b>1 Einleitung</b> .....	<b>109</b>
<b>2 Bedeutung entwässerter Flächen für den Nährstoffeintrag</b> .....	<b>109</b>
<b>3 Handlungsmöglichkeiten zur Verringerung von Nährstoffausträgen aus entwässerten Flächen</b> .....	<b>111</b>
3.1 Landwirtschaftliche Maßnahmen .....	111
3.2 Wasserwirtschaftliche Maßnahmen .....	112
<b>4 Zusammenfassung</b> .....	<b>113</b>
<b>Literatur- und Quellennachweis</b> .....	<b>113</b>



## **Bilderverzeichnis**

### **Luftbildgestützte Erfassung gedränkter Flächen und deren Bedeutung für die Quantifizierung des Wasser- und Nährstoffhaushalts in Flusseinzugsgebieten**

Bild 1:	Lage der ausgewerteten Luftbilder in Niedersachsen.....	15
Bild 2:	Beispiel für Dränmuster auf landwirtschaftlichen Nutzflächen, Orthofoto bei Hohenhameln ..	16
Bild 3:	Beispiel für die Bauphase einer Dränmaßnahme auf landwirtschaftlichen Nutzflächen, Orthofoto bei Stadthagen.....	17
Bild 4:	Sichtbarkeit von Dränmustern zu unterschiedlichen Aufnahmezeitpunkten, Orthofotos bei Verden.....	17
Bild 5:	Beispiel für die Lage visuell erfasster Dränflächen in einem Luftbild .....	18
Bild 6:	Dränflächenkarte für das Ems-Einzugsgebiet.....	21
Bild 7:	Schematische Darstellung des Wasserhaushaltsmodells GROWA.....	23
Bild 8:	Mittlerer Gesamtabfluss (1995-1999) für das Emseinzugsgebiet .....	25
Bild 9:	Mittlerer Dränabfluss (1995-1999) für das Emseinzugsgebiet .....	25
Bild 10:	Mittlere Grundwasserneubildung (1995-1999) für das Emseinzugsgebiet .....	26
Bild 11:	Schematischer Überblick über das P-Modell MEPhos.....	26
Bild 12:	Phosphotopie zur Abbildung des P-Eintrags über Dränagen im Ems-Einzugsgebiet.....	28
Bild 13:	Mittlere P-Einträge (1995-1999) über Dränagen im Ems-Einzugsgebiet .....	29

### **Ansätze zur Integration von Dränageausträgen in die Abbildung des Landschaftswasser- und stoffhaushalts von Tieflandeinzugsgebieten**

Bild 1:	Schematische Darstellung der Messstationen .....	33
Bild 2:	Abfluss, Nitratkonzentration und Niederschlagsmenge der Dränagemessstation A, kleine Hofkoppel .....	34
Bild 3:	Modelliertes, räumliches Muster der Dränagen im Kielstaeinzugsgebiet (50 km <sup>2</sup> ) .....	35
Bild 4:	Unkalibrierter Modelllauf mit SWAT für den Gesamtabfluss im Fließgewässer der Kielstau vor und nach Integration der Dränageverteilung .....	36
Bild 5:	Modellierung der Abflusssdynamik der Kielstau mittels SWAT, kalibriertes Modell.....	37

### **Einfluss von skalenebenen auf Stoffausträge gedränkter Flächen**

Bild 1:	Das Untersuchungsgebiet „Dummerstorf“ (Mecklenburg-Vorpommern).....	40
Bild 2:	Niederschlag und Abfluss an Dränfläche, Graben und Bach in den hydrologischen Winterhalbjahre .....	41
Bild 3:	Dynamik der NO <sub>3</sub> -N-Konzentrationen in Wässern verschiedener Skalenbereiche während der hydrologischen Winterhalbjahre sowie Kennzeichnung der N-Düngungsmaßnahmen in der Dränfläche. ....	43
Bild 4:	Kumulative ausgetragene NO <sub>3</sub> -N-Frachten der verschiedenen Skalenebenen während der hydrologischen Winterhalbjahre.....	45

### **Nährstoffausträge gedränkter landwirtschaftlicher Flächen Nordwest-Deutschlands**

Bild 1:	Übersicht von Versuchsstandorten zum Stoffaustrag über Dräne .....	48
Bild 2:	Strömungsquerschnitt Dränversuchsfläche Nordkehdingen .....	49
Bild 3:	Strömungsquerschnitt Dränversuchsfläche Nordkehdingen .....	50
Bild 4:	Phosphatgehalte im Dränwasser nach Eisenzugabe in Form von Rotschlamm bzw. Rotschlamm/Grünsalz-Gemisch .....	51
Bild 5:	Orthophosphat-P im Dränwasser eines landwirtschaftlich genutzten Niedermooses.....	51
Bild 6:	Nitratkonzentrationen im Dränwasser .....	52
Bild 7:	Nitratkonzentrationen im Dränwasser bei Düngung mit Alzon und Kalkammonsalpeter (KAS).....	52

## **Dränung – Nährstoffausträge, Flächenerfassung und Management**

Bild 8:	Nitrat-N-Gehalte im Dränwasser eines Auenlehms (Sudweyhe) .....	53
Bild 9:	Mittlere Stoffkonzentrationen im Dränwasser von 9 Grünlandflächen in der Wesermarsch, senkrechte Striche = Standardabweichung .....	54
Bild 10:	Nitratstickstoffkonzentrationen und -austräge in Abhängigkeit der Höhe der Stickstoffdüngung.....	56
Bild 11:	Mehrjährige mittlere P-Einträge im Einzugsgebiet der Ems (1995-1999) differenziert nach Eintragspfaden .....	57

### **Stickstofftransport und -umsatz in einem Kleineinzugsgebiet des norddeutschen Tieflandes**

Bild 1:	Einzugsgebiet Schaugraben mit Landnutzung.....	60
Bild 2:	Nitrat-N-Konzentrationen und Abfluss am Gebietsauslass des Schaugrabens .....	61
Bild 3:	Nitrat-Frachten und Abfluss am Gebietsauslass des Schaugrabens, die Nitrat-Frachten sind in logarithmischer Skalierung dargestellt .....	61
Bild 4:	Schematische Darstellung des Messplatzes.....	62
Bild 5:	Schematische Darstellung des Messfeldes. T0 bis T5: Messstellenreihen bestehend aus Grundwassermessstellen; GM1, GM3, GM4: Grundwassermessstellen zur Bestim- mung der Grundwasserfließrichtung .....	63
Bild 6:	Schematischer Aufbau des Reaktorversuches .....	64
Bild 7:	Gemessene und modellierte NO <sub>3</sub> -N-Konzentrationen sowie Temperatur der Laborversuche 2 und 4 (LV2, LV4) .....	65
Bild 8:	Schematische Darstellung des Messfeldes 1 .....	66
Bild 9:	Schematische Darstellung des Messfeldes 1 im Querschnitt .....	66
Bild 10:	Schematische Darstellung des Messfeldes 2 .....	67

### **Stoffumsetzungsprozesse in naturnahen, entwässerten und wiedervernässten Niedermoorböden**

Bild 1:	Schema der landschaftsökologischen Funktionen von Mooren .....	71
Bild 2:	Stark vereinfachtes Schema der Wasser- und Stoffflüsse in wachsenden Niedermooeren ....	71
Bild 3:	Schema der wichtigsten Stoffumwandlungen im oberen, aeroben Horizont entwässerter Niedermooere .....	72
Bild 4:	P-Konzentrationen in Schlenken bzw. kleinen Entwässerungsgräben naturnaher bzw. schwach entwässerter Moore sowie in Entwässerungsgräben stark entwässerter Moore ....	73
Bild 5:	Schematische Darstellung einer häufig durchgeführten Entwässerung von gewässerbegleitenden Niedermooeren mit der Anlage von Fanggräben .....	73
Bild 6:	Dialysesammler zur ungestörten Entnahme des anaeroben Moorporenwassers.....	74
Bild 7:	Phosphor-Konzentrationen im Porenwasser wiedervernässter Moore mit hoch zersetzten Torfen im obersten Bodenhorizont sowie in naturnahen Mooren mit gering zersetzten Torfen im obersten Bodenhorizont. Die Phosphor-Konzentrationen wurden als SRP (= gelöster reaktiver Phosphor) gemessen. ....	75
Bild 8:	Abhängigkeit der SRP-Konzentrationen und der Ammonium-Konzentrationen im Porenwasser von Niedermooeren in der Tiefe 0-70 cm vom Torfzersetigungsgrad .....	76
Bild 9:	Zeitlicher Verlauf der Fe(II)- und Phosphorkonzentrationen mit Schwankungs- bereich im Laborversuch in hoch zersetzten Torfen, in mittel zersetzten Torfen und in gering zersetzten Torfen im Vergleich zu den Freilanduntersuchungen im wiedervernässten Polder Zarnekow .....	76

### **Ökohydrologische Charakterisierung von Gräben, Dränagen und Quellen in zwei Flusstälern Schleswig-Holsteins**

Bild 1:	Lage der Untersuchungsgebiete in Schleswig-Holstein .....	82
Bild 2:	Ausgewählte hydrochemische und physikochemische Parameter zur Charakterisierung der geogenen Hintergrundwerte der Wasserpfade in den Untersuchungsgebieten. Es bedeuten: EID (Oberes Eidertal), BUA (Buckener Aulal).....	85

# **Dränung – Nährstoffausträge, Flächenerfassung und Management**

Bild 3:	Zeitliche Variabilität ausgewählter Parameter an unterschiedlichen Standorten im Eidertal. Jeweils ein Box-Whisker-Plot kennzeichnet einen Standort.....	88
Bild 4:	Räumliche Verteilung der Nitrat- und Ammonium-Konzentrationen unterschiedlicher Wasserpfade in der Untersuchungsfläche Schmalstede .....	89

## **Minderung der Gewässerbelastung durch Nährstoffrückhalt aus Dränabflüssen in nachgeschalteten Reinigungsteichen**

Bild 1:	Dränsystem mit nachgeschaltetem Reinigungsteich (Pilotanlage Prädikow) .....	98
Bild 2:	Mittlere Monatssummen der klimatischen Wasserbilanz .....	98
Bild 3:	Schema eines nachgeschalteten Reinigungsteiches mit den wesentlichen Prozessen für den Nährstoffrückhalt und Messpunkten.....	99
Bild 4:	Abflüsse, Stickstoff- und Phosphorkonzentrationen im Reinigungsteich .....	100
Bild 5:	Wasser-, Stickstoff- und Phosphorrückhalt im Reinigungsteich.....	100

## **Maßnahmen zur Verbesserung der Nährstoffretention im oberen Eidertal**

Bild 1:	Das Naturschutzprojekt „Oberes Eidertal“ .....	104
Bild 2:	Mittlere Wasserstände in cm über Flur auf zwei Teilflächen im Oberen Eidertal vor und nach der Vernässung Anfang 2005. ....	106
Bild 3:	Mittlere Nährstoffkonzentrationen (mg/l) und Frachten (mg/s) in den Sammelgräben der Brache und Weide für den Zeitraum Mai-Dezember 2004 und 2006 .....	107

## **Durch welche (technischen) Möglichkeiten kann der Nährstoffaustrag entwässerter Flächen verringert werden?**

Bild 1:	Mittlere jährlicher N-Austrag aus Dränagen in Oberflächengewässer bei unterschiedlicher landwirtschaftlicher Nutzung .....	111
---------	--	-----

## **Tabellenverzeichnis**

### **Luftbildgestützte Erfassung gedränkter Flächen und deren Bedeutung für die Quantifizierung des Wasser- und Nährstoffhaushalts in Flusseinzugsgebieten**

Tabelle 1:	Übersicht über Methoden zur Ableitung gedränkter Flächen für große Untersuchungsgebiete .....	14
Tabelle 2:	Zur Verschneidung der Dränflächen mit Flächeneigenschaften verwendete Datengrundlagen.....	19
Tabelle 3:	Ausgewählte Parameterkombinationen und Anteil gedränkter Flächen an den Parameterkombinationen.....	20
Tabelle 4:	Konstanten für die Verdunstungsberechnung nach Renger und Wessolek.....	22
Tabelle 5:	Mittlere jährliche Dränabflusshöhe als Anteil an der mittleren Gesamt-Sickerwasserhöhe für verschiedene Regionen und Standortbedingungen .....	23
Tabelle 6:	Phosphotope zur Modellierung des P-Eintrags über Dränagen und kalibrierte Exportkoeffizienten.....	27

### **Ansätze zur Integration von Dränageausträgen in die Abbildung des Landschaftswasser- und stoffhaushalts von Tieflandeinzugsgebieten**

Tabelle 1:	Fruchtfolgen auf der Messfläche A, kleine Hofkoppel.....	33
------------	--	----

# **Dränung – Nährstoffausträge, Flächenerfassung und Management**

## **Einfluss von Skalenebenen auf Stoffausträge gedränkter Flächen**

Tabelle 1:	Fruchtarten, Ertrag, N-Düngung und N-Bilanz der Dränfläche .....	40
Tabelle 2:	Niederschlag, Abfluss, NO <sub>3</sub> -N-Konzentrationen und NO <sub>3</sub> -N-Frachten der Skalenebenen Dränfläche, Graben und Bach. ....	42
Tabelle 3:	Beziehungen zwischen den Skalenebenen, dargestellt anhand linearer Regressionsgleichungen ( $y=ax+b$ ) und Bestimmtheitsmaße ( $R^2$ ) für die Abflüsse und NO <sub>3</sub> -N-Frachten. ....	44

## **Nährstoffausträge gedränkter landwirtschaftlicher Flächen Nordwest-Deutschlands**

Tabelle 1:	Einfluss der Dränung auf Erträge in bu/ac .....	47
Tabelle 2:	Standortinformationen zu den Versuchen.....	48
Tabelle 3:	Stoffeintrag (Niederschlag) und Stoffaustrag (Gruppen, Böschungswasser, Dränwasser) in kg/ha/Winterhalbjahr im Mittel der Abflussperioden 1991/92 bis 1995/96 * (Min.-Max.) des Gewässerrandstreifenversuch Infeld .....	54
Tabelle 4:	Mittlerer jährlicher Nährstoffaustrag aus nordwestdeutschen Böden.....	55
Tabelle 5:	Effekte der Dränung auf N- und P- Austräge aus drei ähnlichen Standorten, (Böden und Nutzung) in North Carolina .....	55
Tabelle 6:	Stickstoffausträge bei Oberflächenentwässerung und Dränung .....	57

## **Ökohydrologische Charakterisierung von Gräben, Dränagen und Quellen in zwei Flusstälern Schleswig-Holsteins**

Tabelle 1:	Datensätze und Untersuchungsparameter. Es bedeuten: EID (Oberes Eidertal), BUA (Buckener Aul), GR (Gräben), DR (Dränagen), Q (Quellen), S (einmaliges Screening, Z (Zeitreihen) .....	83
Tabelle 2:	Beziehungen (Spearman's Rangkorrelation) zwischen ausgewählten physiko- und hydrochemischen Parametern (Datensätze 1 und 3) in den Untersuchungsgebieten. * = $p < 0.05$ ; ** = $p < 0.001$ . ....	86
Tabelle 3:	Ergebnisse der Clusteranalysen (Datensätze 1, 2, 3) für die untersuchten physiko- und hydrochemischen Parameter (Median und 25/75 % Perzentile). Es bedeuten: GR = Gräben, DR = Dränagen, Q = Quellen, EZG = Einzugsgebiet, MF = Moorflächen ...	87
Tabelle 4:	Flächenanteile (%) der Landnutzungsformen bezogen auf die ermittelten Cluster zur Wasserqualität der untersuchten Wasserpfade. ....	87
Tabelle 5:	Synthetische Tabelle für die Vegetationstypen der untersuchten Gräben im Oberen Eidertal. 1 = grundwasser-beeinflusste Gräben; 2 = Oberflächenwasser gespeiste Moorgräben. Es bedeuten: EG (Extensivgrünland), IG (Intensivgrünland). ....	90
Tabelle 6:	Synthetische Tabelle für die Vegetationstypen der untersuchten Gräben im Buckener Aul. 1 = grundwasserbeeinflusste Gräben; 2 = Oberflächenwasser gespeiste Moorgräben. Es bedeuten: EG (Extensivgrünland), IG (Intensivgrünland). ....	90

## **Minderung der Gewässerbelastung durch Nährstoffrückhalt aus Dränabflüssen in nachgeschalteten Reinigungsteichen**

Tabelle 1:	Pilotanlagen für Reinigungsteiche von Abflüssen aus Dränanlagen.....	97
------------	--	----

## **Durch welche (technischen) Möglichkeiten kann der Nährstoffaustrag entwässerter Flächen verringert werden?**

Tabelle 1:	Mittlerer jährlicher Nährstoffaustrag im Zeitraum 1998 – 2000 von dränierten Flächen und deren Anteil an den Gesamteinträgen in die Oberflächengewässer nach Berechnungen mit dem Modell MONERIS.....	110
------------	---	-----

# **Luftbildgestützte Erfassung gedränkter Flächen und deren Bedeutung für die Quantifizierung des Wasser- und Nährstoffhaushalts in Flusseinzugsgebieten**

Björn Tetzlaff, Petra Kuhr und Frank Wendland, Jülich

## **1 Einleitung**

Im Zuge der Produktionssteigerung in der Landwirtschaft sind besonders seit den 1950er Jahren umfangreiche Meliorationsmaßnahmen in Deutschland durchgeführt worden. Von den für landwirtschaftliche Nutzflächen relevanten Meliorationsmaßnahmen machen Dränagen einen erheblichen Teil aus. Genaue Zahlen sind nicht bekannt, da in Deutschland keine Anzeigepflicht besteht und auch keine zentrale Erfassung von Dränmaßnahmen erfolgt.

Schätzungen gehen davon aus, dass ca. 14 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche in Deutschland gedränt sind (Lennartz & Hartwigsen 2001, Eggelsmann 1971). Eggelsmann (1978) geht davon aus, dass die gesamte entwässerungsbedürftige Fläche in Nordwestdeutschland ca. 60 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche ausmacht.

Unter Dränung wird im Folgenden Entwässerung i. e. S. verstanden, d. h. Rohr- und Grabendränung sowie rohrlose Dränung. Die Formen der mechanischen Unterbodenmelioration, wie Tiefpflügen oder Tieflockern, die nach DIN 1185-1 (1973) ebenfalls der Dränung zuzuordnen sind, werden nur dann berücksichtigt, wenn sie mit begleitenden Entwässerungsmaßnahmen verbunden sind. Dies betrifft z. B. den Tiefumbruch auf sog. wurzelechten Hochmooren. Zu den künstlich entwässerten Flächen zählen in erster Linie landwirtschaftlich genutzte Flächen, daneben aber auch Hochmoore in Abtorfung.

Die Wirkungen von Dränagen auf Landschaftswasserhaushalt und Nährstoffeintrag in Oberflächengewässern sind vielfältig. Modellrechnungen haben z. B. gezeigt, dass in Flachlandgebieten, wie dem norddeutschen Tiefland, Dränagen den wichtigsten Eintragspfad für diffuse Phosphateinträge darstellen (Tetzlaff 2006). Angesichts ihrer Effekte und ihrer großräumigen Verbreitung besteht der dringende Bedarf, Dränagen bei modellgestützten Analysen des Wasserhaushalts und Stoffeintrags in großen Untersuchungsgebieten gezielt zu berücksichtigen. Flächendifferenzierte Daten stehen für meso- und makroskalige Untersuchungsgebiete jedoch in der Regel nicht zur Verfügung und können auch nicht durch Geländekartierung oder Befragung angesichts des dadurch entstehenden Aufwands erhoben werden. Daher werden Methoden benötigt, um die Lage dränkter Flächen in großen Untersuchungsgebieten abschätzen zu können.