



Anhang 2 zum DBU-Projekt AZ 26637-34:
Entwicklung von Strategien
zur Minderung des Nährstoffaustrags
dränierter landwirtschaftlich genutzter Flächen

**Literaturlauswertung zur Wirksamkeit von
Nährstoffreduktionsmaßnahmen**

Februar 2012

Dr. Bettina Holsten

Institut für Ökosystemforschung
Abteilung Angewandte Ökologie
Christian-Albrecht-Universität zu Kiel
Olshausenstr. 75
D-24118 Kiel

1.1 Literaturangaben zur Nährstoffreduktionswirkung

Eine erste Bewertung der 36 Maßnahmen des Maßnahmenkataloges in der Literatur ist in der folgenden Tabelle 6 zusammengestellt. Es wurden sowohl Zitate aufgeführt, die Werte für die Höhe der anzunehmenden Austragsreduktion angeben, als auch solche, die eine Maßnahme empfehlen, ohne das Reduzierungspotenzial zu benennen.

1. Landwirtschaftliche Maßnahmen

- 1.1 Messung der N_{\min} -Gehalte im Boden und schlagbezogene Düngelplanung
- 1.2 Analyse von Nährstoffgehalten in Wirtschaftsdüngern
- 1.3 Bestimmung späterer N-Düngergaben anhand der Pflanzenentwicklung
- 1.4 Verlängerung der Sperrfrist für Düngerausbringung
- 1.5 Erhöhung der Lagerkapazität für Gülle
- 1.6 Einsparung der Herstdüngung von Raps und Wintergetreide
- 1.7 Einsparung der Qualitätsgabe zu Backweizen
- 1.8 Berechnung der Düngungshöhe im beweideten Grünland
- 1.9 Zwischenfruchtanbau
- 1.10 Anbau von Untersaaten im Mais
- 1.11 Verzicht auf Bodenbearbeitung im Herbst vor Sommerungen
- 1.12 Angepasste Bodenbearbeitung auf Flächen mit Erosionsgefahr
- 1.13 Einschränkung der Bewirtschaftung auf Flächen mit Erosionsgefahr
- 1.14 Schaffung von Brachen
- 1.15 Umwandlung von Äckern in Grünländer auf Moorböden
- 1.16 Umbruchlose Grünlanderneuerung
- 1.17 Verminderung von N und P im Tierfutter
- 1.18 Verwendung von Filtermaterialien bei Dränagen
- 1.19 Separation von Gülle und Ferntransport
- 1.20 Anlage von Schonstreifen
- 1.21 Neuberechnung der Nährstoffgaben bei bodennaher Ausbringung von Gülle
- 1.22 100 kg N-Düngung bei Mais
- 1.23 Mulch- und Direktsaatverfahren
- 1.24 Ökologischer Landbau
- 1.25 Umwandlung von Äckern oder Grünland in Wald
- 1.26 Anwendung des CULTAN-Verfahrens

2. Sonstige Maßnahmen

- 2.1 Vernässung von Feuchtgebieten
- 2.2 Dränteiche
- 2.3 Wasserstandsmanagement
- 2.4 Verbesserung der morphologischen Gewässerstruktur (Remäandrierung)
- 2.5 Reduktion der Mahd von Strombetten
- 2.6 Schaffung von Überflutungsräumen
- 2.7 Uferrandstreifen
- 2.8 Entrohrung von Gewässern
- 2.9 Denitrifikationswall
- 2.10 Denitrifikationsbett und reaktiver Graben

Tab. 1: Literaturnennungen verschiedener Maßnahmen mit Höhe oder Bewertung des Reduzierungspotenzials, wenn angegeben. (Die Nummerierung der Maßnahmen entspricht dem Praxisleitfaden.)

Maßnahme Nr.	Literatur Nr.	Minderung	Nährstoff	Minderung in kg ha ⁻¹ a ⁻¹			Einheit	Bewertung
				Min.	Mittel	Max.		
1.1	38	F	TN	0	10	30	kg ha ⁻¹ a ⁻¹	
1.1	53	F	TP	0		25	%	
1.1	34							
1.1	54							
1.1	34							
1.1	27							
1.2	38	F	TN	0	10	40	kg ha ⁻¹ a ⁻¹	
1.2	54							
1.2	24							
1.2	50							
1.3	36	F	TN	0	10	20	kg ha ⁻¹ a ⁻¹	
1.4	38	F	TN	5	10	15	kg ha ⁻¹ a ⁻¹	
1.4	38	F	TN	0	10	20	kg ha ⁻¹ a ⁻¹	
1.4	59	F	TP		6		kg ha ⁻¹ a ⁻¹	
1.4	59	F	TN		41		kg ha ⁻¹ a ⁻¹	
1.4	10	F	TN		3		kg ha ⁻¹ a ⁻¹	
1.4	34							
1.4	27							
1.4	8							
1.4	1							
1.4	24							
1.5	38	F	TN	2		4	kg ha ⁻¹ a ⁻¹	
1.5	7	F	TN	5	8,8	15	kg ha ⁻¹ a ⁻¹	
1.5	7	F	TP	0,03	0,23	0,49	kg ha ⁻¹ a ⁻¹	
1.5	27							+
1.5	8							+
1.6	23							
1.6	36	F	NO ₃ -N		4,5		kg ha ⁻¹ a ⁻¹	
1.6	36	F	NO ₃ -N	2,7	3,5	4,5	kg ha ⁻¹ a ⁻¹	
1.6	53		TN					0
1.6	53		TP					0
1.6	23							
1.6	37	D			40		kg ha ⁻¹ a ⁻¹	
1.6	38	F	TN	0	5	10	kg ha ⁻¹ a ⁻¹	
1.7	38	F	TN	0	5	10	kg ha ⁻¹ a ⁻¹	
1.8	34							
1.8	27							
1.9	38	F	TN	15	20	25	kg ha ⁻¹ a ⁻¹	
1.9	38	F	TN	25	35	50	kg ha ⁻¹ a ⁻¹	
1.9	38	F	TN	20	30	40	kg ha ⁻¹ a ⁻¹	
1.9	38	F	TN	10	20	30	kg ha ⁻¹ a ⁻¹	

DBU-Projekt AZ 26637-34, Anhang 2: Literaturlauswertung zur Nährstoffreduktionswirkung

Maßnahme Nr.	Literatur Nr.	Minderung	Nährstoff	Minderung in kg ha ⁻¹ a ⁻¹			Einheit	Bewertung
				Min.	Mittel	Max.		
1.9	7	F	TN	7		6	kg ha ⁻¹ a ⁻¹	
1.9	7	F	TP	0,03		0,13	kg ha ⁻¹ a ⁻¹	
1.9	21	F	NO ₃ -N	42,6		77,6	kg ha ⁻¹ a ⁻¹	
1.9	21	F	NO ₃ -N	14,8		39,1	kg ha ⁻¹ a ⁻¹	
1.9	21	F	TN	11,4		17,6	kg ha ⁻¹ a ⁻¹	
1.9	53		TN					0
1.9	53	F	TP	30		50	%	
1.9	17	F	TN		25		kg ha ⁻¹ a ⁻¹	
1.9	17	F	TN		39		kg ha ⁻¹ a ⁻¹	
1.9	17	F	TN		12		kg ha ⁻¹ a ⁻¹	
1.9	17	F	TN		16		kg ha ⁻¹ a ⁻¹	
1.9	23	F						+
1.9	34							
1.9	54							
1.10	38	F	TN	5	10	20	kg ha ⁻¹ a ⁻¹	
1.10	5	F	NO ₃ -N		24		kg ha ⁻¹ a ⁻¹	
1.10	39	F	TN		50		kg ha ⁻¹ a ⁻¹	
1.10	53		TP					+
1.10	34							
1.11	38	F	TN	0	10	30	kg ha ⁻¹ a ⁻¹	
1.11	38	F	TN	5	10	15	kg ha ⁻¹ a ⁻¹	
1.11	19	F	TN		16		kg ha ⁻¹ a ⁻¹	
1.11	7	F	TN	1		1,5	kg ha ⁻¹ a ⁻¹	
1.11	7	F	TP	0,02		0,6	kg ha ⁻¹ a ⁻¹	
1.12	53	F	Sedimente		25		%	0
1.12	7	F	TN		0		kg ha ⁻¹ a ⁻¹	
1.12	7	F	TP	0,02		0,6	kg ha ⁻¹ a ⁻¹	
1.12	28							+
1.12	54							
1.13	53		TP		50		%	
1.13	53		TN		50		%	
1.14	38	F	TN	30	40	60	kg ha ⁻¹ a ⁻¹	
1.14	38	F	TN	30	50	70	kg ha ⁻¹ a ⁻¹	
1.14	38	F	TN	40	60	80	kg ha ⁻¹ a ⁻¹	
1.14	34							
1.15	38	F	TN	30	50	70	kg ha ⁻¹ a ⁻¹	
1.15	45	F	TN		31		kg ha ⁻¹ a ⁻¹	
1.16	38	F	TN	40	60	80	kg ha ⁻¹ a ⁻¹	
1.16	58	F	TN			112	kg ha ⁻¹ a ⁻¹	
1.16	34							
1.16	52	F	TN		60		kg ha ⁻¹ a ⁻¹	
1.17	7	F	TN	0	1,9	3	kg ha ⁻¹ a ⁻¹	
1.17	7	F	TP	0,01	0,13	0,64	kg ha ⁻¹ a ⁻¹	
1.17	38	S	TN	15	18	25	%	

DBU-Projekt AZ 26637-34, Anhang 2: Literaturlauswertung zur Nährstoffreduktionswirkung

Maßnahme Nr.	Literatur Nr.	Minderung	Nährstoff	Minderung in kg ha ⁻¹ a ⁻¹			Einheit	Bewertung
				Min.	Mittel	Max.		
1.17	38	S	TN	5	10	15	%	
1.17	31		TP					
1.17	53		TN					
1.17	53		TP					+
1.17	34		N	5		20	%	
1.17	54	F	TP		72		g ha ⁻¹ pro Düngeereignis	
1.17	27							
1.18	16	F	NO ₃ -N	6	35	82	%	
1.19	38							
1.19	7	F	TN	1	9,1	20	kg ha ⁻¹ a ⁻¹	
1.19	7	F	TP	0,04	0,38	1,16	kg ha ⁻¹ a ⁻¹	
1.19	54							
1.19	54	S	TN	20		30	%	
1.19	54	S	TP		35		%	
1.19	3							
1.20	19	F	NO ₃ -N	60	262	340	kg ha ⁻¹ a ⁻¹	
1.20	19	F	NH ₄ -N	-5,2	2,7	7,1	kg ha ⁻¹ a ⁻¹	
1.20	19	F	PO ₄ -P	-0,9	-0,3	0,5	kg ha ⁻¹ a ⁻¹	
1.20	7	F	TN	4,5	7	14	kg ha ⁻¹ a ⁻¹	
1.20	7	F	TP	0,09	0,61	4,38	kg ha ⁻¹ a ⁻¹	
1.20	34							
1.20	54							
1.21	38	F		0	10	20	kg ha ⁻¹ a ⁻¹	
1.21	1							
1.21	24							
1.21	53		TN					0
1.21	53		TP					+
1.21	54							
1.21	34							
1.22	13		TN		37	87	kg ha ⁻¹ a ⁻¹	
1.23	34							+
1.23	38		TN	0	10	20	kg ha ⁻¹ a ⁻¹	
1.23	38		TN	0	10	25	kg ha ⁻¹ a ⁻¹	
1.23	53		TP	35		85	%	
1.23	53		TN	50		80	%	
1.24	38		TN	0	20	50	kg ha ⁻¹ a ⁻¹	
1.24	15		TN		2,5		kg ha ⁻¹ a ⁻¹	
1.24	15		TP		-0,12		kg ha ⁻¹ a ⁻¹	
1.24	29		NO ₃ -N		6,7		kg ha ⁻¹ a ⁻¹	
1.25	57		TN		23	83	kg ha ⁻¹ a ⁻¹	
1.26	33	F			2		kg ha ⁻¹ a ⁻¹	
1.26	51	F			6		kg ha ⁻¹ a ⁻¹	
1.26	51	F			18		kg ha ⁻¹ a ⁻¹	
1.26	51	F			-9		kg ha ⁻¹ 6 Monate	

DBU-Projekt AZ 26637-34, Anhang 2: Literaturlauswertung zur Nährstoffreduktionswirkung

Maßnahme Nr.	Literatur Nr.	Minderung	Nährstoff	Minderung in kg ha ⁻¹ a ⁻¹			Einheit	Bewertung
				Min.	Mittel	Max.		
1.26	38			0	10	20	kg ha ⁻¹ a ⁻¹	
2.1	38	F		50	100	300	kg ha ⁻¹ a ⁻¹	
2.1	30	F	TN	25	100	150	kg ha ⁻¹ a ⁻¹	
2.1	6	F	NO ₃ -N		95		%	
2.1	53	F	TN	40		80	%	++
2.1	53	F	TP	10		70	%	+
2.1	20	F	TP	-4,8		24	kg ha ⁻¹ a ⁻¹	
2.1	20	F	TP	-0,43		2,6	kg ha ⁻¹ a ⁻¹	
2.1	34							
2.2	7	F	TN	10	6,3	12	kg ha ⁻¹ a ⁻¹	
2.2	7	F	TP	0,42	1,03	1,48	kg ha ⁻¹ a ⁻¹	
2.2	53	F	TN	0		80	%	+
2.2	53	F	TP	0		79	%	+
2.2	56	F	TN	200	333,33	500	kg ha ⁻¹ a ⁻¹	
2.2	56	F	TN	1800		3800	kg ha ⁻¹ a ⁻¹	
2.2	56	F	TN	300	600	600	kg ha ⁻¹ a ⁻¹	
2.2	56	F	TP	0	0,5	0,9	kg ha ⁻¹ a ⁻¹	
2.2	56	F	TP	-23,4		3,8	kg ha ⁻¹ a ⁻¹	
2.2	56	F	TP	5,8	8,97	13,7	kg ha ⁻¹ a ⁻¹	
2.3	6	F	NO ₃ -N	19		27	kg ha ⁻¹ a ⁻¹	
2.3	4	F	NO ₃ -N		6		kg ha ⁻¹ a ⁻¹	
2.3	11	F	TN		7,6		kg ha ⁻¹ a ⁻¹	
2.3	11	F	TN		8,9		kg ha ⁻¹ a ⁻¹	
2.3	11	F	TN		3,5		kg ha ⁻¹ a ⁻¹	
2.3	11	F	TN		10		kg ha ⁻¹ a ⁻¹	
2.3	12	F	TN		13,9		kg ha ⁻¹ a ⁻¹	
2.3	12	F	TN		6,2		kg ha ⁻¹ a ⁻¹	
2.3	12	F	TP		0,04		kg ha ⁻¹ a ⁻¹	
2.3	12	F	TP		0,2		kg ha ⁻¹ a ⁻¹	
2.3	55	F	NO ₃ -N		6,5		%	
2.3	13	F	TN		3,1		kg ha ⁻¹ a ⁻¹	
2.3	13	F	TP		1,27		kg ha ⁻¹ a ⁻¹	
2.3	60	F	TN		23,9		kg ha ⁻¹ a ⁻¹	
2.3	60	F	TN		17,7		kg ha ⁻¹ a ⁻¹	
2.3	60	F	TP		0,13		kg ha ⁻¹ a ⁻¹	
2.3	60	F	TP		0,08		kg ha ⁻¹ a ⁻¹	
2.3	60	F	TN		22,5		kg ha ⁻¹ a ⁻¹	
2.3	60	F	TN		21,8		kg ha ⁻¹ a ⁻¹	
2.3	60	F	TP		0,04		kg ha ⁻¹ a ⁻¹	
2.3	60	F	TP		0,02		kg ha ⁻¹ a ⁻¹	
2.3	61	F	TN		40,2		kg ha ⁻¹ a ⁻¹	
2.3	54	F	TN		55		%	
2.3	54	F	TP		35		%	
2.4.	26	F	TN		840		kg ha ⁻¹ a ⁻¹	
2.4	26		TN		250		kg ha ⁻¹ a ⁻¹	

DBU-Projekt AZ 26637-34, Anhang 2: Literaturlauswertung zur Nährstoffreduktionswirkung

Maßnahme Nr.	Literatur Nr.	Minderung	Nährstoff	Minderung in kg ha ⁻¹ a ⁻¹			Einheit	Bewertung
				Min.	Mittel	Max.		
2.4	9	F	TN	50		60	%	
2.4	9	F	TP	30		50	%	
2.4	9	F	TN		4		%	
2.4	9	F	TP		9		%	
2.4	34							
2.5	53	F	TP					+
2.5	9	F	TN		9		%	
2.5	9	F	TP		3,5		%	
2.5	9	F	TP		1,66		kg ha ⁻¹ a ⁻¹	
2.5	26	F	TN		37,8		kg ha ⁻¹ a ⁻¹	
2.5	24	F	TN		6,26		kg ha ⁻¹ a ⁻¹	
2.6	30	F	TP	50	90	150	kg ha ⁻¹ a ⁻¹	
2.6	30	F	TP		1		kg ha ⁻¹ a ⁻¹	
2.6	19	F	TP		3,1		kg ha ⁻¹ d ⁻¹	
2.6	19	F	TP			128	kg ha ⁻¹ a ⁻¹	
2.6	34							
2.7	7	F	TN	0,2	1,5	4	kg ha ⁻¹ a ⁻¹	
2.7	7	F	TP	0,02	0,33	3,29	kg ha ⁻¹ a ⁻¹	
2.7	38							
2.7	16	F	TN	31,2	60	74,5	kg ha ⁻¹ a ⁻¹	
2.7	16	F	TN	88,6	141	168,1	kg ha ⁻¹ a ⁻¹	
2.7	53	F	TN	50		95	%	+
2.7	53	F	TP	50		80	%	+
2.7	18	F	TP	38	68	93		
2.7	32	F	TN	38,8		96,8	kg ha ⁻¹ a ⁻¹	
2.7	32	F	TP	1.4		1,9	kg ha ⁻¹ a ⁻¹	
2.7	35							
2.7	54							
2.8	25	F	NO ₃ -N		57		%	
2.8	9	F	TN	25		60	%	
2.8	9	F	TP	28		50	%	
2.9	41	F	NO ₃	74		91	%	
2.9	42	F	TN	0,22		6	mg l ⁻¹ d ⁻¹	
2.9	47	F	TN	0,16		0,29	g m ³ d ⁻¹	
2.9	48	F	TN		1		g m ³ d ⁻¹	
2.9	22	F	TN		0,62		g m ³ d ⁻¹	
2.9	46	F	TN		0,25		g m ³ d ⁻¹	
2.9	46	F	TN		> 95		%	
2.9	40	F	NO ₃	72		97	%	
2.9	44	F	TN	10,8		16,1	g m ³ d ⁻¹	
2.9	44	F	TN		8,5		g m ³ d ⁻¹	
2.9	44	F	TN		6,4		g m ³ d ⁻¹	
2.10	43	F	NO ₃ -N	0,26		5,2	g m ² d ⁻¹	
2.10	6	F	TN	0		52	g m ³ d ⁻¹	

Maßnahme Nr.	Literatur Nr.	Minderung	Nährstoff	Minderung in kg ha ⁻¹ a ⁻¹			Einheit	Bewertung
				Min.	Mittel	Max.		
2.10	49	F	TN	2		22	g m ³ d ⁻¹	
2.10	49	F	TN	0		6	g m ³ d ⁻¹	
2.10	49	F	TN		1,4		g m ³ d ⁻¹	

Minderung: F = Frachtminderung, S = Saldominderung, D = Düngungsminderung, O = Oberflächenabfluss

Bewertung: 0 = variable oder unsichere Effekte, - = negativer Effekt, + = positiver Effekt

In der Literatur wurden in zahlreichen Studien Maßnahmen beschrieben, die in Deutschland bisher kaum erprobt worden sind. Eine erste Einschätzung hinsichtlich der Praxisreife zeigt, dass der erste Maßnahmenblock unter lokalen Bedingungen erprobt wurde, während von den Maßnahmen, die außerhalb der landwirtschaftlichen Flächen umgesetzt werden, oft keine Messwerte vorliegen, die unter norddeutschen Klimaverhältnissen erhoben wurden.

1.2 Literatur

- 1 Baumgärtel, G., (2009): Nicht am falschen Ende sparen. Landpost, 07.03.2009, 24-28.
- 2 Borin, M., Bonaiti, G. & Giardini, L., (2001): Controlled Drainage and Wetlands to Reduce Agricultural Pollution: A Lysimetric Study. J. Envir. Qual., 30, 1330-1340.
- 3 Brosthaus, G., (2009): Die Schwerkraft nutzen. Landpost, 25.07.2009, 42-44.
- 4 Burchell, M.R., (2003). Practices to Reduce Nitrate-Nitrogen Losses from Drained Agricultural Lands. Publications of the Finnish State Agricultural Research Board, 164, 104 p..
- 5 Büchter, M., Wachendorf, M., Volkens, K., & Taube, F., (2003): Silomaisanbau auf sandigen Böden Norddeutschlands: Einfluss von Untersaat, Gülle- und Mineral-N-Düngung auf den Nitrataustrag. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss., 15: 190-193.
- 6 Cameron, S.G. & Schipper, L.A., (2010): Nitrate removal and hydraulic performance of organic carbon for use in denitrification beds. Ecol. Eng., doi:10.1016/j.ecoleng.2010.03.010.
- 7 Cuttle, S.P., Macleod, C.J.A., Chadwick, D.R., Scholefield D., Haygarth, P. M., Newell-Price, P., D. Harris, D., Shepherd, M.A., Chambers, B.J. & Humphrey, R., (2007): An Inventory of Methods to Control Diffuse Water Pollution from Agriculture (DWPA). Cost Action http://www.cost869.alterra.nl/UK_Manual.pdf
- 8 Deerberg, K.-H., (2008): Ökonomische Aspekte eines effizienten N-Einsatzes. Landpost, 19.1.2008, 23-24.
- 9 De Klein, J., (2008): From ditch to delta - Nutrient retention in running waters. PhD-thesis Wageningen University, Wageningen.
- 10 Diepolder, M., (2006): Auswirkungen zeitlich gestaffelter Güllegaben im Herbst auf Ertrag, Qualität und mögliche Nitratbelastung des Sickerwassers bei Dauergrünland. <http://www.lfl.bayern.de/iab/gruenland/18637/>

- 11 Drury, C.F., Tan, C.S., Reynolds, W.D., Welacky, T.W., Oloya, T.O. & Gaynor, J.D., (2009): Managing tile drainage, subirrigation, and nitrogen fertilization to enhance crop yields and reduce nitrate loss. *J. Environ. Qual.*, 38, 693-1204.
- 12 Evans, R., Gilliam, J.W. & Skaggs, W., (1996): Controlled drainage management guidelines for improving drainage water quality.
<http://www.bae.ncsu.edu/programs/extension/evans/ag443.html>
- 13 Evans, R.O., Bass, K.L., Burchell, M.R., Hinson, R.D., Johnson, R. & Doxey, M., (2007): Management alternatives to enhance water quality and ecological function of channelized streams and drainage canals. *J. Soil & Water Conservation*, 308-320.
- 14 Fier, A., Schäfer, W., Uhlmann, J. & Eiler, T., (2008): Stickstoffdüngung und Grundwasserschutz - Ergebnisse aus dem Feldversuch Thülsfelde.
- 15 Gerth, H. & Matthey, J., (1991): Nährstoffe im Dränwasser. *Betriebswirtschaftliche Mitteilungen*, 441.
- 16 Gumerio, B., Bos, B. & Cornelio, P., (2008): Il Sito Sperimentale "NICOLAS". VENETO AGRICOLTURA.
- 17 Hansen, E. M. & Djurhuus, J. 1997: Nitrate leaching as influenced by soil tillage and catch crop. *Soil Tillage Res.*, 41: 203-219.
- 18 Höper, H., Möller, U., Wienhaus, S. & Schäfer, W., (2008): Untersuchung von organischen Dränfiltermaterialien auf denitrifikativen Nitratabbau und Abbauresistenz. In: Tagung: Bodenbiologische Indikatoren für eine nachhaltige Bodennutzung, 28.-29. Februar 2008, Osnabrück. <http://eprints.dbges.de/30/>
- 19 Hoffmann, C.C., Berg, P., Dahl, M., Larsen, S.E., Andersen, H.E. & Andersen, B., (2006): Groundwater flow and transport of nutrients through a riparian meadow – Field data and modelling. *Journal of Hydrology*, 331, 315-335.
- 20 Hoffmann, C.C., Kaergaard, C., Uusi-Kämppe, J., Bruun Hansen, H.C. & Kronvang, B., (2009): Phosphorus retention in riparian buffers: A review of their efficiency. *J. Environ. Quality*, 38, 1-14.
- 21 Hooker, K.V., Coxon, C.E., Hackett, R., Kirwan, L.E., O'Keefe, E. & Richards, K.G., (2008): Evaluation of cover crops and reduced cultivation for reduced nitrate leaching in Ireland. *J. Environ. Qual.*, 37, 138-145.
- 22 Jaynes, D.B., Kaspar, T.C., Moorman, T.B. & Parkin, T.B., (2008): In Situ Bioreactors and Deep Drain-Pipe Installation to Reduce Nitrate Losses in Artificially Drained Fields. *J. Environ. Qual.*, 37, 429-436.
http://www.hlug.de/twinning/water/dokumente/cp/cp_8/Vortr-Jedlitschka.pdf
- 23 Kladivko, E.J., Frankenberger, J.R., Jaynes, D.B., Meek, D.W., Jenkinson, B.J., & Fausey, N.R., (2004): Nitrate leaching to subsurface drains as affected by drain spacing and changes in crop production system. *J. Environ. Qual.* 33:1803-1813.
- 24 Kowaleswsky, H.-H., (2010): Exakt dosieren und verteilen. *Landpost*, 13.03.2010, 26-29.
- 25 Kröger, R., Holland, M.M., Moore, M.T. & Cooper, C.M., (2007): Hydrological variability and agricultural drainage ditch inorganic nitrogen reduction capacity. *J. Environ. Qual.*, 36, 1646-1652.
- 26 Kronvang, B., Hezlar, J., Boers, P., Jensen, J.P., Behrendt, H., Anderson, T., Arheimer, B., Venohr, M. & Hoffmann, C.C., (2004): *Nutrient Retention Handbook*. Software

- Manual for EUROHRAP-NUTRET and Scientific review on nutrient retention. Oslo, Norway: NIVA, 103 p.
- 27 Lausen, P. & Schmidt-Rechlin, G., (2008): N-Überhänge in Betrieben: Ansätze zur Reduzierung. Landpost, 19.1.2008, 18-21.
- 28 LfL (2010): Erosionsschutz - Aktuelle Herausforderung für die Landwirtschaft. 8. Kulturlandschaftstag.
http://www.lfl.bayern.de/publikationen/daten/schriftenreihe/p_38585.pdf
- 29 Loges, R., Kelm, M. & Taube, F., (2005): Nitrogen balances and nitrate leaching of conventional and organic crop rotations under northern German conditions. 14th Nitrogen Workshop: N management in agrosystems in relation to the Water Framework Directive 24 - 26 October 2005. Maastricht School of Management (MSM) Maastricht, the Netherlands 55.
- 30 LLUR, (2009): Festlegung der Bewirtschaftungsziele zur Reduzierung der Nährstoffbelastung in den Küstenwasserkörpern.
- 31 Maguire, R.O., Crouse, D.A. & Hodges, S.C., (2007): Diet modification to reduce phosphorus surpluses: A mass balance approach. J. Environ. Qual., 36, 1235-1240.
- 32 Mander, Ü., Kuusemets, V., Lõhmus, K. & Muring, T., (1997): Efficiency and dimensioning of riparian buffer zones in agricultural catchments. Ecol. Eng., 8 (4): 299-324.
- 33 Mensching-Buhr, A., (2010): Erfahrungen mit der CULTAN-Düngung im Kreis Uelzen. Vortrag Internationales CULTAN-Symposium, 9.-10. Februar 2010 in Braunschweig.
http://www.jki.bund.de/fileadmin/dam_uploads/PB/cultan/04_MenschingBuhr.pdf
- 34 Mohaupt, V., Rechenberg, J., Richter, S., Schulz, D. & Wolter, R., (2010): Gewässerschutz mit der Landwirtschaft. UBA.
- 35 Moorman, T.B., Parkin, T.B., Kaspar, T.C. & Jaynes, D.B., (2010): Denitrification activity, wood loss, and N₂O emissions over nine years from a woodchip bioreactor. Ecol. Eng., doi:10.1016/j.ecoleng.2010.03.012.
- 36 Nangia, V., Gowda, P.H. & Mulla, D.J., (2010): Effects of changes in N-fertilizer management on water quality trends at the watershed scale. Agric. Water Manage., 97, 1855–1860.
- 37 Obenauf, U., (2009): Stickstoffdüngung zu Wintergetreide 2009 - Teil I-II. Landpost, 28.02.2009, 22-34.
- 38 Osterburg, B. & Runge, T., (Hrsg.) (2007): Maßnahmen zur Reduzierung von Stickstoffeinträgen in Gewässer - eine wasserschutzorientierte Landwirtschaft zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie. Landbauforschung Völkenrode, 307.
- 39 Ott, H. & Taube, F., (1995): Untersaaten im Silomais in Schleswig-Holstein. Bauernblatt für Schleswig-Holstein und Hamburg, 15: 2096-2098.
- 40 Robertson, W.D. & Cherry, J.A., (1995): In situ denitrification of septic-system nitrate using reactive porous media barriers: Field trials. Ground Water, 33, 99–61.
- 41 Robertson, W.D., Blowes, D.W., Ptacek, C.J. & Cherry, J.A., (2000): Longterm performances of in-situ reactive barriers for nitrate remediation. Ground Water, 38, 689-695.

- 42 Robertson, W.D., Vogan, J.L. & Lombardo, P.S., (2008): Nitrate Removal Rates in a 15-Year-Old Permeable Reactive Barrier Treating Septic System Nitrate. *Ground Water Monitoring & Remediation*, 3, 65-72.
- 43 Robertson, W.D. & Merkley, L.C., (2009): In-Stream Bioreactor for Agricultural Nitrate Treatment. *J. Envir. Qual.*, 38, 230-237.
- 44 Robertson, W.D., (2010): Nitrate removal rates in woodchip media of varying age. *Ecol. Eng.*, doi:10.1016/j.ecoleng.2010.01.008.
- 45 Scheffer, B., (1994): Stickstoffumsetzungen in Niedermoorböden. *NNA Berichte* 7 (2): 67-73.
- 46 Schipper, L. & Vojvodic-Vukovic M., (2000): Nitrate removal from groundwater and denitrification rates in a porous treatment wall amended with sawdust. *Ecol. Eng.*, 14, 269-278.
- 47 Schipper, L.A., Barkle, G.F., Hadfield, J.C., Vojvodic-Vukovic, M. & Burgess, C.P., (2004): Hydraulic constraints on the performance of a groundwater denitrification wall for nitrate removal from shallow groundwater. *Journal of Contaminant Hydrology*, 69, 263-279.
- 48 Schipper, L.A., Brakle, G.F. & Vojvodic-Vukovic, M., (2005): Maximum rates of nitrate removal in a denitrification wall. *J. Envir. Qual.*, 34, 1270-1276.
- 49 Schipper, L.A., Robertson, W.D., Gold, A.J., Jaynes, D.B. & Cameron, S.C., (2010): Denitrifying bioreactors - An approach for reducing nitrate loads to receiving waters. *Ecol. Eng.*, doi:10.1016/j.ecoleng.2010.04.008.
- 50 Schlüter, K.D., (2010): Untersuchung bringt Sicherheit. *Landpost*, 27.03.2010, 30-32.
- 51 Schwarz, A., Bischoff, W.-A. & Maier, J., (2010): Fluid Fertilizer Injection and Groundwater Protection – Can CULTAN reduce the Leaching of Nitrate? Vortrag Internationales CULTAN-Symposium, 9.-10 Februar 2010 in Braunschweig. http://www.jki.bund.de/fileadmin/dam_uploads/PB/cultan/17_Schwarz.pdf
- 52 Seidel, K., Kayser, M., Müller, J. & Isselstein, J., (2009): The effect of grassland renovation on soil mineral nitrogen and on nitrate leaching during winter. *J. Plant Nutr. Soil Sci.*, 172, 512-519.
- 53 SEPA, (2009): Agricultural Best Management Practices (BMPs). Scottish Environment Protection Agency. <http://apps.sepa.org.uk/bmp/Default.aspx>
- 54 SERA 17 Organisation to minimize phosphorus losses from agriculture. Series of thirty-two best management practice (BMP) factsheets. http://www.sera17.ext.vt.edu/SERA_17_Publications.htm
- 55 Smeltz, H.L., Evans, R.O., Osmond, D.L. & Jennings, G.D., (2005): Nitrate reduction through controlled drainage & nutrient management plans. ASAE Annual International Meeting.
- 56 Steidl, J., Kalettka, T., Ehlert, V. & Augustin, J., (in prep.): Naturraumangepasste Anlagen zum Rückhalt von Nährstoffen aus den Abflüssen landwirtschaftlicher Dränsysteme. DWA-Themenheft.
- 57 Steinmann, F., (2010): Bewertung der N_{min} -Methode. *Bauernblatt*, 18.12.2010, 13-15.

- 58 Taube, F. & Kelm, M., (Hrsg.) (2007): Wissen, wo man steht. Landwirtschaftliche Produktionssysteme in Schleswig-Holstein: Leistungen und ökologische Effekte. Ergebnisse des Projektes COMPASS. CAU-Broschüre.
- 59 Turtola, E. & Kemppainen, E., (1998): Nitrogen and phosphorus losses in surface runoff and drainage water after application of slurry and mineral fertilizer to perennial grass ley. *Agr. and Food Science*, 7, 569-581.
- 60 Wesström, I. & Messing, I., (2007): Effects of controlled drainage on N and P losses and N dynamics in a loamy sand with spring crops. *Agric. Water Manage.*, 87, 229-240.
- 61 Woli, K.P., David, M.B., Cooke, R.A., Mclsaac, G.F. & Mitchell, C.A., (2010): Nitrogen balance in and export from agricultural fields associated with controlled drainage systems and denitrifying bioreactors. *Ecol. Eng*, doi:10.1016/j.ecoleng. 2010.04.024.