

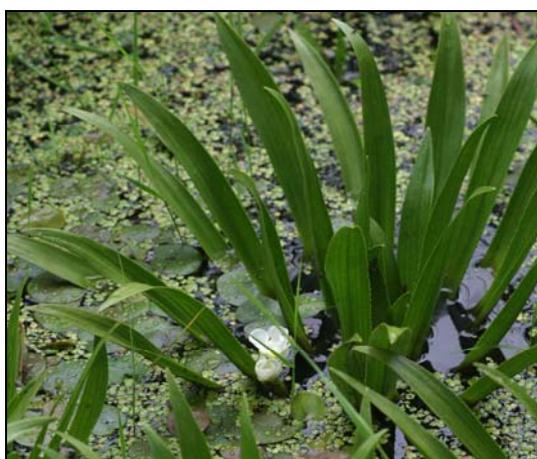
Forschungs- und Kooperationsvorhaben

## Erprobung von Managementmaßnahmen in Bremen zum Erhalt der Krebschere

als Leitart für die ökologisch wertvollen Graben-Grünland-Gebiete  
der Kulturlandschaft Nordwestdeutschlands

### Endbericht 2010

### Teil 1: Textband



gefördert durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU)

## Projektleitung und Herausgeber



Hanseatische Naturentwicklung GmbH  
Kerstin Kunze

## Kooperationspartner



Senator für Umwelt, Bau, Verkehr und Europa  
Andreas Nagler



Hochschule Bremen  
Prof. Dr. Dietmar Zacharias



Bremischer Deichverband am rechten Weserufer  
Dr. Michael Schirmer

## Eingebundene Experten



Arbeitsgemeinschaft Kriebsschere  
Rahel Jordan, Raimund Kesel, Wolfgang Kundel

## Bearbeitung

Rahel Jordan, Raimund Kesel, Wolfgang Kundel

## unter Mitarbeit von

Heiko Brunken, Gerd Weber, Sebastian Werner, Dietmar Zacharias (Hochschule Bremen)

Michael Schirmer (Bremischer Deichverband am rechten Weserufer)

Kerstin Kunze (Hanseatische Naturentwicklung GmbH)

Henrich Klugkist, Andreas Nagler (Senator für Umwelt, Bau, Verkehr und Europa)

Fotos und Abbildungen der Titelseite:

Frank Brüning, Sebastian Werner, Raimund Kesel, die typonauten

**Juli 2010**

**Teil 1: Textband - Inhaltsverzeichnis**

0	Zusammenfassung	1
1	Einleitung	9
1.1	Anlass und Ziel des Forschungs- und Kooperationsvorhabens	9
1.2	Aufbau des Berichtes	11
1.3	Projektpartner	12
1.4	Vorgehensweise	13
2	Charakterisierung der Untersuchungsgebiete und des bisherigen Grabenmanagements	15
2.1	Charakterisierung der Untersuchungsgebiete	15
2.1.1	Naturraum und Boden	15
2.1.2	Landschaftsgeschichte	17
2.1.3	Hydrologische Situation	17
2.1.3.1	Hollerland	18
2.1.3.2	Zentrales Niedervieland	19
2.1.3.3	Werderland	20
2.2	Bedeutung der Erprobungsgebiete als Lebensraum für die Krebssschere	21
2.3	Ökologisches Grabenräumprogramm für Grünlandgräben	21
3	Das Erprobungskonzept	26
3.1	Hypothesen zu den Ursachen des Krebssscherenrückgangs	26
3.2	Arbeitshypothesen zur Ableitung der Erprobungsmaßnahmen und ihrer Wirkungskontrolle	29
3.3	Erprobungskonzept: Zielsetzung, Anforderungen und Grenzen	32
3.3.1	Zielsetzung	32
3.3.2	Anforderungen und Grenzen	33
3.4	Konzept der Wirkungskontrollen	34
3.4.1	Zielsetzung	34
3.4.2	Probestrecken und Probestellen	35
4	Beschreibung der Erprobungsmaßnahmen und ihrer Umsetzung	38
4.1	Übersicht über die Erprobungsmaßnahmen	38
4.2	Maßnahmen zur Optimierung der technischen Geräte zur Grabenräumung	40
4.2.1	Übersicht	40
4.2.2	Recherche und Bewertung der auf dem nordwesteuropäischen Markt verfügbaren Grabenräumgeräte	40
4.2.3	Optimierung vorhandener Geräte	44
4.2.4	Test eines alternativen Grabenräumgerätes	44
4.3	Maßnahmen zur Optimierung der Räumethodik	48

4.3.1	Übersicht-----	48
4.3.2	Intensivierung der Räumung durch Erhöhung der Schlamm-entnahme -----	48
4.3.3	Verschiebung der Grabenräumung in den Spätsommer und Vergleich mit der Herbst- räumung-----	49
4.3.4	Räumung von Gräben in unterschiedlichen Sukzessionsstadien-----	49
4.3.5	Festlegung veränderter Räumrhythmen -----	49
4.4	Maßnahmen zur Optimierung der Stabilität und Ausbreitung der Krebscheren-----	50
4.4.1	Übersicht-----	50
4.4.2	Anlage und Nutzung von gebietsspezifischen Krebscheren-Depot- und Spender- gewässern-----	50
4.4.3	Entwicklung neuer Geräte für Entnahme und Transport von Krebscheren -----	51
4.4.4	Durchführung von Verpflanzungen und Beimpfungen-----	53
4.4.5	Einbringung von Pflanzen in eingeschlechtliche Bestände-----	54
4.5	Maßnahmen zur Optimierung der Gewässerqualität und des Wasserhaushaltes-----	54
4.5.1	Übersicht-----	54
4.5.2	Anlage von Röhricht-Klärstrecken -----	54
4.5.3	Einrichtung von Grundwasserpumpen-----	55
4.5.4	Abdämmung von Gräben -----	57
5	Beschreibung der maßnahmenbegleitenden Wirkungskontrollen und der Ergebnisse --	59
5.1	Übersicht über die durchgeführten Wirkungskontrollen sowie die Auswertung externer Daten-----	59
5.2	Übersicht über die Methoden der Datenanalyse und Darstellungen -----	61
5.3	Wirkungskontrolle Grabenvegetation-----	64
5.3.1	Erfassung der Verbreitung, Phänologie, Geschlechterverteilung und Produktivität der Krebschere -----	64
5.3.1.1	Die Verbreitung der Krebschere in den Erprobungsgebieten-----	64
5.3.1.2	Die Krebscherenphänologie im Jahresverlauf-----	65
5.3.1.3	Geschlechterverteilung in den Erprobungsgebieten-----	68
5.3.1.4	Die Produktivität der Krebschere -----	70
5.3.1.5	Zusammenfassung der Ergebnisse zur Wirkungskontrolle der Grabenvegetation -----	71
5.3.2	Erfassung der Krebscherenbestände in den Probestrecken -----	72
5.3.2.1	Wirkungskontrolle: Entwicklung der natürlichen Krebscherenbestände	72
5.3.2.2	Wirkungskontrolle: Entwicklung der Krebscheren-Beimpfungs- bestände -----	79
5.3.2.3	Zusammenfassung der Ergebnisse zur Entwicklung der natürlichen Krebscherenbestände und der Beimpfungsbestände -----	95
5.3.3	Wirkungskontrolle: Erfassung der Vegetation in den Probestrecken -----	97
5.3.3.1	Zielsetzung -----	97
5.3.3.2	Untersuchungszeitraum und -methode -----	97
5.3.3.3	Ergebnisse-----	97
5.3.3.4	Zusammenfassung der Ergebnisse zur Entwicklung der Grabenvegetation -----	106

5.3.4	Genetische Untersuchungen	106
5.3.4.1	Zielsetzung	106
5.3.4.2	Ergebnisse	106
5.3.4.3	Zusammenfassung der Ergebnisse zur genetischen Diversität	108
5.4	Wirkungskontrolle Gewässerqualität, Grabenmorphologie und Wasserhaushalt	109
5.4.1	Erfassung der chemisch-physikalischen Gewässerparameter	109
5.4.1.1	Zielsetzung	109
5.4.1.2	Durchführung	109
5.4.1.3	Ergebnisse	112
5.4.1.4	Zusammenfassung der Ergebnisse zur Gewässerqualität	130
5.4.2	Wirkungskontrolle: Erfassung der morphologischen Gewässerparameter	130
5.4.2.1	Zielsetzung	130
5.4.2.2	Durchführung	130
5.4.2.3	Ergebnisse	131
5.4.2.4	Zusammenfassung der Ergebnisse zu den morphologischen Gewässerparametern	132
5.4.3	Analyse externer Daten zur Gewässer- und Grundwasserqualität	132
5.4.3.1	Zielsetzung	132
5.4.3.2	Durchführung	133
5.4.3.3	Ergebnisse	133
5.4.4	Untersuchungen zum Einfluss des Grabensedimentes und des Porenwassers im Schlamm	152
5.4.4.1	Durchführung und Ergebnisse	152
5.4.4.2	Zusammenfassung der Ergebnisse zum Einfluss des Grabensedimentes und des Porenwassers im Schlamm	156
5.5	Wirkungskontrolle der Grabenfauna	156
5.5.1	Erfassung der Grabenfische	156
5.5.1.1	Zielsetzung	156
5.5.1.2	Durchführung	157
5.5.1.3	Ergebnisse	158
5.5.1.4	Zusammenfassung der Ergebnisse zu den Auswirkungen der Maßnahmen auf die Fischfauna	179
5.5.2	Wirkungskontrolle ausgewählter Libellenarten	180
5.5.2.1	Zielsetzung	180
5.5.2.2	Durchführung	180
5.5.2.3	Ergebnisse	182
5.5.2.4	Zusammenfassung der Ergebnisse zur Wirkungskontrolle ausgewählter Libellenarten	184
6	Diskussion und Bewertung	185
6.1	Diskussion der Erprobungsmaßnahmen und ihrer Auswirkungen	185
6.1.1	Einfluss der Intensität der Grabenräumung	186
6.1.2	Einfluss des Räumzeitpunktes im Jahr	187
6.1.3	Einfluss des Beimpfungszeitpunktes im Jahr	187
6.1.4	Einfluss der unterschiedlichen Sukzessionsstadien der Gräben zum Zeitpunkt der Räumung	187

6.1.5	Einfluss der Stauhaltung (Wasserstände) und Gewässerdynamik -----	188
6.1.6	Einfluss eines erhöhten Grundwasserzuflusses durch die Installation von Grundwasserpumpen-----	189
6.1.7	Einfluss der Röhricht-Klärstrecken auf die Qualität des Zuwässerungswassers-	189
6.1.8	Einfluss verschiedener Beimpfungsmaßnahmen auf die Bestandsstabilität und sexuelle Fortpflanzung der Krebschere-----	190
6.1.9	Einfluss des Grabensedimentes und des Porenwassers im Schlamm -----	190
6.2	Überprüfung der Hypothesen über die Ursachen zum Bestandsrückgang der Krebschere sowie der abgeleiteten Arbeitshypothesen -----	191
7	Ableitung von Handlungsempfehlungen für das Grabenmanagement zum Erhalt der Krebschere -----	197
7.1	Leitfaden zur ökologischen Grabenunterhaltung -----	197
7.2	Check-Liste -----	197
7.2.1	Arbeitshilfe zur ökologisch ausgerichteten Grabenräumung -----	197
7.2.2	Ergänzende Maßnahmen-----	199
7.2.3	Begleitende Maßnahmen -----	199
7.2.4	Perspektivische Maßnahmen -----	199
8	Hinweise zur Umsetzung einer naturverträglichen Grabenunterhaltung und mögliche Finanzierungsinstrumente-----	201
8.1	Hinweise zur Organisation und Umsetzung der ökologischen Grabenräumung-----	201
8.2	Finanzierungsmöglichkeiten -----	201
9	Vermittlung der Ergebnisse durch eine aktive Presse- und Öffentlichkeitsarbeit -----	203
9.1	Pressearbeit -----	203
9.2	Ausstellungen, Events -----	205
9.3	Exkursionen -----	208
9.4	Website -----	210
9.5	Tagungen -----	211
9.6	Projekt- und Abschlussarbeiten der Hochschule Bremen -----	214
9.7	Leitfaden zur ökologischen Grabenunterhaltung -----	216
9.8	Publikation eines Fachartikels-----	217
10	Reflexion und Ausblick-----	218
11	Quellenverzeichnis-----	226

## Teil 2: Anhang

- Karten (Verzeichnis s. u.)
- Anhang zur Öffentlichkeitsarbeit
- Leitfaden zur ökologisch verträglichen Unterhaltung von Marschengräben

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Grünlandgraben mit Krebscherenpflanzen. ....	9
Abb. 2: Vorgehensweise zur Erprobung der Maßnahmen. ....	14
Abb. 3: Grabenräumgebiete in Bremen. ....	22
Abb. 4: Aufbau einer Probestrecke .....	36
Abb. 5: Ditch digging and cleaning machine .....	43
Abb. 6: Historische Grabenschrauben. ....	43
Abb. 7: Mähkorb mit eingelegetem Lochblech und beim Entschlammungs-Einsatz .....	44
Abb. 8: Der Vijzelslootreiniger beim Einsatz zur Grabenprofilierung .....	45
Abb. 9: Der Vijzelslootreiniger in Transportstellung und dessen Arbeitsbreite. ....	45
Abb. 10: Der Schraubenräumer beim Einsatz am Kuhgrabenfleet und am Graben Nr. 20. ....	47
Abb. 11: Depotgewässer im Niedervieland kurz nach dem Eintrag der Krebscheren. ....	51
Abb. 12: Der Krebscherenpflücker bei der Arbeit .....	52
Abb. 13: Beladung eines Transportcontainers mit dem Krebscherenpflücker. ....	53
Abb. 14: Röhrichklärstrecke in den Probestrecken HL029 und HL031 .....	55
Abb. 15: Die Brunnenbauer beim Spülen des Grundwasserbrunnens an der Probestrecke 047 im Hollerland und die Pumpenstation an der Probestrecke HL004. ....	56
Abb. 16: TBP Solarwidder LJ10 und die neue LJ108-S. ....	56
Abb. 17: Skizze der Stautafel und Einbauort im Niedervieland (Graben A8) .....	57
Abb. 18: Beispielgrafiken Mittelwert und Standardabweichung .....	61
Abb. 19: Beispielgrafik Box-Whisker .....	62
Abb. 20: Beispielgrafik Diskriminanzanalyse .....	63
Abb. 21: Austreibende Turionen und Ableger der Krebschere. ....	66
Abb. 22: Überwinterungs-, Auftauch- und Produktionsphase der Krebschere. ....	67
Abb. 23: Phänologischer Jahreszyklus der Krebschere im Bremer Verbreitungsgebiet. ....	68
Abb. 24: Abfolge der Blühphänologie der Krebschere. ....	69
Abb. 25: Männlicher Krebscherenbestand im Hollerland. ....	70
Abb. 26: Anzahl der Ableger- und Turionen bei Krebscherenpflanzen mit und ohne Samenstände. ....	71
Abb. 27: Ausbeute an Ablegern, Samenkapseln und Turionen einer Krebscherenstichprobe. ....	71
Abb. 28: Natürliche Krebscherenbestände im Hollerland (Prstr. HL001 und Prstr. HL024). ....	72
Abb. 29: Entwicklung der natürlichen Krebscherenbestände in den Probestrecken des Werderlands im Vergleich der verschiedenen Räummaßnahmen. ....	74
Abb. 30: Entwicklung der vorhandenen natürlichen Krebscherenbestände in den Probestrecken des Hollerlands und des Niedervielands. ....	75
Abb. 31: Krebscherengraben in der Optimalphase (WL017) im Sommer 2007 und bei der Spätsommer-Normalräumung 2008 (11. Sept.) mit Rücksetzen von Teilbeständen. ....	75
Abb. 32: Entwicklung der Krebscheren-Dominanz in den verschiedenen Verlandungsstadien nach den Erprobungsmaßnahmen. ....	76
Abb. 33: Entwicklungsmodell für Krebscherengräben aus den Daten des Vergleichsgebiets Werderland und den Kontrollgräben des Hollerlandes. ....	77

Abb. 34: Modell für den Zusammenbruch und den (Wieder-)Aufbau von Krebscherebeständen durch Verlandung und nach Störungen. ....	78
Abb. 35: Vergleich eines optimalen Krebschere-Grabens im Werderland mit der Ausgangssituation in 2007. ....	78
Abb. 36: Krebschere-Graben in der Optimalphase als Werderland-Kontrollgraben mit nahezu unverändertem Phänotyp von 2007 bis 2009 (WL029, 18. Aug. 2009).....	79
Abb. 37: Beispiele für Beimpfungsbestände im Hollerland (Prstr. HL103, Normalräumung und Beimpfung Herbst 2008 / Prstr. HL019, Intensivräumung und Beimpfung Herbst 2007).....	80
Abb. 38: Dominanzentwicklung der Beimpfungsbestände in den Probestrecken der verschiedenen Räummaßnahmen im Hollerland. ....	81
Abb. 39: Dominanz-Entwicklung der Beimpfungsbestände nach den verschiedenen Räummaßnahmen im Hollerland. ....	82
Abb. 40: Dominanzentwicklung der Beimpfungsbestände nach den verschiedenen Beimpfungsterminen. ....	82
Abb. 41: Dominanz-Entwicklung der Beimpfungsbestände 2007-09 im Hollerland in den verschiedenen Verlandungsstadien vor den Maßnahmen. ....	83
Abb. 42: Entwicklungsmodell der verschiedenen Beimpfungsmaßnahmen im Hollerland. ....	84
Abb. 43: Dominanzentwicklung der Beimpfungsbestände in den Probestrecken der verschiedenen Räummaßnahmen im Niedervieland.....	85
Abb. 44: Dominanz-Entwicklung der Beimpfungsbestände nach den verschiedenen Räummaßnahmen im Niedervieland. ....	86
Abb. 45: Dominanz-Entwicklung der Beimpfungsbestände 2007-09 im Niedervieland in den verschiedenen Verlandungszuständen vor den Räummaßnahmen.....	86
Abb. 46: Verlandender Krebscheregraben vor der Intensivräumung im Herbst 2007 (WL022, 17. Aug.) und im zweiten Jahr (21. Aug. 2009) mit starker Regeneration von Krebschere und hoher Beteiligung von Pionierröhrichten (Pfeilkraut, Igelkolben etc.).....	87
Abb. 47: Entwicklungsmodell der verschiedenen Beimpfungsmaßnahmen im Niedervieland. ....	87
Abb. 48: Die Krebscherebestände in den Probestrecken der beiden Grundwassereinleitungen im Hollerland (Prstr. HL004 links, natürlicher Bestand / Prstr. HL047 rechts, Beimpfungsbestand Herbst 2007, im August 2009).....	88
Abb. 49: Dominanz-Entwicklung der Beimpfungsbestände in den Wassermaßnahmen im Hollerland. ....	88
Abb. 50: Ergebnis der Diskriminanzanalyse der Wassermaßnahmen (WG, WR/WK) im Hollerland im Vergleich zum Gesamtgebiet (WØ). ....	89
Abb. 51: Vergleich der Wasserparameter Chlorid und Calcium (Sommerwerte 2007, 2008 und 2009) in den Probestrecken der Wassermaßnahmen des Hollerlands. ....	90
Abb. 52: Die Röhrichtklärstrecke HL033 im August 2009 (links der Röhrichtpfropfen, Mitte der Beimpfungsbestand vor der Klärstrecke, rechts der Beimpfungsbestand nach der Klärstrecke. ....	90
Abb. 53: Vergleich der Wasserparameter Sulfat und Hydrogencarbonat (Sommerwerte 2007, 2008 und 2009) in den Probestrecken der Wassermaßnahmen des Hollerlands.....	91
Abb. 54: Zu- und Abnahme der Beimpfungsbestände in den Wassermaßnahmen im Niedervieland..	92
Abb. 55: Ergebnis der Diskriminanzanalyse der Wassermaßnahmen (WG, WA) im Niedervieland im Vergleich zum Gesamtgebiet (WØ). ....	93
Abb. 56: Vergleich der Wasserparameter Leitfähigkeit und Chlorid (Sommerwerte 2007, 2008 und 2009) in den Probestrecken der Wassermaßnahmen des Niedervielands. ....	93
Abb. 57: Vergleich der Wasserparameter Sulfat und Nitrat (Sommerwerte 2007, 2008 und 2009) in den Probestrecken der Wassermaßnahmen des Niedervielands.....	94

Abb. 58: Trocken gefallene Krebschierenbestände in der Abdämmungsmaßnahme (Prstr. NV026).	94
Abb. 59: Charakterisierung der drei Untersuchungsgebiete mittels einer Diskriminanzanalyse der Vegetationsdaten.	98
Abb. 60: Charakterisierung der drei Untersuchungsgebiete mittels einer Diskriminanzanalyse der Wasserparameterdaten.	99
Abb. 61: Ergebnis der Diskriminanzanalyse der Vegetationsdaten im Vergleich der Gebiete und Jahre mit Entwicklungsrichtung	100
Abb. 62: Ergebnis der Diskriminanzanalyse der Wasserparameter für die 3 Probegebiete und Untersuchungsjahre mit Entwicklungsrichtung	101
Abb. 63: Ergebnis der Diskriminanzanalyse von Vegetation und Räummaßnahmen im Hollerland.	102
Abb. 64: Ergebnis der Diskriminanzanalyse der Wasserparameter in den verschiedenen Räummaßnahmen des Hollerlands.	102
Abb. 65: Ergebnis der Diskriminanzanalyse von Vegetation und Räummaßnahmen im Niedervieland.	103
Abb. 66: Ergebnis der Diskriminanzanalyse der Wasserparameter in den beiden Räummaßnahmen des Niedervielands mit Wasserparametererfassungen.	103
Abb. 67: Nahezu vollständiger Ausfall von Pflanzungen in Wasserlinsen-Graben im Niedervieland (NV009) teilweise mit fraßgeschädigten, submersen Individuen (16. Sept. 2008).	104
Abb. 68: Ergebnis der Diskriminanzanalyse von Vegetation und Räummaßnahmen im Werderland.	105
Abb. 69: Ergebnis der Diskriminanzanalyse der Wasserparameter in den verschiedenen Räummaßnahmen des Werderlands.	105
Abb. 70: Neighbor-joining Dendrogram von 28 Proben von <i>Stratiotes aloides</i>	108
Abb. 71: Wasserprobenentnahme	110
Abb. 72: Jahresverlauf der Leitfähigkeitsmessungen im Hollerland	113
Abb. 73: Jahresverlauf der Leitfähigkeitsmessungen im Werderland	113
Abb. 74: Jahresverlauf der Leitfähigkeitsmessungen im Niedervieland	114
Abb. 75: Jahresverlauf der Chloridgehalte im Hollerland	115
Abb. 76: Jahresverlauf der Chloridgehalte im Werderland	116
Abb. 77: Jahresverlauf der Chloridgehalte im Niedervieland	116
Abb. 78: Jahresverlauf der mittleren Eisengehalte (gelöst) im Vergleich aller drei Untersuchungsgebiete	117
Abb. 79: Jahresverlauf des gelösten Eisen im Hollerland	117
Abb. 80: Jahresverlauf des gelösten Eisen im Werderland	118
Abb. 81: Jahresverlauf des gelösten Eisen im Niedervieland	118
Abb. 82: Jahresverlauf der Sulfatgehalte im Hollerland	119
Abb. 83: Jahresverlauf der Sulfatgehalte im Werderland	119
Abb. 84: Jahresverlauf der Sulfatgehalte im Niedervieland	119
Abb. 85: Jahresverlauf der Phosphatgehalte im Hollerland	120
Abb. 86: Jahresverlauf der Phosphatgehalte im Werderland	120
Abb. 87: Jahresverlauf der Phosphatgehalte im Niedervieland	121
Abb. 88: Jahresverlauf der Ammoniumwerte im Hollerland	121
Abb. 89: Jahresverlauf der Ammoniumwerte im Werderland	122
Abb. 90: Jahresverlauf der Ammoniumwerte im Niedervieland	122

Abb. 91: Jahresverlauf der Nitratgehalte im Hollerland.....	123
Abb. 92: Jahresverlauf der Nitratgehalte im Werderland .....	123
Abb. 93: Jahresverlauf der Nitratgehalte im Niedervieland .....	123
Abb. 94: Jahresverlauf der Hydrogencarbonatwerte im Hollerland.....	124
Abb. 95: Jahresverlauf der Hydrogencarbonatwerte im Werderland .....	124
Abb. 96: Jahresverlauf der Hydrogencarbonatwerte im Niedervieland.....	125
Abb. 97: Sulfatgehalt in allen Gräben und Krebscherengräben (ab 90 % Deckung der Art) im Hollerland.....	129
Abb. 98: Gehalt an gelöstem Eisen in allen Gräben und Krebscherengräben (ab 90 % Deckung der Art) im Hollerland.....	129
Abb. 99: Klimadiagramm für Bremen im Untersuchungszeitraum 2007-2009.....	134
Abb. 100: Wasserstandsverlauf im Schelenkampsfleet am Stau zum Kuhgraben (blaue Kurve, Tagesmittel, linke Skala, in cm ü. NN) und Zuwässerungsmengen (rote Kurve, Tagessummen, rechte Skala, in cbm) aus der Wümme ins Hollerland.....	135
Abb. 101: Verlauf des Grundwasserpegels in der Grundwassermessstelle im Südwesten des Hollerlands.....	136
Abb. 102: Verteilung der angenommenen Trockenfallperioden im Hollerland (GWS <0,25 m ü. NN) in den Jahren 1975 bis 2007.....	137
Abb. 103: Entwicklung der Gewässergüte-Parameter Eisen (Fe), Leitfähigkeit (LF) und gelöster organischer Kohlenstoff (DOC) an der Messstelle Schelenkampsfleet im Hollerland in den Jahren 1995 bis 2007.....	138
Abb. 104: Verlauf der Parameter Leitfähigkeit, Chlorid (Cl) und Sulfat (SO <sub>4</sub> ) im Grundwasser des Hollerlands (Messstelle FLB434D) in den Jahren 1997 bis 2007.....	139
Abb. 105: Verlauf der Messparameter Natrium (Na), Calcium (Ca), Hydrogencarbonat (HCO <sub>3</sub> ) (alle linke Skala), Magnesium (Mg), Kalium (K), Mangan (Mn) und Eisen (Fe) (alle rechte Skala) im Grundwasser des Hollerlands (Messstelle FLB 434D).....	140
Abb. 106: Messergebnisse im Vergleich der 6 Hauptfaktoren Leitfähigkeit (LF), Eisen (Fe), DOC, Nitrat (NO <sub>3</sub> -N), Ammonium (NH <sub>4</sub> -N) und Phosphat (PO <sub>4</sub> -P-ORTHO) in den Zuwässerungsquellen Lesum (Sperrwerk, Daten 1995-2007), Wümme (Kuhziel, Daten 1995-2007) und Ochtrum (Köhlerbrücke, Daten 2000-2008).....	141
Abb. 107: Verlauf der Grundwasserstände [m ü. NN] an der Messstelle 63 Weißenfeldstraße zw. 1964 und 2007.....	142
Abb. 108: Entwicklung der Gewässergüte-Parameter Eisen (Fe), Leitfähigkeit (LF) und gelöster organischer Kohlenstoff (DOC) an der Messstelle Reepenfleet im Niedervieland in den Jahren 1995 bis 2007.....	142
Abb. 109: Verlauf der Parameter Leitfähigkeit, Chlorid (Cl) und Sulfat (SO <sub>4</sub> ) im Grundwasser des Niedervielands (Messstelle FLB616) in den Jahren 1997 bis 2007.....	143
Abb. 110: Verlauf der Messparameter Natrium (Na), Hydrogencarbonat (HCO <sub>3</sub> ), Calcium (Ca), Magnesium (Mg), Kalium (K), Mangan (Mn) und Eisen (Fe) im Grundwasser des Niedervielands (Messstelle FLB 616) in den Jahren 1997 bis 2007.....	144
Abb. 111: Entwicklung der Wasserparameter Leitfähigkeit, Sulfat und Gesamt-Phosphor in Gräben im Umkreis der Baggergutdeponie Seehausen zwischen 1998 und 2003.....	145
Abb. 112: Entwicklung der Wasserparameter Leitfähigkeit, Sulfat und Gesamt-Phosphor im Hilfspumpwerk, dessen Wasser ins Reepenfleet und damit ins Bewässerungssystem des Niedervielands abgeschlagen wird.....	146
Abb. 113: Verlauf der Grundwasserstände an der Messstelle 243 im Werderland in den Jahren 1993 bis 2007.....	147

Abb. 114: Entwicklung der Gewässergüte-Parameter Eisen (Fe), Leitfähigkeit (LGF) und gelöster organischer Kohlenstoff (DOC) an der Messstelle Mittelfleet im Werderland in den Jahren 1995 bis 2007. (keine Messung 2007 wegen Nichtbefahrbarkeit).....	148
Abb. 115: Messergebnisse der Parameter Leitfähigkeit, Chlorid (Cl) und Sulfat (SO <sub>4</sub> ) im Grundwasser des Werderlands (Messstelle G4). Zwischen 2001 und 2006 wurden keine Messungen durchgeführt. ....	149
Abb. 116: Verlauf der Messparameter Natrium (Na), Hydrogencarbonat (HCO <sub>3</sub> ), Calcium (Ca), Magnesium (Mg), Kalium (K), Mangan (Mn) und Eisen (Fe) im Grundwasser des Werderlands (Messstelle G4).....	149
Abb. 117: Wassergehalt der Schlammproben .....	153
Abb. 118: Glühverlust der Schlammproben .....	153
Abb. 119: Sulfid-Konzentrationen in den drei Untersuchungsgebieten. ....	153
Abb. 120: Ammonium-Konzentrationen im Porenwasser in den drei Untersuchungsgebieten. ....	154
Abb. 121: Phosphat-Konzentrationen im Porenwasser in den drei Untersuchungsgebieten. ....	155
Abb. 122: Hydrogencarbonat im Porenwasser in den drei Untersuchungsgebieten. ....	155
Abb. 123: Bilder vom Pressetermin am 19.11.2007 im NSG "Westliches Hollerland".....	204
Abb. 124: Bilder vom Stand der Hanseatischen Naturentwicklung bei der Auftaktveranstaltung zur "Zauberhaften Vielfalt" am 04.04.2008 auf dem Marktplatz in Bremen.....	206
Abb. 125: Bilder von der Sonderkonferenz der Umweltminister (UMK) am 07.05.2008 in Mainz .....	207
Abb. 126: Bilder vom Stand bei der „Expo der Vielfalt“ im Rahmen der 9. Vertragsstaatenkonferenz zum Erhalt der biologischen Vielfalt vom 19. bis 30. Mai 2008 in Bonn.....	208
Abb. 127: Bilder von der Exkursion „Vielfalt im Bremer Graben - erfahren, gestalten, erleben“ am 29. August 2008 im Hollerland.....	209
Abb. 128: Workshop und Exkursion mit niederländischen Kollegen von der Radboud University Nijmegen im Bremer Werderland 2009. ....	209
Abb. 129: Startseite der Homepage des Krebscheren-Forschungsprojektes unter <a href="http://www.krebsschere-bremen.de">www.krebsschere-bremen.de</a> .....	210
Abb. 130: Bilder von der Fachtagung „Naturverträgliche Gewässerunterhaltung“ bei der NNA in Schneverdingen im September 2008. ....	211
Abb. 131: Bilder des Informationstages Krebschere und Grabenräumung am 02. Oktober 2009 in Bremen.....	212
Abb. 132: Bilder der Abschlusstagung am 05. und 06. Mai 2010 in Bremen. ....	213
Abb. 133: Die Teilnehmer der Krebscherenprojekt-Arbeitsgruppe der Hochschule Bremen, die auf der Internationalen Tagung "Plant Population Biology 2010 Crossing Borders" an der Universität Nijmegen in den Niederlanden Ergebnisse aus dem Bremer Projekt vorgestellt haben.....	214
Abb. 134: Deckblatt des Leitfadens zur ökologischen Grabenunterhaltung. ....	217

## Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Aufgaben und Ansprechpartner der Projektpartner .....	12
Tab. 2: Definition der zu erfassenden Verlandungsstadien bei der Ökologischen Grabenschau in Bremen .....	23
Tab. 3: Liste der durchgeführten Maßnahmen und zugehöriger Sukzessionsstadien .....	34
Tab. 4: Verteilung der Probestrecken Elektrofischerei (geplant und realisiert) auf die Räumungs- und Wassermaßnahmen in den 3 Erprobungsgebieten. ....	37
Tab. 5: Verteilung ergänzender Probestrecken Elektrofischerei und Aushubkontrollen im Jahr 2008 und 2009 in den 3 Erprobungsgebieten. ....	37
Tab. 6: Abkürzungen der Erprobungsmaßnahmen. ....	38
Tab. 7: Übersicht zu allen Erprobungsmaßnahmen. ....	39
Tab. 8: Übersicht über die Maßnahmen zur Optimierung der technischen Geräte zur Grabenräumung. ....	40
Tab. 9: Zusammenstellung der verfügbaren Grabenräumgeräte und ihre Vor- und Nachteile aus Sicht der Landwirtschaft und des Naturschutzes. Quelle: Landratsamt Ravensburg 1995.....	42
Tab. 10: Übersicht über die Maßnahmen zur Optimierung der Räummethode .....	48
Tab. 11: Übersicht über die Maßnahmen zur Optimierung der Stabilität und Ausbreitung der Krebschere .....	50
Tab. 12: Übersicht über die Spendergewässer .....	50
Tab. 13: Art und Anzahl der in den Probestrecken durchgeführten Beimpfungsmaßnahmen. ....	53
Tab. 14: Übersicht über die Maßnahmen zur Optimierung der Gewässerqualität und des Wasserhaushalts. ....	54
Tab. 15: Laufzeiten und Förderleistungen der Grundwasserpumpen.....	57
Tab. 16: Übersicht zu den Wirkungskontrollen und zur Auswertung externer Daten. ....	59
Tab. 17: Messdurchgänge, Parameter (CP= chemische Parameter, LF = Leitfähigkeit) und Zeitpunkt der Beprobung differenziert nach Untersuchungsgebieten.....	109
Tab. 18: Analyseverfahren zur Bestimmung der chemisch-physikalischen Gewässerparameter .....	111
Tab. 19: Einstufung der Gebiete anhand der Güteklassen Fließgewässer nach LAWA (1998) für die Gräben der drei Untersuchungsgebiete .....	126
Tab. 20: Erläuterung der Güteklassen Fließgewässer nach LAWA (1998) .....	126
Tab. 21: Durchschnittliche Grabenbreite, Gewässer- und Sedimenttiefe an untersuchten Graben-Probestrecken im Hollerland (HL), Werderland (WL) und Niedervieland (NV).....	132
Tab. 22: Liste der verfügbaren Datensätze zum Wasserhaushalt. ....	133
Tab. 23: Jahreszuwässerungsmengen ins Hollerland.....	136
Tab. 24: Güteklassen der LAWA für Gesamt-Phosphor, ortho-Phosphat-Phosphor/ortho-Phosphat, Sulfat und Nitrat-Stickstoff/Nitrat in Oberflächengewässern. ....	145
Tab. 25: Zusammenfassende Bewertung der hydrologischen Gebietsdaten .....	151
Tab. 26: Untersuchungszeiträume der Elektrofischereien im Sommer 2008 und 2009 sowie der Aushubkontrollen während der Grabenräumungen im Sommer und Herbst 2008 in den drei Untersuchungsgebieten Hollerland, Werderland und Niedervieland. ....	157
Tab. 27: Erfasste Fischarten in den Gräben der drei Untersuchungsgebiete Hollerland, Werderland und Niedervieland in den Untersuchungsjahren 2008 und 2009.....	159
Tab. 28: Erfasste Fischarten in den drei Untersuchungsgebieten Hollerland, Werderland und Niedervieland in den Jahren 2008 und 2009 (ohne Fleete).....	160

Tab. 29: Erfasste Fischarten in Fleeten der drei Untersuchungsgebiete Hollerland, Werderland und Niedervieland in den Jahren 2008 und 2009. ....	163
Tab. 30: Erfasste Fischarten bei Aushubkontrolle bei Grabenräumungen im Hollerland und Werderland im Sommer und Herbst 2008. ....	164
Tab. 31: Erfasste Fischarten in Gräben im Hollerland, Herbst 2008. ....	164
Tab. 32: Vergleich der erfassten Fischfauna im Sommer 2008 und 2009 an Gräben, an denen die Maßnahme Räumung normal Herbst 2007 (RNH) durchgeführt worden ist. ....	165
Tab. 33: Vergleich der erfassten Fischfauna im Sommer 2008 und 2009 an Gräben, an denen die Maßnahme Räumung intensiv Herbst 2007 (RIH) durchgeführt worden ist. ....	168
Tab. 34: Vergleich der erfassten Fischfauna im Sommer 2008 und 2009 an Gräben, an denen die Maßnahme Räumung normal Sommer 2008 (RNS) durchgeführt worden ist. ....	170
Tab. 35: Vergleich der erfassten Fischfauna im Sommer 2008 und 2009 an Gräben, an denen die Maßnahme Räumung intensiv Sommer 2008 (RIS) durchgeführt worden ist. ....	171
Tab. 36: Vergleich der erfassten Fischfauna im Sommer 2008 und 2009 an Gräben, an denen die Maßnahme Räumung normal Herbst 2008 (RNH2) durchgeführt worden ist. ....	172
Tab. 37: Vergleich der erfassten Fischfauna im Sommer 2008 und 2009 an Gräben, an denen die Maßnahme Räumung intensiv Herbst 2008 (RIH2) durchgeführt worden ist. ....	172
Tab. 38: Vergleich der erfassten Fischfauna im Sommer 2008 und 2009 an Gräben, an denen die Maßnahme Keine Räumung / Kontrolle (RKK) durchgeführt worden ist. ....	173
Tab. 39: Vergleich der erfassten Fischfauna im Sommer 2008 und 2009 an Gräben, an denen die Wassermaßnahme Grundwasserbrunnen (WG) durchgeführt worden ist. ....	175
Tab. 40: Vergleich der erfassten Fischfauna im Sommer 2008 und 2009 an Gräben, an denen die Wassermaßnahme Röhrichtklärstrecke (WR) durchgeführt worden ist. ....	176
Tab. 41: Vergleich der erfassten Fischfauna im Sommer 2008 und 2009 an Gräben, an denen die Wassermaßnahme Grabenabdämmung (WA) durchgeführt worden ist. ....	177
Tab. 42: Prozentuale Verschlechterung der vier Parameter Individuen- und Artenzahl sowie Anzahl (n) der Schlammpeitzger und Steinbeißer in Abhängigkeit der verschiedenen Erprobungsmaßnahmen. ....	177
Tab. 43: Kurzcharakterisierung der Probegräben für die Erfassung der Grünen Mosaikjungfer im Werderland 2009. ....	181
Tab. 44: Ergebnisse der Erfassung der Grünen Mosaikjungfer an 12 Probegräben im Werderland 2009. ....	182
Tab. 45: Zusammenfassende Bewertung der Erprobungsmaßnahmen hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf die Krebschere, die Grabenvegetation, die Grabenfische und die Grüne Mosaikjungfer. ....	185

## Verzeichnis der Karten in Teil 2: Anhang

Karte 1: Übersicht zur Lage der Erprobungsgebiete Hollerland, Niedervieland und Werderland.

Karte 2: Hydrologische Situation im Hollerland.

Karte 3: Hydrologische Situation im Niedervieland.

Karte 4: Hydrologische Situation im Werderland.

Karte 5: Lage der Probestrecken und Probestellen zur Wirkungskontrolle der Maßnahmen im Hollerland.

- Karte 6: Lage der Probestrecken und Probestellen zur Wirkungskontrolle der Maßnahmen im Niedervieland.
- Karte 7: Lage der Probestrecken und Probestellen zur Wirkungskontrolle der Maßnahmen im Werderland.
- Karte 8: Durchgeführte Erprobungsmaßnahmen im Hollerland in den Jahren 2007 und 2008.
- Karte 9: Durchgeführte Erprobungsmaßnahmen im Niedervieland in den Jahren 2007 und 2008.
- Karte 10: Durchgeführte Erprobungsmaßnahmen im Werderland in den Jahren 2007 und 2008.
- Karte 11: Verbreitung und Geschlechterverteilung der Krebschere 2007 im Hollerland, Werderland und Niedervieland.
- Karte 12: Vegetationstypen der Probestrecken im Hollerland 2007-2009.
- Karte 13: Vegetationstypen der Probestrecken im Niedervieland 2007-2009.
- Karte 14: Vegetationstypen der Probestrecken im Werderland 2007-2009.
- Karte 15: Geschlechterverteilung der Krebschere 2008/2009 in den Probestrecken im Hollerland, Werderland und Niedervieland.
- Karte 16: Entwicklung der Krebscherenbestände 2007-2008 in den Probestrecken im Hollerland, Werderland und Niedervieland.
- Karte 17: Entwicklung der natürlichen Krebscherenbestände 2008-2009 in den Probestrecken im Hollerland, Werderland und Niedervieland.
- Karte 18: Entwicklung der Krebscherenbeimpfungsbestände 2007-2008 in den Probestrecken im Hollerland, Werderland und Niedervieland.
- Karte 19: Entwicklung der Beimpfungsbestände 2008-2009 in den Probestrecken im Hollerland, Werderland und Niedervieland.
- Karte 20: Gemessene Leitfähigkeit im August 2009 an Probestellen im Hollerland, Werderland und Niedervieland.
- Karte 21: Gemessener Sulfatgehalt im August 2009 an Probestellen im Hollerland, Werderland und Niedervieland.
- Karte 22: Gemessener Gehalt an gelöstem Eisen im August 2009 an Probestellen im Hollerland, Werderland und Niedervieland.
- Karte 23: Gemessener Chloridgehalt im August 2009 an Probestellen im Hollerland, Werderland und Niedervieland.
- Karte 24: Hydrologische Messstellen anderer Überwachungsinstitutionen im Hollerland.
- Karte 25: Hydrologische Messstellen anderer Überwachungsinstitutionen im Niedervieland.
- Karte 26: Hydrologische Messstellen anderer Überwachungsinstitutionen im Werderland.
- Karte 27: Lage der Probepunkte zur Schlamm- und Porenwasseranalyse im Hollerland, Niedervieland und Werderland.
- Karte 28: Verbreitung des Schlammpeitzgers und Steinbeißers im Sommer 2009 in ausgewählten Probestrecken des Hollerlandes, Werderlandes und Niedervielandes.

## 0 Zusammenfassung

### Kurzfassung

Der vorliegende Endbericht fasst die Ergebnisse des im Juni 2010 abgeschlossenen Forschungs- und Kooperationsvorhabens „Erprobung von Managementmaßnahmen in Bremen zum Erhalt der Krebschere“ zusammen. Die Wasserpflanze ist eine wichtige Zielart des Naturschutzes. Im Projekt steht sie stellvertretend für eine artenreiche Grabenbiozönose. Der Bericht liefert wichtige Erkenntnisse über die relevanten Schlüsselfaktoren, die als Ursachen für den Rückgang der Krebschere angesehen werden. Im Projekt-Team arbeiteten Vertreter aus Naturschutzverwaltung, -praxis sowie angewandter Forschung und Lehre eng zusammen. Hieraus resultierte ein praxisnaher Forschungsansatz, der die Integrationsfähigkeit der gewonnenen Erkenntnisse in die Arbeitspraxis der für die Pflege- und Unterhaltung der Grünlandgräben verantwortlichen Institutionen gewährleistet.

Aufbauend auf den Forschungsergebnissen und der langjährigen Erfahrung bei der Umsetzung des sog. Ökologischen Grabenräumprogramms in Bremen wurden Empfehlungen für die Grabenräumung und das Wassermanagement in den von Grünland geprägten Natura 2000-Gebieten erarbeitet. Diese sind in einem Leitfaden zur naturverträglichen Grabenunterhaltung<sup>1</sup> anschaulich und praxisnah zusammengefasst (s. Anhang). Damit leistet das Vorhaben einen wichtigen Beitrag zum Erhalt dieser historischen Kulturlandschaft.

### Projektteam

Initiiert wurde das Vorhaben vom Senator für Umwelt, Bau, Verkehr und Europa (SUBVE). Projektträgerin ist die Hanseatische Naturentwicklung GmbH ( h a n e g ). Als weitere Kooperationspartner wirkten die Hochschule Bremen und der Bremische Deichverband am rechten Weserufer mit. Fest eingebunden war darüber hinaus die Arbeitsgemeinschaft Krebschere. Die Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU) förderte das 3-jährige Vorhaben.

### Anlass

Der Anlass des Projektes bildete ein Bestandseinbruch der Wasserpflanze Krebschere (*Stratiotes aloides*) in den Grünlandgräben des Naturschutzgebietes „Westliches Hollerland“ in Bremen sowie der anhaltende Rückgang der Art im Natura 2000-Gebiet Niedervieland. Dieser Trend zeigt sich auch in anderen Regionen Nordwestdeutschlands sowie den Niederlanden. Die Krebschere gilt bundesweit als gefährdet (Rote Liste 3). Die Ursachen für den Rückgang der Krebschere waren weitgehend unklar. Es scheinen vielfältige Wirkungsbeziehungen von Bedeutung zu sein. Diese galt es im Rahmen des Forschungsvorhabens zu ermitteln und daraus abgeleitete Schutzmaßnahmen zu erproben.

### Ziele und Forschungshypothesen

Das Vorhaben verfolgte im Wesentlichen folgende **Ziele**:

- Entwicklung und Erprobung geeigneter Maßnahmen zum Schutz, zur Entwicklung und zur Pflege der Krebschere als Leitart für ein ökologisch wertvolles Gewässernetz,

---

<sup>1</sup> Bezugsquelle: Hanseatische Naturentwicklung GmbH, info@haneg.de

- Ableitung von praxisnahen, in andere Gebiete übertragbaren Empfehlungen,
- Austausch mit den lokalen und regionalen Akteuren zur Förderung des Verständnisses für und der Akzeptanz von Schutzmaßnahmen für die Krebschere.

Folgende **Hypothesen** lagen dem Forschungsansatz zur Ermittlung der Ursachen zugrunde:

- Räumintensität und Habitatqualität: Der im Hollerland verwendete Mähkorb zur Grabenräumung und die bisherige schonende Räumung entfernen den Schlamm nicht effektiv genug aus dem Grabensystem, so dass die Habitatqualität für den Aufbau dichter Krebscherebestände nicht optimal ist.
- Räumzeitpunkt: Der erfolgreiche Neuaufbau von Krebscherebeständen nach der Räumung wird vom Verlandungsgrad des Grabens, d. h. vom Stadium der Vegetationsentwicklung vor der Räumung, und vom Räumzeitpunkt im Jahr mitbestimmt.
- Hydrodynamik: Die Frequenz und Art der Grabenräumung hat im Niedervieland zu einer Erhöhung der Hydro-Dynamik im Grabensystem geführt, die die Entwicklung der Krebschere beeinträchtigt.
- Salzwasseraufstieg: Die Abnahme der Leitfähigkeit im Grabenwasser des Hollerlands und des Niedervielands ist Folge eines reduzierten Salzwasseraufstiegs aus dem Grundwasser und hat zu suboptimalen chemisch-physikalischen Standortbedingungen für die Krebschere geführt.
- Wasserqualität: Die Qualität des zugewässerten Grabenwassers aus den Fließgewässern in die Grünlandgräben schränkt die Vitalität der Krebscherebestände ein.
- Ausbreitungspotenzial: Die überwiegend vegetative Fortpflanzung der getrenntgeschlechtlichen (zweihäusigen) Krebschere schränkt ihr Ausbreitungspotenzial ein und erhöht über die genetische Verarmung ihr (lokales) Aussterberisiko.
- Artenschutz: Die im Projekt erprobten Maßnahmen und abgeleiteten Empfehlungen für das zukünftige Grabenmanagement beeinträchtigen die weiteren Ziele des Naturschutzes nicht.

### **Erprobungs- und Untersuchungskonzept**

Als **Untersuchungsgebiete** wurden in Bremen die Schutzgebiete Hollerland, Niedervieland und Werderland mit ihren weiträumigen Grünland-Graben-Arealen und ihrem ausgedehnten Netz aus Grünlandgräben und Fleeten ausgewählt. Während das Werderland gute Krebscherebestände aufweist, sind die Vorkommen im Hollerland durch einen Zusammenbruch im Jahr 2004 und einer anschließenden Regeneration gekennzeichnet. Im Niedervieland zeigt sich hingegen ein andauernder Rückgang der Population. Das Werderland diente als Referenzgebiet für gut ausgebildete Krebscherebestände und zur Durchführung von Erprobungsmaßnahmen, die im Niedervieland aufgrund der geringen Anzahl von Krebscheregräben nicht möglich waren.

Um die wesentlichen Schlüsselfaktoren für den Erhalt der Krebschere zu identifizieren, wurden verschiedene **Erprobungsmaßnahmen** an ausgewählten Grabenabschnitten im Ge-

lände umgesetzt und in einem festgelegten Netz von Messpunkten (chem.-phys. Parameter) sowie an Grabenabschnitten (Vegetationskontrolle) hinsichtlich ihrer Wirkungen untersucht.

Folgende Maßnahmen wurden im ersten Projektjahr umgesetzt:

#### **Maßnahmen zur Optimierung des Räumgerätes:**

Zur Verbesserung der technischen Geräte zur Grabenräumung erfolgte eine Recherche nach auf dem Markt verfügbaren Grabenräumgeräten, die Optimierung vorhandener Räumgeräte und der Test einer Grabenschraube als potenziell geeignetes Grabenräumgerät.

#### **Maßnahmen zur Optimierung der Räummethode:**

Hierzu zählt die Intensivierung der Räumung durch die Erhöhung der Schlammmentnahme, die Verschiebung der Grabenräumung in den Spätsommer und Vergleich mit der Herbsträumung sowie die Räumung von Gräben in unterschiedlichen Sukzessionsstadien, um herauszufinden, in welchem Stadium der Vegetationsentwicklung am günstigsten mit der Räumung eingegriffen werden soll.

#### **Maßnahmen zur Optimierung der Ausbreitung der Krebscherenbestände:**

Es wurden Beimpfungen (Verpflanzungen) mit Krebscherenpopulationen im Herbst, Früh- und Spätsommer durchgeführt, um den hierfür geeigneten Zeitpunkt herauszufinden. Hierzu wurden gebietsspezifische Krebscheren-Depots- und Spendergewässer angelegt und ein neues Gerät für die artgerechte Entnahme und den Transport der Krebscheren entwickelt.

#### **Maßnahmen zur Optimierung der Wasserqualität und des Wasserhaushalts:**

Um die Gewässerqualität und die Stauhaltung zu optimieren, wurden im Hollerland Röhricht-Klärstrecken eingerichtet, im Niedervieland Gräben abgedämmt und in beiden Gebieten Grundwasserpumpen installiert, um Grundwasser in die Gräben zu fördern.

Um die Auswirkungen der umgesetzten Maßnahmen auf die Krebschere ermitteln zu können, wurden verschiedene **Wirkungskontrollen** einmal vor und dann jährlich nach der Maßnahmenumsetzung an den Maßnahmen- und eingerichteten Kontrollgräben durchgeführt. Die zentralen Parameter waren die Entwicklung der Vegetation und der Krebscherenbestände (Vitalität, Produktivität), die Wasserparameter (Leitfähigkeit, pH-Wert, Temperatur, Nitrat, Ammonium, Ortho-Phosphat, Chlorid, Hydrogencarbonat, Calcium, gelöstes Eisen und Sulfat) sowie die Grabenmorphologie. Darüberhinaus erfolgten Erfassungen der Grabenfische und der Grünen Mosaikjungfer, als unmittelbar von der Krebschere abhängige Libellenart. Die Kontrollergebnisse wurden durch Auswertungen externer Hydrologiedaten ergänzt. Parallel erfolgten Untersuchungen zur genetischen Variabilität der Krebschere. Begleitend wurden in einem zeitgleich laufenden Projekt Untersuchungen zum Schlamm-porenwassers<sup>2</sup> durchgeführt.

#### **Untersuchungsergebnisse Grabenvegetation und Krebscherenbestände**

Durch die Untersuchung der **Entwicklung der gesamten Grabenvegetation** konnte belegt werden, dass jedes der drei Probestandorte eine Eigencharakteristik in seiner Grabenvegetati-

<sup>2</sup> Untersuchungen zum Porenwasser im Schlamm wurden außerhalb des Forschungsvorhabens durchgeführt. Das Projekt wurde von SUBVE und der h a n e g finanziert.

on und den Wasserparametern aufweist, die es von den anderen Gebieten unterscheidet. Das Hollerland kann als Röhricht-Wasserpest- und Nitratgebiet bezeichnet werden, wobei in der Initialphase Armleuchteralgen, Laichkräuter, Nadelsimse und Froschbiss eine Rolle spielen. Das Niedervieland kann als Wasserlinsen-Wasserpest- und Phosphat-Gebiet bezeichnet werden, auch für die Initialphase. Das Werderland kann als Krebscheren- und Elektrolyt-Gebiet mit Wasserfeder- und Froschlöffel-Initialphasen bezeichnet werden. Die durchgeführten Räummaßnahmen beeinflussen die Vegetationszusammensetzung in ihrer Gebietscharakteristik nicht wesentlich.

Die Wirkungskontrollen zu den **Krebscherenbeständen** belegten, dass in allen drei Probestandorten sowohl männliche als auch weibliche Krebscherenpflanzen in unterschiedlicher Verteilung vorhanden sind und in größerer Anzahl keimfähige Samen gebildet werden. Der Jahreszyklus der Krebschere mit der Auftauch-, Reproduktions-, Absink- und Überwinterungsphase sowie den Blühphasen der beiden Geschlechter wurde zeitlich genauer bestimmt. Männliche Blüten erscheinen früher und zahlreicher, weibliche Blüten erscheinen mit ca. einem Monat Verzögerung. Die Blühphasen überlappen sich ausreichend lange für eine Befruchtung. Neben der vegetativen Vermehrung zeigen Krebscheren auch ein hohes Potenzial für eine generative Vermehrung.

Die Untersuchungen zur Entwicklung der **natürlichen Krebscherenbestände** in den Gebieten zeigen, dass die Krebschere die höchsten Dominanzen im Sommer und geringere Dominanzen im Winter aufweist, wenn die Blattmasse weitgehend zerfällt und absinkt. Die Entwicklung der Krebscherenbestände in Gräben mit ökologischer Normalräumung unterscheidet sich nicht von der Entwicklung natürlicher Krebscherenbestände in der Optimalphase. Die Bestände gehen sofort wieder in die Optimalphase über und der Räumzyklus wird auf 3 bis 4 Jahre verkürzt. Durch die ökologischen Intensivräumungen im Herbst und durch Normalräumungen im Spätsommer wird eine mindestens einjährige Initialphase bewirkt und der Entwicklungszyklus auf 4 bis 6 Jahre verlängert. Hierdurch können sich auch die Pionierarten der Gräben, wie schmalblättrige Laichkräuter, etablieren und entwickeln. Im Niedervieland folgt die Entwicklung der Krebscherenbestände nicht der in den anderen Gebieten beobachteten Vegetationsentwicklung. Sie bleiben hier in einem Stadium aus Aufbau und Zusammenbruch der Krebscherenbestände stehen. Die Optimalphase mit flächigen Krebscherendecken wird nicht erreicht. Dies weist auf ungünstige Standortbedingungen im Niedervieland hin.

Die **Beimpfungsbestände** im Hollerland zeigten vor allem im zweiten Entwicklungsjahr deutliche Zuwächse. Geringe Zuwächse wiesen nur die in Wasserlinsengräben eingebrachten Bestände sowie Gräben mit Frühsommerbeimpfungen auf. Daher sind Verpflanzungen im Herbst (Sept.-Okt.) zu bevorzugen. Auch die Beimpfungen mit Turionen (vegetativ gebildete Überwinterungsorgane von Wasserpflanzen) zeigen im zweiten Jahr Zuwächse, erfordern in der Umsetzung aber einen hohen Aufwand. Es zeigte sich, dass der Ausgangszustand des Grabens mit Ausnahme des Wasserlinsenstadiums nicht ausschlaggebend für den Erfolg der Beimpfungen ist. Im beginnenden Verlandungszustand geräumte Gräben zeigen tendenziell einen besseren Wiederaufbau.

Die Entwicklung der Krebscherenbestände zeigte sowohl in den im Herbst ökologisch normal als auch in den ökologisch intensiv geräumten Gräben im Hollerland einen in etwa gleichen Verlauf mit einer 2-bis 3-jährigen Initialphase. Die Intensivräumungen beschleunigten den Wiederaufbau der Population offenbar, wahrscheinlich auf Grund des vorhandenen Ausbreitungsraums bei günstigen Standortbedingungen. Die Beimpfungen im Niedervieland gingen im ersten Jahr stark zurück und wiesen leichte Zuwächse im zweiten Entwicklungsjahr auf. Die Entwicklung nach den Räummaßnahmen im Niedervieland verbleibt im Untersuchungszeitraum in der Initialphase und zeigt ein Stadium aus Aufbau und Zusammenbruch der Krebscherenbestände. Eine Optimalphase wird voraussichtlich erst in 4 bis 5 Jahren erreicht. Die Entwicklung der Beimpfungsbestände weist auf die ungünstigen Standortbedingungen in den Gräben des Niedervielandes hin.

Die **Einspeisung von Grundwasser** mittels Pumpen wirkte sich im Hollerland und Niedervieland günstig auf die Entwicklung der Krebschere aus. Es lagen signifikant höhere Leitfähigkeiten und Chlorid-Werte vor, was auf die Bedeutung elektrolytreichen Wassers hinweist. Damit rücken diese Gräben in die Nähe der günstig zu bewertenden Standortbedingungen des Werderlandes. Es kann angenommen werden, dass eine kontinuierliche Grundwassereinspeisung in das Grabensystem bessere Standortbedingungen für die Krebschere schafft.

Die Beimpfungsbestände in den **Rörichtklärstecken** im Hollerland zeigen keinen Effekt der Erprobungsmaßnahme, jedoch einen Effekt der Einleitung von Wümmewasser, der sich auf alle Bestände in der Umgebung auswirkt. Es treten gegenüber dem Restgebiet signifikant höhere Sulfat-, Hydrogencarbonat- und Calcium-Werte auf, die vermutlich mit der Einleitung eingetragen werden. Dies scheint in den betroffenen Gräben zur vermehrten Schlammbildung und somit relativ schnell zu ungünstigen Standortbedingungen für die Krebschere zu führen. Rörichtpfropfen dürften die Verlandung noch beschleunigen, während Krebscherenbestände als Filterpflanzen möglicherweise geeigneter als Rörichtpflanzen sind.

Die **Grabenabdämmungen** im Niedervieland lassen sich nicht abschließend beurteilen, da sie in der Reproduktionsphase 2008 auf Grund eines drohenden Trockenfallens der Gräben ausgesetzt werden mussten. Die Wasserparameter weisen in der Analyse jedoch auf das mögliche Grundproblem des Niedervielands hin: hohe Sulfat- und Stickstoffbelastungen im Grabenschlamm, die zu toxischen Sulfid- und Ammonium-Konzentrationen und Nitrat-Freisetzen bei Trockenfallereignissen führen können.

### **Untersuchungsergebnisse Oberflächen- und Schlamm-porenwasser**

Insgesamt ist für die **Qualität des Oberflächenwassers** der als meso- bis eutroph einzustufenden Gräben der drei Untersuchungsgebiete eine im Mittel gute, durch überwiegend geringe bis mäßige Nährstoffbelastung geprägte Situation festgestellt worden. Dies schließt eine punktuelle oder zeitlich begrenzte stärkere Belastung, belegt durch punktuelle Messwerte, nicht aus. Für die jeweiligen Untersuchungsgebiete wurde sowohl im jahreszeitlichen Verlauf als auch räumlich verteilt eine große Spannbreite der physikalisch-chemischen Parameter ermittelt, welche die unterschiedlichen Einflüsse von Niederschlagswasser, Oberflächen- und

Grundwasser sowie Zuwässerungswasser und Einleitungen auf den Grabenwasserkörper widerspiegelt. In Verbindung mit den Räummaßnahmen konnten keine nachhaltigen Veränderungen der gemessenen Wasserqualitäten festgestellt werden. Insgesamt ist das Vorkommen der Krebschere bei den gegebenen Wasserqualitäten im Oberflächenwasser grundsätzlich möglich. Es kann davon ausgegangen werden, dass die gemessenen Konzentrationen der Einzelparameter nicht limitierend für die Art sind.

Im Gegensatz dazu zeigten die Resultate der Untersuchungen von **Schlamm-porenwasser** an einzelnen Probestellen deutliche Unterschiede zwischen den Untersuchungsgebieten. Im Niedervieland sind die Konzentrationen von Hydrogencarbonat, Sulfid, Ammonium und Phosphat signifikant höher als in den beiden anderen Gebieten. Die Sulfid- und Ammoniumkonzentrationen erreichen dabei Werte, die nach Angaben aus der Literatur schädigende Einflüsse auf die Krebschere vermuten lassen. Hohe Alkalinität und Phosphatgehalte können im Niedervieland weiterhin zu Sukzessionen im Zuge einer Eutrophierung führen, bei der die Krebscherenbestände durch andere Vegetationstypen, insbesondere Wasserlinsen-Schwimmdecken, verdrängt werden können.

### **Untersuchungsergebnisse Fischfauna**

Die Wirkungskontrollen zur **Fischfauna** geben keine konkreten Hinweise bezüglich längerfristiger negativer Auswirkungen von durchgeführten Maßnahmen für die Fische. Für Fische und andere wassergebundene Organismengruppen ist die Räumung zum Erhalt von wasserführenden Gräben essentiell erforderlich, auch wenn während der Räumereignisse Individuen aller vorkommenden Fischarten aus dem Graben entnommen werden. Diese unmittelbare Beeinträchtigung von Faunenelementen hat bei Betrachtung auf Populationsebene einen unvermeidbaren, im Verhältnis zum Gesamtsystem aber moderaten Anteil und kann durch Zurückverbringung von Organismen im Rahmen von begleitenden Aushubkontrollen minimiert werden.

Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass sich insbesondere eine intensive Räumart stark verschlammter Gräben mit einer effektiven Schlammentnahme positiv auf die Arten- und Individuenzahlen von Fischen auswirkt. Hierdurch wird der für die Fischfauna bedeutsame freie Wasserkörper am besten wiederhergestellt. Auch die an ökologischen Zielen orientierte Normalräumung wirkte sich über die zwei Folgejahre positiv auf die Fischzönosen aus.

Als günstiger Raumzeitpunkt wird für die Belange der Fischfauna der Herbst vorgeschlagen, da dann die Fortpflanzung fast aller vorkommenden Arten abgeschlossen und die besonders kritische Larvalphase weitgehend überwunden ist. Die Untersuchungsergebnisse wiesen dagegen in etwa der Hälfte aller Testgräben eine Verschlechterung der Arten- und Individuenzahlen bei einer schon im Sommer durchgeführten Räumung aus.

Die spezialisierten Arten Schlammpeitzger und Karausche profitieren vom Vorhandensein von Gräben in besonders späten Sukzessionsstadien (insb. auch von größeren Bereichen wie z. B. Grabenaufweitungen). Diese gilt es daher in ausreichendem Maße im System zu erhalten. Von Bedeutung ist dabei auch ein vernetztes Mosaik aus Gräben und größeren Fleeten (Hauptvorfluter) verschiedener Sukzessionsstadien. Die Fleete fungieren dabei als

wichtige Winterquartiere und Ausbreitungsachsen sowie als Reservoir für eine Wiederbesiedlung des Grabensystems.

### Untersuchungsergebnisse Grüne Mosaikjungfer

Die stichprobenhaften Untersuchungen zur **Grünen Mosaikjungfer**, die ihre Eier ausschließlich in Krebscheren ablegt, zeigten Unterschiede in der Besiedlung von Gräben mit zwischen ökologischer **Normal- und -Intensivräumung**. Hinsichtlich der Räumintensität scheint die ökologische Normalräumung die günstigere Variante für die Grüne Mosaikjungfer zu sein. Dabei verbleibt offensichtlich ein großer Anteil der in den Krebscheren vorhandenen Eier und Larven im Gewässer.

Es zeigten sich ebenfalls deutliche Unterschiede in der Besiedlung durch die Grüne Mosaikjungfer zwischen den im **Herbst und Spätsommer** geräumten Gräben. Demnach ist die Räumung im Herbst für die Libellenart günstiger zu beurteilen als die Räumung im Spätsommer. Der Ausgangszustand der zu räumenden Gräben ist von Bedeutung für die Besiedlung mit der Grünen Mosaikjungfer. Eine Räumung in der Optimalphase der Krebscherenentwicklung ist für die an die Wasserpflanze gebundene Libelle am günstigsten.

**Beimpfungsbestände** werden im ersten Jahr nicht oder kaum als Eiablageplatz angenommen. Insgesamt ist eine günstige Entwicklung der Krebscherenbestände als grundlegende Voraussetzung zur Entwicklung eines günstigen Erhaltungszustandes der Libellenpopulation zu sehen.

### Empfehlungen für das Grabenmanagement

Aus den identifizierten Schlüsselfaktoren für die Ausbreitung und den Zusammenbruch der Krebscherenbestände wurden **Empfehlungen für das Grabenmanagement** zum Schutz der Krebschere und ihrer artenreichen Lebensgemeinschaft abgeleitet und in einem Leitfaden zur naturverträglichen Unterhaltung von Marschengräben veröffentlicht. Zusammenfassend sind u. a. folgende Aspekte von Bedeutung.

- Die Räumintensität (ökologisch normal oder ökologisch intensiv) sollte sich individuell nach dem Schlammaufkommen in einem Grabenabschnitt richten.
- I. d. R. sollte jeder Graben abschnittsweise etwa alle 5 Jahre geräumt werden. Dadurch entsteht ein wichtiges Mosaik verschiedener Grabentypen/Sukzessionsstadien, das die unterschiedlichen Habitatansprüche der Grabenvegetation, der Fisch- und Libellenfauna erfüllt und ihr Vorkommen im Gebiet langfristig sichert.
- Die Grabenräumung sollte im Spätsommer bis Herbst durchgeführt werden. Eine Räumung im Spätsommer fördert die Entwicklung der Wasservegetation. Steht die Förderung der Fischfauna und der Grünen Mosaikjungfer im Vordergrund sollten die Gräben erst im Herbst geräumt werden. Für die Krebschere sind beide Zeitpunkte geeignet.
- Hinsichtlich des Verlandungsstadiums sollten Gräben bevorzugt in der Optimalphase der Vegetationsentwicklung geräumt werden.

- Beimpfungen mit Kriebsscheren sind unmittelbar nach der Räumung (im Herbst oder Spätsommer) sinnvoll. Werden ausreichend große Bestände mit beiden Geschlechtern eingesetzt, kann die Entwicklung neuer Kriebsscherengraben erfolgreich initiiert werden.
- Zum Erhalt und zur Entwicklung von Kriebsscherenbeständen sind ganzjährig hohe Freiwasserstände durch Rückhaltung des gebietseigenen Wassers ohne großflächiges sommerliches Trockenfallen anzustreben.
- Der Einfluss gebietseigenen Grundwassers ist wichtig und sollte ggf. durch Zufuhr gefördert werden.
- Zuleitungswasser aus Flusssystemen, deren Wasserqualität nicht bereits dem angestrebten Niveau entspricht, sollte nur durch ausreichend bemessene Pflanzenklärstrecken ins Gebiet geleitet werden.
- Das Sediment im Graben kann ein limitierender Faktor für die Habitatqualität der Kriebsschere sein. Hohe Belastungen, vor allem mit Ammonium, Sulfid und Phosphat sollten grundsätzlich vermieden werden.

### **Projektbegleitende Öffentlichkeitsarbeit**

Das Vorhaben wurde durch eine intensive **Öffentlichkeitsarbeit** begleitet. Ein Pressetermin mit dem Bremischen Umweltsenator Dr. Loske und dem Fachbetreuer Dr. Stock von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) im Jahr 2007 bildete den Auftakt. Es folgten u. a. Exkursionen, Zeitungsartikel, Fernsehbeiträge, Seminare, Standpräsentationen bei der SonderUMK in Mainz sowie der internationalen UN-Konferenz zur biologischen Vielfalt (COP 9) in Bonn. Ferner fand ein intensiver Austausch mit Kollegen aus den Niederlanden statt.

Der Abschluss mündete in einer zweitägigen Tagung an der Hochschule Bremen. Das Projektteam stellte die Ergebnisse des Forschungsvorhabens vor, diskutierte sie mit den Teilnehmern und zeigte die umgesetzten Maßnahmen im Gelände. Das Interesse der Teilnehmer aus Behörden, Verbänden, Büros und Hochschulen an den Ergebnissen war hoch. Insbesondere die praxisnahen Empfehlungen des an die Tagungsteilnehmer verteilten Leitfadens zur naturverträglichen Grabenräumung wurden rege aufgenommen.

### **Fazit der Kooperationspartner**

Durch den gemeinsamen, intensiven Austausch im Forschungsvorhaben wurde das vorhandene Fachwissen im Projektteam stark vernetzt. Gemeinsam mit den neuen Erkenntnissen und der erweiterten Datenlage über die Qualität und das Management der Gewässersysteme in den Erprobungsgebieten hat die Naturschutzpraxis in Bremen sehr profitiert. Dies wird bei der zukünftigen Zusammenarbeit der Bremischen Akteure im Naturschutz auch positive Wirkungen zeigen. Insbesondere der entstandene Leitfaden trägt die Projektergebnisse nach Abschluss des Vorhabens weiter, zum Schutz der Kriebsschere und der artenreichen Kulturlandschaft.

Die Kooperationspartner danken der DBU und allen beteiligten Personen für Ihre finanzielle Unterstützung und ihr großes Engagement!

# 1 Einleitung

## 1.1 Anlass und Ziel des Forschungs- und Kooperationsvorhabens

Der vorliegende Endbericht zum Forschungs- und Kooperationsvorhaben „Erprobung von Managementmaßnahmen in Bremen zum Erhalt der Krebssschere“ dokumentiert die dreijährige Arbeit des Projektteams und fasst die Ergebnisse zusammen. Auch die wesentlichen Inhalte des ersten und zweiten Zwischenberichtes (JORDAN et al. 2008 und 2009) werden wieder aufgegriffen, so dass der Endbericht ein inhaltlich geschlossenes Dokument bildet.

Im Folgenden werden Hintergrund und Ziele des Vorhabens dargelegt.

Die Krebssschere (*Stratiotes aloides*) ist eine bundesweit gefährdete Wasserpflanze, die im dichten Grabennetz der ausgedehnten Grünlandgebiete Bremens einen Verbreitungsschwerpunkt innerhalb Nordwestdeutschlands hat (SFGJSU 1998, GARVE 2007, CORDES et al. 2006). Als auentypische Art besiedelte sie früher langsam fließende und stehende Gewässer naturnaher Flussauen (BEUG 1995). Durch den Ausbau der Flussläufe und die Trockenlegung der Marschen ist dieser Lebensraum heute selten geworden. Die Grabensysteme im Grünland des Unterweserraumes bilden aktuell ihre wichtigsten Refugialstandorte.



Abb. 1: Grünlandgraben mit Krebssscherenpflanzen.

Foto: W. Kundel

Seit einigen Jahren ist in Bremen ein Rückgang der Krebssscherenbestände zu beobachten. Dieser Trend - bis hin zum Verlust von Teilarealen - wird auch aus anderen Regionen Nordwestdeutschlands sowie den Nachbarländern gemeldet (z. B. ROELOFS 1996).

Zum Erhalt der Krebssscherenbestände und des von ihr geprägten ökologisch sehr wertvollen Lebensraums hat Bremen daher in den vergangenen Jahren umfassende Schutzmaßnahmen eingeleitet: Große Grünland-Graben-Areale wurden als Schutzgebiete ausgewiesen,

Maßnahmen zur Wiederbesiedelung von Gräben umgesetzt und in Teilräumen seit Ende der 1980er Jahre ein ökologisch ausgerichtetes Grabenmanagement durchgeführt. Doch der Rückgang der Kriebsscherenbestände konnte in Bremen bislang nicht aufgehhalten werden.

Die Ursachen für den Rückgang waren bisher weitgehend unklar. Nach Veröffentlichungen aus den Niederlanden scheinen dabei vielfältige Wirkungsbeziehungen von Bedeutung zu sein. Die Ursachen des Rückgangs galt es im Rahmen des dreijährigen Forschungs- und Kooperationsvorhabens (Juni 2007 bis Mai 2010) zu ermitteln und daraus abgeleitete Schutzmaßnahmen zu erproben.

Das Vorhaben verfolgte im Wesentlichen drei Teilziele:

1. Die **Entwicklung und Erprobung geeigneter Maßnahmen** zum Schutz, zur Entwicklung und zur Pflege der Kriebsschere als Leitart für ein ökologisch wertvolles Gewässernetz in Bremen.
2. Die **Ableitung von praxisnahen Empfehlungen**, die in andere Gebiete Nordwestdeutschlands übertragbar sind.
3. Die **Information der lokalen und regionalen Akteure** über die Ergebnisse des Vorhabens zur Förderung des Verständnisses für die Belange der Kriebsschere und der Akzeptanz daraus resultierender Schutzmaßnahmen.

Die zu erprobenden Maßnahmen sollten dabei konkret

- zum Erhalt und zur Entwicklung großflächiger und vitaler Bestände der Kriebsschere in Bremen beitragen,
- die Sicherung der vorhandenen Bestände und damit den Erhalt des besiedelten Areals ermöglichen,
- die Entwicklung kleinerer Populationen hin zu kontinuierlich auftretenden Beständen fördern,
- die Ausbildung von Optimalphasen der Kriebsscherenvegetation im Sukzessions-ablauf fördern,
- die Kompensation lokaler Zusammenbrüche von Populationen durch Initiierung neuer Bestandsbildungen gewährleisten,
- die Ermittlung der für die Bestandssicherung der Kriebsschere relevanten Schlüsselfaktoren und -parameter unterstützen,
- die Validierung der vermuteten Ursachen sowohl für den Rückgang als auch für die Stabilität der Kriebsscherenbestände ermöglichen und
- zum Schutz auch der an die Kriebsschere angepassten Arten beitragen.

Die Erprobung der Maßnahmen fand in drei ausgewählten Schutzgebieten im Bremer Feuchtgrünlandring statt: dem Hollerland, dem Niedervieland und dem Werderland. Während die Bestände der Kriebsschere im Werderland in den letzten Jahren relativ stabil waren, sind die Vorkommen im Hollerland durch große stabile Bestände bis 2003, einem weitgehenden

Zusammenbruch Ende 2003 und einem stetigen Wiederaufbau ab 2004 gekennzeichnet. Im Niedervieland kann dagegen ein kontinuierlicher und inzwischen dramatischer Rückgang der Bestände beobachtet werden. Die Art steht hier kurz vor dem lokalen Aussterben.

Das Forschungs- und Kooperationsvorhaben richtet sich an Zielgruppen im planerischen und praktischen Naturschutz wie Untere Naturschutzbehörden der Landkreise, Deich- sowie Wasser- und Bodenverbände, Naturschutzverbände im Rahmen von Gebietsmanagement-Aufgaben in den großen Grünlandgebieten Nordwestdeutschlands.

## **1.2 Aufbau des Berichtes**

Nach der Darstellung der geplanten Vorgehensweise im Projekt (1.4) werden im Kapitel 2 zunächst die drei Erprobungsgebiete, in denen Maßnahmen zum Schutz, zur Entwicklung und zur Pflege der Krebschere umgesetzt werden, hinsichtlich wichtiger Standortmerkmale charakterisiert. Zu den wichtigen Parametern zählt insbesondere der gebietspezifische Wasserhaushalt. Zudem wird das bisherige Gebietsmanagement in den Erprobungsgebieten beschrieben und somit die Ausgangssituation vor Beginn des Vorhabens dargestellt.

Im Kapitel 3 werden dann die Hypothesen zu den Ursachen des Krebscherenrückgangs aufgeführt, die am Beginn des Projektes aufgestellt worden waren, und die es zu verifizieren oder falsifizieren galt. Darauf aufbauend wird das Konzept der Maßnahmen beschrieben. Ebenso werden das Konzept der Wirkungskontrollen und das Vorgehen zur Auswertung vorhandener Daten erläutert.

Kapitel 4 gibt einen Überblick über alle umgesetzten Erprobungsmaßnahmen in den drei Erprobungsgebieten. Im Kapitel 5 werden die Wirkungskontrollen sowie die Analyse externer Daten mit ihren Methoden und Ergebnissen beschrieben. Die wichtigsten Ergebnisse der Untersuchungen werden am Ende der Kapitel jeweils zusammenfassend dargestellt.

Anschließend erfolgt in Kapitel 6 die Diskussion und Bewertung der Erprobungsmaßnahmen und ihrer Auswirkungen. Die Hypothesen für die Ursachen des Rückgangs der Krebschere werden an dieser Stelle überprüft. In Kapitel 7 werden Handlungsempfehlungen für das Grabenmanagement in Marschengebieten gegeben. Da die Empfehlungen ebenfalls in einem Leitfaden dargestellt werden, wird in diesem Kapitel auch auf den Leitfaden verwiesen. Hinweise zur Umsetzung einer naturverträglichen Grabenunterhaltung und zu möglichen Finanzierung befinden sich in Kapitel 8.

Ein Ziel des Forschungs- und Kooperationsvorhabens war die Information der lokalen und regionalen Akteure (vgl. 1.1). Die Tätigkeiten in diesem Sektor werden im Kapitel 9 dargestellt. Presseartikel sowie im Rahmen des Vorhabens erarbeitete Informationsmedien sind im Anhang des Berichtes aufgeführt.

Der Bericht endet mit einer Reflexion über das Forschungs- und Kooperationsvorhaben.

### 1.3 Projektpartner

Das Vorhaben wurde in Kooperation mit folgenden vier in Bremen tätigen Institutionen durchgeführt:

- Hanseatische Naturentwicklung GmbH (haneg),
- Senator für Umwelt, Bau, Verkehr und Europa (SUBVE),
- Hochschule Bremen (HSB) und
- Bremischer Deichverband am rechten Weserufer (DV).

Als externe Experten wurde zudem die Arbeitsgemeinschaft Krebschere (ArGe Krebschere – Kesel, Kundel, Schirmer, Jordan) mit eingebunden. Die Projektpartner zeichnen sich durch langjährige Erfahrungen in Forschung und Praxis des Naturschutzes in Bremen aus. Wissenschaftliche Erkenntnisse zur Krebschere einerseits und praktische Erfahrungen mit dem Management, der Pflege und der Unterhaltung des Grabensystems andererseits fließen in das Vorhaben ein. Die folgende Tabelle gibt eine Übersicht über die Projektpartner und die eingebundenen Experten mit ihren jeweiligen Aufgabenfeldern im Projekt und den zuständigen Ansprechpartnern.

Tab. 1: Aufgaben und Ansprechpartner der Projektpartner.

Projekträgerin	Kooperationspartner	Kooperationspartner	Kooperationspartner	Eingebundene Experten
 Hanseatische Naturentwicklung GmbH  <u>Ansprechpartnerin:</u> Kerstin Kunze Konsul-Smidt-Str. 8p 28217 Bremen Tel: 0421/2770046 kunze@haneg.de  <u>Aufgaben:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Projektsteuerung</li> <li>• Umsetzung der Maßnahmen</li> <li>• Öffentlichkeitsarbeit</li> </ul>	 Senator für Umwelt, Bau, Verkehr und Europa  <u>Ansprechpartner:</u> Andreas Nagler Ansgaritorstraße 2 28195 Bremen Tel: 0421/3612644 andreas.nagler@bau.bremen.de  <u>Aufgaben:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fachliche Begleitung</li> <li>• Finanzielle Unterstützung</li> </ul>	 Hochschule Bremen, Institut für Umwelt und Biotechnik  <u>Ansprechpartner:</u> Prof. Dr. Dietmar Zacharias Neustadtswall 30 28199 Bremen Tel: 0421/59054269 dietmar.zacharias@hs-bremen.de  <u>Aufgaben:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Untersuchungen der Gewässerchemie</li> <li>• Wirkungskontrolle Grabensfische</li> <li>• Molekulargenet. Untersuchungen</li> </ul>	 Bremischer Deichverband am rechten Weserufer  <u>Ansprechpartner:</u> Dr. Michael Schirmer Am Lehester Deich 149 28357 Bremen Tel: 0421/270702 schi@uni-bremen.de  <u>Aufgaben:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Unterstützung der Maßnahmenumsetzung</li> <li>• Analyse wasserwirtschaftlicher Daten</li> </ul>	 Arbeitsgemeinschaft Krebschere – Kesel, Kundel, Schirmer, Jordan  <u>Ansprechpartner:</u> Raimund Kesel Grünenweg 12/13 28195 Bremen Tel: 0421/3398403 kesel@ecosurvey.de  <u>Aufgaben:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Begleitung der Maßnahmenumsetzung</li> <li>• Untersuchungen zur Krebschereentwicklung</li> <li>• Wirkungskontrolle der Maßnahmen</li> </ul>

## 1.4 Vorgehensweise

Die Vorgehensweise im Projekt gliederte sich in vier wesentliche Arbeitsbausteine, die in Abb. 2 dargestellt sind.

Im **ersten Baustein** wurden vorbereitende Arbeiten zur räumlichen und fachlichen Konkretisierung der Maßnahmen und zur Entwicklung eines detaillierten Erprobungsdesigns durchgeführt. Diese beziehen sich überwiegend auf die Dokumentation des Status Quo als Grundlage für die Maßnahmenentwicklung und die spätere Wirkungskontrolle. Darüber hinaus wurden geeignete Maßnahmen und Wirkungskontrollen entwickelt. Diese Arbeitsschritte sind im Jahr 2007 plangemäß abgeschlossen worden.

Im **zweiten Baustein** stand die praktische Erprobung, d. h. die Umsetzung von Maßnahmen im Gelände und die zur Ableitung von Veränderungen erforderlichen maßnahmenbegleitenden Vor- und Nachkontrollen im Mittelpunkt. Die Wirkungen der Maßnahmen werden beschrieben und der Beitrag einer Maßnahme zur Stabilisierung und Entwicklung der Krebscherenbestände bewertet. Die Erprobungsergebnisse flossen zur weiteren Optimierung in die Maßnahmenumsetzung ein.

Bereits in 2007 wurde die Umsetzung der wesentlichen Maßnahmen abgeschlossen und im Frühjahr 2008 mit ihrer Wirkungskontrolle begonnen. Mit dem Abschluss der Grabenräumung im Herbst 2008 waren alle geplanten Maßnahmen umgesetzt. Die Durchführung der Wirkungskontrollen endete im Herbst 2009.

Die verschiedenen Erprobungsergebnisse zu den Einzelmaßnahmen wurden im **dritten Baustein** zusammengeführt und einer umfassenden Analyse unterzogen. Im Mittelpunkt stand dabei die Frage nach den Ursachen des Krebscherenrückgangs sowie die Ableitung von Handlungsempfehlungen für ein sinnvolles Krebscheren- und Gewässermanagement. Dieser Baustein nahm einen Schwerpunkt im dritten Projektjahr 2009/2010 ein.

Die Ergebnisse der ersten drei Bausteine wurden im **vierten Baustein** kontinuierlich dokumentiert und für Dritte zugänglich gemacht. Dies geschah über Berichte, Workshops, Tagungen und die Veröffentlichung von Artikeln für die Fachöffentlichkeit. Darüber hinaus wurden durch Exkursionen, Poster und Presseartikel auch interessierte Laien angesprochen. Die Dokumentation der Forschungstätigkeiten in Zwischen- und Abschlussberichten sowie die Information der (Fach-)Öffentlichkeit fand kontinuierlich über drei Jahre statt.

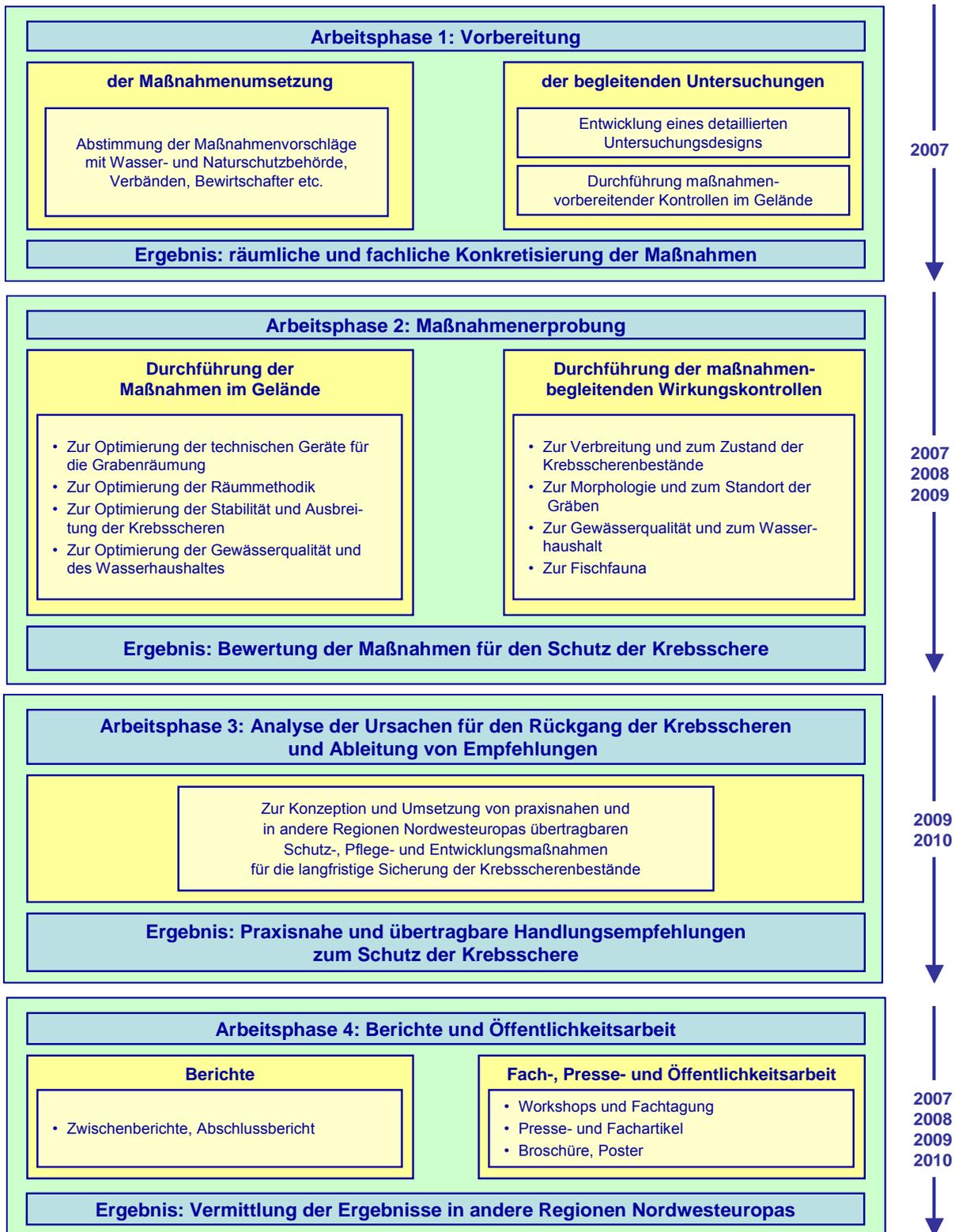


Abb. 2: Vorgehensweise zur Erprobung der Maßnahmen.

## 2 Charakterisierung der Untersuchungsgebiete und des bisherigen Grabenmanagements

### 2.1 Charakterisierung der Untersuchungsgebiete

Die Erprobung der Maßnahmen fand in drei ausgewählten Schutzgebieten (s. **Karte 1**) im Bremer Feuchtgrünlandring statt:

- das im Nordosten an die Stadt angrenzende Hollerland (Naturschutzgebiet, FFH- und EU-Vogelschutzgebiet),
- das im Südwesten Bremens und links der Weser gelegene Niedervieland (Landschaftsschutzgebiet, EU-Vogelschutzgebiet und teilweise FFH-Gebiet) sowie
- das im Nordwesten Bremens und rechts der Weser liegende Werderland (NSG und LSG, EU-Vogelschutzgebiet und zum Teil FFH-Gebiet).

Bei allen Gebieten handelt sich um offene Landschaftsräume mit großflächigen und störungsarmen Grünland-Graben-Arealen. Sie werden überwiegend extensiv landwirtschaftlich genutzt und weisen ein dichtes, engmaschiges und vielfältiges Grabensystem auf.

Die Angaben zur folgenden Charakterisierung der Erprobungsgebiete ist überwiegend den Pflege- und Managementplänen zum Hollerland (BIOS 2007), Niedervieland (AG HANDKE & TESCH 2006) und Werderland (AG JORDAN ÖKOLOGIS 2009) sowie dem Zwischenbericht zur Entwicklung der Kompensationsflächen im Werderland (AG JORDAN ÖKOLOGIS 2008) entnommen.

#### 2.1.1 Naturraum und Boden

Das Niedervieland und das Werderland liegen in der naturräumlichen Landschaftseinheit Bremer Wesermarsch. Das Hollerland zählt zum Naturraum Blockland (Hamme-Wümmemarsch) (SENATOR FÜR UMWELTSCHUTZ UND STADTENTWICKLUNG 1992).

Die Bremer Wesermarsch wird von fluviatilen Ablagerungen in verschiedenen Variationen gebildet. Vorherrschend kommen Auenlehme vor, die z.T. Torfe überlagern. Das Blockland unterscheidet sich von der Bremer Wesermarsch im Wesentlichen durch seinen deutlichen Niedermoorcharakter. Hier herrschen nasse Moorböden mit Auenlehmdecken vor (Moormarschen).

Die Marschen der Niederungen der Weser und ihrer Nebenflüsse liegen zwischen 0,5 und 4 m über NN. Überschwemmungen haben frühere Höhenunterschiede heute nahezu ausgeglichen.

#### Hollerland

Im Hollerland herrschen größtenteils schwach saure und grundwassernahe, d. h. frische bis nasse, am Ostrand feuchte Bodenverhältnisse vor.

Der gesamte Westteil und einzelne Bereiche des Ostteils sind von Marschen gekennzeichnet, insbesondere von Organo- und Moormarschen. Bei diesen nassen Ton- und Moorböden herrschen fluviatile, schluffige bis tonige Ablagerungen über häufig stark zersetztem Bruchwald-, Schilf- und Seggentorf mit stellenweisen Talsandsedimenten vor (HELLBERG et al. 2000 in BIOS 2007). Dabei nimmt die Moormächtigkeit von Osten nach Westen hin zu. Am Rande des Kuhgrabens reicht der Torfkörper bis in 1,60 m Tiefe. Die Marschen sind gut wasserdurchlässig und z. T. extrem sauer. Der überwiegend mittlere bis geringe Nährstoffgehalt deutet auf einen fortgeschrittenen Aushagerungsprozess hin (BÖL 1995 in BIOS 2007). Im südöstlichen Teil sowie in einigen Bereichen des Ostteils gehen die tiefen Organo- und Moormarschen in mittlere bis flache tonige Flussmarschen, Gleye und Gley-Braunerden über. Da die schluffigen Sand- und Lehm Böden aufgrund ihrer geringen Höhe über dem Meeresspiegel (ca. NN +0,50 - 1,20 m) sehr stark durch das Grundwasser geprägt sind, weisen sie frische bis feuchte Standortverhältnisse auf. Auch diese Böden haben überwiegend mittlere bis geringe Nährstoffgehalte. Der Niedermoororf ist allerdings nur bis in 41 cm Tiefe über fluviatilen Sand gelagert.

### **Niedervieland**

Als Bodentyp tritt im Niedervieland sehr einheitlich die "Normale Flussmarsch" auf. Charakteristisch sind tonige, überwiegend staunasse Böden, die im Untergrund wechselnde Stauhohizonte bzw. lokal auch "Dwoghorizonte" (verdichtete subfossile Bodenbildungshorizonte) aufweisen und den Wasser- bzw. Lufthaushalt der Böden örtlich unterschiedlich stark beeinflussen. Nahe der Ortslage Seehausen sind die Flussmarschböden schluffig bis tonig. Die großräumigen Bereiche mit Spülfeldern und Industriegebieten sind in den Bodenkarten als künstliche Ablagerungen dargestellt, bei denen die natürlichen Bodenschichten abgetragen und/oder überschüttet wurden.

### **Werderland**

Der geologische Untergrund im Werderland wird durch steinige Materialien gebildet, auf denen sich seit der Saale-Eiszeit 9 bis 15 Meter mächtige Wesersande und -kiese abgelagerten. Während des Holozäns wurde diese morphologisch sehr strukturreiche Oberfläche schließlich durch eine bis zu 8,5 Meter mächtige Auenlehm-Deckschicht eingeebnet. Dort, wo es durch Versumpfungen z. B. verlandeter Weser-Altarme zu Niedermoorbildung kam, lagerten sich bis zu einem Meter mächtige Niedermoorlinsen in die Lehmschichten ein.

Das Werderland gehört zu der Bodengroßlandschaft Küstenmarsch. Bei genauerer Betrachtung der Böden handelt es sich um die Kleiböden der nordwestdeutschen Flussmarsch. Sie sind durch einen hohen Grundwasserstand gekennzeichnet, der die Bodenbildung maßgeblich beeinflusst. Charakteristisch für diese Böden sind Stau- bzw. Dwoghorizonte. Die Flussmarschtypen entstanden in verschiedenster Ausprägung im Wechselspiel von Überflutungen und Ablagerungen.

### 2.1.2 Landschaftsgeschichte

Bis zum Mittelalter bedeckten ausgedehnte Bruch- und Auenwälder, Röhrichte, Sümpfe und Moore die Niederungen des nordwestdeutschen Flachlandes. Die Gewässer dieser Naturlandschaft bilden den ursprünglichen Lebensraum der Krebschere (*Stratiotes aloides*). Die genannten Lebensraumtypen sind heute bis auf wenige Relikte verschwunden. An die Stelle der Naturlandschaft ist eine Kulturlandschaft mit überwiegender Grünlandnutzung und einem systematisch angelegten Entwässerungssystem getreten.

Die Entstehung der Grabensysteme in den Bremer Niederungsgebieten geht auf die Hollerkolonisation im 12. und 13. Jahrhundert zurück. Die Holländer hatten mit dem Erzbischof von Bremen einen Vertrag geschlossen, der ihnen das Eigentum an dem kultivierten Land sicherte. Nach dem Hollerland wurden auch das Blockland, das Werderland sowie das Ober- und Niedervieland erschlossen und kultiviert. Die Hollerkolonisation schuf ein übergreifendes System von Deichen, Gräben und Sielschleusen. Quer zu den Grünlandgräben verliefen breitere Hauptentwässerungsgräben, die über Siele in den Deichen in die Fließgewässer mündeten. Diese Hauptentwässerungsgräben heißen Wettern oder Fleete und gehen teilweise auf natürliche Fließgewässer oder deren Nebenarme zurück.

Da die Flachlandgräben kaum Gefälle aufweisen, sind die Fließgeschwindigkeit und der Sedimenttransport stark eingeschränkt. Die künstlich geschaffenen Entwässerungsgräben können nur durch regelmäßige Unterhaltungsmaßnahmen in ihrer Funktion aufrechterhalten werden.

Die Räumung der Gräben erfolgte über Jahrhunderte in mühseliger Handarbeit. Bei der Räumung der Sohle wurde ein schmaler Spaten benutzt. Der Aushub wurde auf die Grabenkante gelegt und im Frühjahr mit einem Wagen abgefahren und als Dünger für Ackerflächen genutzt. Die Böschungsvegetation wurde im Spätsommer oder Herbst mit dem „Filtensnieder“ (sensenartiges Messer) geschnitten und mit dem Haken auf das Ufer gezogen, um das Schnittgut als Futter oder Stalleinstreu zu nutzen. Die früher praktizierte Handräumung wurde seit den dreißiger Jahren des 20. Jahrhunderts schrittweise durch maschinelle Verfahren abgelöst (KULP 2001).

Zur heutigen Praxis der Grabenunterhaltung in den Erprobungsgebieten siehe 2.3.

### 2.1.3 Hydrologische Situation

Allen drei Erprobungsgebieten ist gemein, dass die hydrologische Situation neben den natürlichen Faktoren wie Niederschlag und Tide im Wesentlichen durch die vom Menschen gesteuerte Wasserhaltung geprägt ist. Zur Steuerung der Wasserhaltung zählt das gezielte Zu- und Entwässern mit Hilfe von Sielen, Pumpen, Verwallungen, Stauen etc. sowie des Vorfluter- und Grabensystems. Die hydrologische Situation in den Erprobungsgebieten ist in **Karte 2** bis **Karte 4** dargestellt und wird im Folgenden zusammenfassend beschrieben.

### **2.1.3.1 Hollerland**

Die Wasserhaltung im Naturschutzgebiet „Westliches Hollerland“ ist abgekoppelt von den umliegenden Stadtflächen und wird zentral vom Bremischen Deichverband am rechten Weserufer gesteuert. Seit 1989 wird ein ökologisches Grabenräumprogramm im Auftrag von SUBVE umgesetzt. Im Grabenräumbereich befinden sich ca. 90 km Gräben mit einer Grabendichte von 300 m/ha.

### **Be- und Entwässerung**

Da im Sommer die Verdunstung höher ist als der Niederschlag, muss aus der Wümme zugewässert werden. Die frühere Zuwässerung über eine Pumpe bei der Kuhgrabenschleuse und einen Tränkewassergraben hatte eine ungünstige Lage mit der Folge, dass weit entfernt liegende Flächen im Südosten nicht genug Wasser bekamen. 1997 wurde ein neues Bewässerungssystem gebaut und Anfang 1998 in Betrieb genommen. Über das Kuhweidesiel gelangt Wasser aus der Wümme bei Tidehochwasser in einen sog. Schönungsteich und von dort über ein Einlassbauwerk in das Deichfleet im Hollerland und verteilt sich von dort über den Deichfleet und die Seitengräben im Gebiet. Das Kuhweidesiel wird geöffnet, wenn beim Stau Schelenkampsfleet/Kuhgraben ein Pegel von 55 cm ü. NN unterschritten wird, und schließt sich wieder, wenn ein Wasserstand von 65 cm ü. NN erreicht ist. Diese Steuerung erfolgt automatisiert über einen Computer beim Deichverband. Es wird weitgehend nur die Wassermenge zugewässert, die durch Verdunstung verloren geht. Ein ständiger Durchfluss, etwa zur Auffrischung, erfolgt nicht.

Die Entwässerung des gesamten Gebietes erfolgt seit 1997 über einen Stau im Südostteil zwischen Jan-Reiners-Weg und Autobahn. Bei starken Niederschlägen im Winter, aber auch im Sommerhalbjahr wird zusätzlich die Fischklappe im Staubauwerk am Schelenkampsfleet geöffnet, um größere Wassermengen in den Kuhgraben abzuleiten. Vor 1997 wurde das Hollerland über diesen Stau am Schelenkampsfleet in den Kuhgraben entwässert.

### **Wasserstände**

Bis 1985 wurden die Wasserstände ausschließlich nach den Bedürfnissen der Landwirtschaft geregelt. Im Sommer wurde eingestaut und im Winter abgesenkt. Zeitgleich mit der Unterschutzstellung 1985 wurde die winterliche Wasserstandssenkung beendet, die sommerliche Stauhöhe um 5 cm heraufgesetzt und ein ganzjähriges Stauziel von NN +0,55 m festgelegt. Ab 1987 wurde im Winter und Frühjahr (1.11.-15.5. und dann ab 1990: 1.11.-15.5.) auf NN +0,70 m eingestaut. Im Frühjahr erfolgte eine stufenweise Absenkung der Wasserstände auf NN +0,55 m. Seit 2005 ist die Stauhaltung ganzjährig auf NN +0,60 m festgelegt, eine winterliche Anhebung erfolgt nicht mehr.

## Polder

Seit 1985 wurden im Rahmen von Kompensationsmaßnahmen die Polder A-Nord, A-Süd und B zwecks Schaffung partiell bzw. flächenhaft überstauter Bereiche hergestellt (s. **Karte 2**).

### 2.1.3.2 Zentrales Niedervieland

Für die Regelung der Wasserstände und die Unterhaltung der Wasserbauwerke im Niedervieland ist der Bremische Deichverband am linken Weserufer zuständig. Die Be- und Entwässerungsgräben (Fleete, Tränkewasserzuleiter) sind Verbandsgewässer und unterliegen ebenfalls der Unterhaltung durch den Deichverband. Die Gräben zwischen den Parzellen wurden früher durch die Eigentümer der angrenzenden Grundstücke unterhalten. Seit 2000 zählt das zentrale Niedervieland zu den Grabenräumgebieten, in denen die Gräben als Unterhaltungsmaßnahme zur Kompensation für Eingriffe durch die Hanseatische Naturentwicklung ökologisch unterhalten werden (vgl. 2.3). Im Erprobungsgebiet Niedervieland liegen 218,5 km Gräben mit einer Grabendichte von 248 m/ha.

### Be- und Entwässerung

Das sehr dichte Grabennetz wird über das Mühlenhauser Schöpfwerk mit Wasser aus der Ochtum versorgt. Eine Zuwässerung erfolgt i.d.R. bei ausreichender Wasserstandshöhe aus dem tidebeeinflussten Außentief zur Ochtum durch Pumpen in ein unterirdisches Rohr bis zum Tränkewasserzuleiter Hasenbüren im Norden des Gebiets. Eine zusätzliche Zuwässerung erfolgt im Südosten aus der Ochtum in der Nähe der Köhlerbrücke über den Sandhöhengraben in das Mühlenhauser Fleet. Die Bewässerung des Gebietes erfolgt vor allem in den Sommermonaten zur Tränkewasserversorgung des Weideviehs und zur Aufrechterhaltung der viehkehrenden Funktion der Gräben. Die Entwässerung der Fleete erfolgt in süd-westlicher Richtung über das Neubrooksiel in die Ochtum. Bei lang anhaltendem Hochwasser kann das Grabensystem zusätzlich über das Schöpfwerk Mühlenhaus entwässert werden.

### Wasserstände

Großräumig weisen die Wasserstände im Niedervieland eine Schwankungsbreite zwischen NN + 0,80 und maximal NN + 1,20 m auf. Nur nach sehr lang anhaltenden Niederschlägen wird die Höhe von NN + 1,20 m kurzzeitig überschritten. Im Mittel wird der Wasserstand am Mühlenhaus im Frühjahr bei NN + 1,00 m gehalten.

## Polder

Zur Absicherung ökologisch günstiger, oberflächennaher Wasserstände in den Gräben der Kompensationsflächen wurde in den Teilbereichen Schutzzone nördlich der Deponie, GVZ-Ausgleichsfläche NV III und "Ökozelle" (inkl. umgebenden Grünlandflächen) eine separate

Wasserstandshaltung durch Neuanlage von Stauanlagen (Kulturstaue) und Gräben realisiert (s. **Karte 3**).

### **2.1.3.3 Werderland**

Für die Regelung der Wasserstände und die Unterhaltung der Fleete und Wasserbauwerke im Werderland ist der Bremische Deichverband am rechten Weserufer zuständig. Für einzelne Stauanlagen ist der BUND Bremen oder die swb Synor GmbH & Co.KG verantwortlich. Die Unterhaltung der Grünlandgräben führt seit dem Jahr 2000 die Hanseatische Naturentwicklung als Kompensationsmaßnahme durch. In einem Teilgebiet (Niederbürener Feldmark) wird die Grabenräumung von den ansässigen Landwirten übernommen. Die Grabenräumgebiete im Werderland umfassen insgesamt 141,5 km Gräben mit einer Grabendichte von 167 m/ha.

### **Be- und Entwässerung**

Bis zum Bau des Sandentnahmesees (heute: Grambker Sportparksee) erfolgte die Zuwässerung des Werderlandes aus der Lesum über das Burger Siel, den Burger Sielgraben und den Burger Verbindungsgraben in den Klöcknerrandgraben. Mit dem Bau und der Erweiterung des Sandentnahmesees wurde eine Änderung der Zuwässerungsstrecke notwendig, die fortan aus der Lesum über das Grambker-Oslebshäuser-Siel vorbei am Westfriedhof (heute Golfplatz) in den Abzugsgraben Fredewisch und schließlich in Richtung des Klöcknerrandgrabens reichte.

Der Klöcknerrandgraben versorgte wiederum über verschiedene Stauanlagen das Mittelfleet, den Pferdeweidengraben und den Niederbürener Verbindungsgraben mit Wasser. Da über den Klöcknerrandgraben nicht nur die Zuwässerung der Naturschutzflächen im Werderland sondern auch die Entwässerung des Bremer Industrieparks und der Siedlungsflächen an der Fredewisch erfolgte, durfte der Klöcknerrandgraben zur Vermeidung von Rückstauschäden in den Siedlungs- und Industriebereichen einen Wasserstand von nicht mehr als NN +0,70 m aufweisen. Damit waren auch die Stauhöhen in den nachgeordneten Kompensationsflächen im Werderland entsprechend begrenzt.

Die Entwässerung des südlichen Werderlandes erfolgt über den „Graben hinter der Hove“, den „Südlichen Landweggraben“ hinein in den Vierstückensielgraben und über das Vierstückensiel in die Lesum. Die Lesumbroker Feldmark entwässert in erster Linie über das Mittelfleet in den Vierstückensielgraben und schließlich in die Lesum.

### **Wasserstände**

In den Jahren 1998 bis 2005 bewegte sich die Steuerung der Wasserregime im gesamten Werderland zwischen ca. NN +0,40 und +0,70 m.

Seit 2005 hat die Qualität der Wasserhaltung im Werderland eine wesentliche Änderung erfahren. So wurden die Entwässerungssysteme für den Industriepark/ Fredewisch auf der einen und die Naturschutzflächen auf der anderen Seite hydraulisch getrennt. Unabhängig von

der Siedlungsentwässerung können nun im Klöcknerrandgraben und den daran gekoppelten Kompensationsflächen höhere Wasserstände gefahren werden.

## **Polder**

Im Werderland befinden sich drei Polder: der ca. 114 ha umfassende, im zentralen Werderland gelegene Polder Lesumbrok, der sogenannte Pferdeweiden-Polder und der 1990 unter Federführung des BUND Bremen vernässte Polder Hove (s. **Karte 4**).

### **2.2 Bedeutung der Erprobungsgebiete als Lebensraum für die Krebschere**

Die drei Erprobungsgebiete weisen z. T. eine herausragende Graben- und Ufervegetation u. a. mit bedeutenden Vorkommen der Krebschere auf, die einmalig für den nordwestdeutschen Raum ist. Mit der an sie gebundenen, stark bedrohten Insektenfauna weisen die Gebiete teilweise sehr seltene Lebensgemeinschaften auf, die von überregionaler Bedeutung sind.

Während die Bestände der Krebschere im Werderland in den letzten Jahren relativ stabil waren, sind die guten Vorkommen im Hollerland durch einen weitgehenden Zusammenbruch im Jahr 2004 und einer anschließenden Regeneration gekennzeichnet. Im Niedervieland kann dagegen ein kontinuierlicher und inzwischen dramatischer Rückgang der Bestände beobachtet werden. Die Art steht hier kurz vor dem lokalen Aussterben.

### **2.3 Ökologisches Grabenräumprogramm für Grünlandgräben**

Zur Sicherung der aus Sicht des Naturschutzes besonders hochwertigen Gräben in den Bremer Marschengebieten ist eine regelmäßige Grabenunterhaltung erforderlich. Die Grabenräumung ist Voraussetzung für den Fortbestand der biologischen Vielfalt, da jeweils verschiedene Arten und Artengemeinschaften in den unterschiedlichen Sukzessionsphasen nach einer Räumung auftreten.

Ziel der ökologischen Grabenräumung ist der Erhalt und die Entwicklung aller Sukzessionsstadien der Gräben als Lebensraum für - zum Teil gefährdete - Pflanzen- und Tierarten.

Seit 1989 wird im Hollerland ein ökologisches Grabenräumprogramm für Grünlandgräben, das von Andreas Nagler von der Naturschutzbehörde (jetzt SUBVE) konzipiert wurde, durchgeführt. Ausgangspunkte waren zum einen Beschwerden von Landwirten über eine mangelnde Bewirtschaftungsfähigkeit einzelner Flächen aufgrund unzureichender Entwässerung und nicht mehr erfolgter Grabenunterhaltung. Zum anderen wurde beobachtet, dass insbesondere die frühen Sukzessionsstadien (Laichkrautgräben) stark zurückgingen, die Gräben zunehmend verlandeten und damit auch die Krebscherebestände bedroht waren. Nach Einteilung in Dringlichkeitsstufen (Sukzessionsstadien) wurde innerhalb von fünf Jahren das komplette Grabensystem im Hollerland einmal geräumt bzw. wieder hergestellt. Die Räumung erfolgte schonend mit dem Mähkorb im September / Oktober und wurde vor Ort fachlich begleitet.

1991 beauftragte der Senator für Umweltschutz und Stadtentwicklung die Landschaftsökologische Forschungsstelle Bremen (LFB), aufbauend auf den Erfolgen aus dem Hollerland ein ökologisch ausgerichtetes Grabenräumprogramm für das Niedervieland zu konzipieren. Die Grabenräumung sollte als Ausgleichsmaßnahme für Eingriffe möglichst umweltschonend erfolgen und die Vielfalt der aquatischen Lebensgemeinschaften sichern. Das konzipierte Programm wurde anschließend im Niedervieland experimentell durchgeführt und durch vegetationskundliche und faunistische Untersuchungen in den Jahren 1991 bis 1995 begleitet. Die Ergebnisse der Begleituntersuchungen flossen in das heute praktizierte Ökologische Grabenräumprogramm ein. Die Eigentümer haben ihre Pflicht zur Grabenräumung auf öffentliche Einrichtungen übertragen.

Seit 2000 hat die Hanseatische Naturentwicklung GmbH die Durchführung des Ökologischen Grabenräumprogramms im Auftrag des Senators für Umwelt, Bau, Verkehr und Europa im Hollerland und im Auftrag verschiedener Vorhabenträger im Rahmen der Eingriffsregelung in weiteren Grabenräumgebieten in Bremen übernommen. Die Grabenräumgebiete sind in Abb. 3 dargestellt und umfassen das Werderland, das zentrale Niedervieland, das Naturschutzgebiet „Ochtumniederung bei Brokhuchting“, das Grünland südlich des Flughafens, den Polder Oberblockland, das Naturschutzgebiet „Westliches Hollerland“ und seit 2009 Teile des Blocklandes.



Abb. 3: Grabenräumgebiete in Bremen.

Im Folgenden wird das Ökologische Grabenräumprogramm für Grünlandgräben in Bremen näher beschrieben.

### Grabenkataster

Alle Gräben werden in einem Grabenkataster geführt und digital als GIS-Daten in der Datenbank mit einer individuellen Nummer abgelegt. Die jährlich durchgeführten Unterhaltungs-

maßnahmen werden in einem Grabenräumplan dokumentiert (Räumjahre). Nur so ist ein entsprechendes langjähriges Management möglich.

### Räumgerät

Im Hollerland wird der Mähkorb (Grabenkorb mit Balkenmähwerk) zur Grabenräumung eingesetzt. Im Niedervieland und im Werderland kommt ein Grabenkorb ohne Mähwerk zum Einsatz. Bei stark verlandeten Gräben oder Wasserlinsen-Gräben wird auch eine Bagger-schaufel eingesetzt. Auf die Grabenfräse wird zum Schutz der Tiere (Gefahr der Verletzung / Tötung) in allen Gebieten verzichtet.

### Räumfrequenz

Die Räumintervalle werden anhand der individuellen Vegetationsentwicklung der Gräben festgelegt. Zur Festlegung der zu räumenden Gräben erfolgt jährlich eine ökologische Grabenschau, in der die Verlandungsstadien der Grünlandgräben erfasst werden (vgl. Tab. 2). Anschließend werden die in dem Jahr zu räumenden Gräben festgelegt, wobei maximal 1/5 des gesamten Grabensystems eines Gebietes geräumt wird, um die Vielfalt verschiedener Sukzessionsstadien zu erhalten. Damit ergibt sich im Schnitt ein Räumrhythmus von etwa 5 Jahren pro Graben. Einzelne Gräben, die sehr schnell verlanden (z. B. weil sie sehr schmal sind oder das Ufer durch Viehtritt herunter getreten wird), werden auch in kürzeren Zeiträumen von 2 bis 4 Jahren unterhalten. Andererseits sind auch längere Abstände möglich, wo die hydrologischen Bedingungen es zulassen.

Der Zeitabstand von 5 Jahren für Krebscherengräben begründet sich insbesondere durch den Schutz von Libellenarten wie *Aeshna viridis*. Diese Zielarten sowie die Krebschere selbst werden durch kürzere Räumintervalle stark beeinträchtigt (HANDKE et al. 1999).

Tab. 2: Definition der zu erfassenden Verlandungsstadien bei der Ökologischen Grabenschau in Bremen

Code	Verlandungsstadium	Kürzel	Erläuterung
V1	Völlig verlandeter Graben	vV	Graben mit 100 % Röhrichtvegetation, keine Wasserpflanzen
V2	Stark verlandeter Graben	sV	Röhrichtvegetation 40-100 %; kaum Wasserpflanzen, abschnittsweise Wasserlinsen
V3	Beginnende Verlandung	bV	Röhrichte bis 40 %, Makrophytenvegetation bereits eingeschränkt
V4	Wasserlinsengraben	W	Nahezu geschlossene Wasserlinsendecke
V5	Optimalstadium	O	Dichte und artenreiche Makrophytenvegetation, Krebscherengraben
V6	Initialstadium	I	Lückiges Makrophyten-Pionierstadium mit wenigen Arten;
	verschlammtes Initialstadium	sl	verschlammter Graben mit lückiger Vegetation

### **Schonung bestimmter Pflanzenbestände**

Die Räumung erfolgt grundsätzlich von einer Seite aus, wobei das Räumgut ein- oder beidseitig am Graben abgelegt wird. Zudem werden wertvolle Vegetationsbestände am Ufer und im Wasser ausgespart (z. B. Wasserfeder, Schwanenblume, Fieberschere, bei geringen Deckungsgraden auch die Kriebsschere selbst). Dieses Vorgehen erfordert eine fachliche Begleitung und Schulung des Personals der beauftragten Firmen für die Grabenräumung. Freilandökologen begleiten deshalb die Grabenräumung und weisen das Personal ein. In den meisten Gebieten erfolgt eine Kennzeichnung der Bestände, die geschont oder umgesetzt werden sollen, durch Pflöcke im Gelände. Mit wenigen Ausnahmen erfolgt die Räumung durch Lohnunternehmen.

### **Räumung bestimmter Sukzessionsphasen**

Die Räumung soll rechtzeitig vor dem Verlandungsstadium erfolgen, um das floristische und faunistische Artenspektrum zu erhalten. Bei stark verlandeten Gräben ist eine schonende Grabenräumung nicht erfolgreich, da die Gefahr einer raschen Wiederbesiedlung durch Röhrichtpflanzen besteht.

### **Jahreszeit**

Die Grabenräumung wird in der Zeit zwischen Anfang Oktober und Mitte November durchgeführt.

Eine Räumung in den Frühjahrs- und Sommermonaten ist sowohl aus landwirtschaftlicher Sicht (Beeinträchtigung der Mahd und Beweidung) als auch aus Aspekten des Naturschutzes (Störung während der Fortpflanzungszeit vieler Tierarten, Sauerstoffzehrung im warmen Wasser durch Aufwirbelung organischen Materials) nicht zu empfehlen. In den Wintermonaten weist ein großer Teil der Fauna nur eine eingeschränkte Mobilität auf und ist kaum noch in der Lage, vor den Räumgeräten zu flüchten bzw. vom Grabenrand aus wieder ins Wasser zurückzukehren. Als günstigsten Zeitraum wurde von HANDKE et al. (1999) als Ergebnis der Begleituntersuchungen im Niedervieland die Zeit von Mitte September bis Mitte November benannt.

### **Beimpfung mit Kriebsscheren**

Im Zusammenhang mit der Räumung werden floristisch verarmte Gräben teilweise mit Kriebsscheren beimpft. Hierzu werden die während der Räumung entnommenen Kriebsscherenpflanzen unmittelbar oder nach kurzer Transportstrecke in frisch geräumte Grabenabschnitte versetzt.

Diese Maßnahme begründet sich durch das geringe Ausbreitungspotenzial der Kriebsschere und die hohe naturschutzfachliche Bedeutung der Kriebsscheren-Gesellschaft. Das Vorgehen hat sich in der Vergangenheit bewährt.

### **Berichte zum Gebietsmanagement**

Die durchgeführte Grabenräumung sowie weitere Maßnahmen im Rahmen des Gebietsmanagements (Biotoppflege, Ablesen der Pegelstände etc.) werden in jährlichen Berichten in Text und GIS-Karten dokumentiert.

## 3 Das Erprobungskonzept

### 3.1 Hypothesen zu den Ursachen des Krebscherenrückgangs

Die nachfolgend beschriebenen Hypothesen zu den vermuteten Ursachen des Krebscherenrückgangs in den Bremer Verbreitungsgebieten Hollerland (HL), Niedervieland (NL) und Werderland (WL) (Lage s. **Karte 1**) liegen dem Vorhaben zu Grunde. Sie basieren aus den Beobachtungen und Kenntnissen zu den im Projekt betrachteten Erprobungsgebieten. Sie dienen der Ableitung von Arbeitshypothesen zur Entwicklung geeigneter Erprobungsmaßnahmen. Die abgeleiteten Arbeitshypothesen galt es durch geeignete Freilandexperimente im Projektverlauf zu überprüfen.

#### Hypothese 1 - Habitatqualität

Das im Hollerland verwendete Gerät zur Grabenräumung und die bisherige schonende Räummethode mit dem offenen Mähkorb entfernen den Schlamm nicht effektiv genug aus dem Grabensystem, so dass die Habitatqualität für den Aufbau dichter Krebscherenbestände nicht optimal ist.

Bei der Grabenräumung mit Mähkorb im Hollerland fließen große Mengen Schlamm während der Entnahme und aus der Uferablage wieder in die geräumten Grabenabschnitte zurück. Nach der Räumung weist das Grabenwasser eine starke Trübung auf. Erst nach einigen Tagen sinken die Trübstoffe zum Gewässergrund ab und bilden schnell wieder neue Schlammschichten.

Durch den verbleibenden Schlamm scheint eine Beeinträchtigung der natürlichen vertikalen Dynamik (winterliches Absinken) der Krebscheren und der vitalen Wiederbesiedlung im Folgejahr durch die verbleibenden Pflanzen gegeben zu sein. Bedingt durch den verbleibenden Schlamm wird das Wieder-Erreichen des Verlandungsstadiums beschleunigt. Es entstehen immer kürzere Sukzessionszyklen, die bereits mit verschlammten Initialstadien mit Röhrichten anfangen und der Ausbildung artenreicher optimaler Krebscherengräben wenig Raum lassen. Das Ziel der Grabenräumung, durch die Schaffung von geeigneten Pionierstandorten den Sukzessionsprozess zur Ausbildung von optimalen Krebscherengräben zu fördern, erscheint mit der bisher praktizierten Räumtechnik kaum erreichbar.

#### Hypothese 2 - Räumzeitpunkt

Der erfolgreiche Neuaufbau von Krebscherenbeständen nach der Räumung wird vom Verlandungsgrad des Grabens, d. h. vom Stadium der Vegetationsentwicklung vor der Räumung, und vom Räumzeitpunkt im Jahr mitbestimmt.

Untersuchungen zur Begleitung der Grabenräumung im Niedervieland (HANDKE et al. 1999) geben Hinweise darauf, dass die Wiederbesiedelung durch Krebscheren nach der Grabenräumung vom Verlandungsgrad der geräumten Gräben abhängig ist, d. h. vom Zeitpunkt der

Räumung im Sukzessionsablauf. In völlig verlandeten Grabenabschnitten trat die Krebssschere nach der Räumung nicht neu auf, während sie in geräumten Krebssscheren-Gräben rasch wieder hohe Deckungswerte ausbildete.

Zudem wird vermutet, dass auch der Zeitpunkt der Grabenräumung im Jahresverlauf einen Einfluss auf die Ausbildung der Krebssscherenbestände hat. Ein Räumzeitpunkt kurz vor oder während der Absinkphase der Krebssschere führt möglicherweise zu einer Schwächung der verbleibenden Bestände und zu hohen Überwinterungsverlusten. Eine jahreszeitlich frühere Räumung hingegen sollte durch die ausreichend verbleibende Erholungs- und Anpassungszeit zwischen Räumung und winterlichem Absinken der Krebssscheren zu vitaleren Überwinterungsbeständen führen.

### **Hypothese 3 - Hydrodynamik**

Die Frequenz und Art der Grabenräumung hat im Niedervieland zu einer Erhöhung der Hydro-Dynamik im Grabensystem geführt, die die Entwicklung der Krebssscheren beeinträchtigt.

Im Grabensystem des Niedervielands werden die Wasserstände durch gezielte Zu- und Entwässerung in niederschlagsreichen Wintern niedrig gehalten, um bereits im zeitigen Frühjahr eine Bewirtschaftung zu ermöglichen. Im Sommer hingegen wird durch Zuwässerung ein Austrocknen der Flächen verhindert. Mit der Beseitigung des Schlamms sowie der Wasser- und Ufervegetation mit dem Grabenlöffel entstehen verbesserte Abflussbedingungen. Die Wasseroberfläche der jetzt breiteren und nahezu vegetationsfreien Gräben ist stärker dem Wind ausgesetzt. Diese Bedingungen können in den Gräben zu Wellenschlag, höheren Fließgeschwindigkeiten und Wasserstandsschwankungen bis hin zum Trockenfallen ganzer Grabenareale bei trockenen Witterungsverhältnissen führen, die von der Krebssschere nicht toleriert werden (z. B. SINNING 2001).

### **Hypothese 4 - Salzwasseraufstieg**

Die Abnahme der Leitfähigkeit im Grabenwasser des Hollerlands und des Niedervielands ist Folge eines reduzierten Salzwasseraufstiegs aus dem Grundwasser und hat zu suboptimalen chemisch-physikalischen Standortbedingungen für die Krebssschere geführt.

Die Wasserqualität der Marschengräben im Bremer Raum wird im besonderen Maße durch aufsteigendes, salzhaltiges Grundwasser mitbestimmt. Nach ORTLAM (1984) und ORTLAM & SAUER (1995) liegen die Untersuchungsgebiete jeweils am Rande eines Salstockes, von dem aufsteigendes Salzwasser in die Oberflächengewässer verdriftet wird. Entscheidend ist dabei die Süßwasserauflast, die etwa im Verhältnis 1:13 (1 cm mehr Auflast drückt den Aufstieg 13 cm tiefer) für eine Tiefverlagerung der Salzwasserfahnen führt. Dieses Salzwasser versorgt die Gräben neben Chloriden auch mit einer Reihe von Ionen (Natrium, Magnesium, Calcium, Kalium, Eisen, u. w.). Der daraus resultierende hohe Gehalt an Hydrogencarbonat (und evtl. auch der anderen Stoffe) wird als wichtige Voraussetzung für das Auftreten vitaler Krebssscherenbestände angesehen (MONTESANTOS 1912, SCULTHORPE 1967, ROELOFS 1991,

1996, PRINS & DE GUIA 1986). Ein weiterer Hinweis ergibt sich aus der Übereinstimmung der aktuellen Verbreitung der Krebschere in Nordwestdeutschland (CORDES et al. 2006) mit der Versalzung der Grundwasserleiter und der Lage der Salzstöcke (LBEG o. J.).

Der Vergleich von Untersuchungen aus den 1980er Jahren (KESEL 1983) mit Messungen von 2000 bis 2005 (KESEL 2006b) geben Hinweise darauf, dass die Leitfähigkeit des Grabenwassers im Hollerland erheblich abgenommen hat. Dass dieser Trend bis heute anhält, ist wahrscheinlich und wird durch folgende Punkte gestützt:

- Die Siedlungsentwicklung im Randbereich des Hollerlandes hat vermutlich zu einer Absenkung des Grundwassers geführt.
- Die mit der Bebauung verbundene Änderung der Zuwässerung führt wahrscheinlich weniger salzhaltiges Oberflächenwasser in das Gebiet.
- Das zugewässerte Wasser wirkt möglicherweise gemeinsam mit dem zunehmenden sedimentierten Schlamm aus den Trübstofffrachten als Auflast und verhindert den Aufstieg des Grundwassers in das Grabensystem.

### **Hypothese 5 - Wasserqualität**

Die Qualität des zugewässerten Grabenwassers in den Erprobungsgebieten schränkt die Vitalität der Krebscherebestände ein.

Die Qualität des Grabenwassers ist neben dem zuströmenden Grundwasser abhängig von der Qualität des von außen in die Gebiete zugeführten Oberflächenwassers, der Qualität des gebietseigenen Wassers, welches über Niederschläge in das Grabensystem gelangt, und der Intensität der angrenzenden landwirtschaftlichen Nutzung.

Durch zugewässertes nähr- und trübstoffreiches Flusswasser sowie aus angrenzendem Grünland ausgewaschene Nährstoffe können über Eutrophierungsprozesse anaerobe Milieubedingungen in den Gräben entstehen. Unter anaeroben Bedingungen wird dann in einer komplizierten Wirkungskette Eisensulfid im Grabenschlamm gebildet, welches zu Eisenmangel und zu Phosphatfreisetzung führen kann. Ist nicht genügend Eisen zur Bildung von Eisensulfid vorhanden, kann überschüssiges Sulfid dann toxisch auf die Krebscherebestände wirken (ROELOFS 1991, SMOLDERS & ROELOFS 1993, SMOLDERS et al. 1996, SMOLDERS et al. 2003, 2006). Die Phosphatfreisetzung fördert zudem toxische Konzentrationen von Ammonium. Eine weitere Rolle können erhöhte Sulfatgehalte spielen.

Auch Nährstoffmangelerscheinungen können als Ursache für eine geringe Vitalität der Krebscherebestände angesehen werden. Bei Untersuchungen der Nährstoffkonzentrationen in Pflanzengewebe von vitalen und geschädigten Krebschere-Beständen in den Niederlanden (SMOLDERS et al. 1996) wird Eisenmangel infolge des oben beschriebenen Eutrophierungsprozesses als mögliche Ursache für das Absterben von Pflanzen vermutet.

## Hypothese 6 - Ausbreitungspotenzial

Die überwiegend vegetative Fortpflanzung der getrennt-geschlechtlichen (zweihäusigen) Krebschere schränkt ihr Ausbreitungspotenzial ein und erhöht über die genetische Vererbung ihr (lokales) Aussterberisiko.

Aufgrund der überwiegend vegetativen Vermehrung der Krebschere werden entfernt liegende Areale selbst bei dort geeigneten abiotischen und biotischen Voraussetzungen in der heutigen Weseraue nur eingeschränkt besiedelt. Fehlende Überflutungsereignisse im nachhaltig veränderten Gewässersystem der Aue schränken den Transport von Diasporen der Art weiter ein. Gehen isoliert liegende Krebscherenpopulationen aufgrund sich ändernder Umweltbedingungen zu Grunde oder werden vollständig entnommen, ist eine natürliche Neubesiedlung kaum noch möglich.

Voraussetzung für das langfristige Überleben der Art bei sich verändernden Lebensraumbedingungen ist eine genetische Diversität der Populationen, die durch geschlechtliche Fortpflanzung über Samen sichergestellt wird (SMOLDERS et al. 1995 a, b). Sind in einem Gebiet verschiedene Genotypen vorhanden, sinkt das Aussterberisiko der Art. Voraussetzung dafür sind gemischtgeschlechtliche Bestände.

### 3.2 Arbeitshypothesen zur Ableitung der Erprobungsmaßnahmen und ihrer Wirkungskontrolle

Aus den oben ausgeführten Hypothesen zu den Ursachen und den bisherigen Erfahrungen im Management der Grabensysteme ergeben sich nachfolgende Arbeitshypothesen als Grundlage für die Entwicklung konkreter Maßnahmen für die Erprobung. Diese setzen an folgenden Überlegungen an:

#### **Arbeitshypothese 1 - Eine Intensivierung der Grabenräumung fördert die Habitatqualität für die Krebschere im Hollerland**

Eine Optimierung des eingesetzten Grabenräumgeräts und ein mehrmaliges Hineingreifen in den Graben mit einem geschlosseneren Mähkorb führen zu einer effektiveren Entschlammung und damit zu einer verbesserten Habitatqualität, die die Wiederbesiedlung und Ausbreitung der Krebschere mit erhöhter Vitalität fördert.

#### **Abgeleitete Erprobungsmaßnahmen:**

- Recherche nach weiteren Grabenräumgeräten aus anderen Regionen
- Optimierung des eingesetzten Grabenräumgerätes (Einlage eines Lochblechs in den Mähkorb)
- Testeinsätze von neuen Grabenräumgeräten
- Erhöhung der Räumintensität durch mehrmaliges Hineingreifen mit vorhandenem Gerät zur effektiveren Schlammentnahme

### **Wirkungskontrollen zur Überprüfung:**

- Kontrolle der Vegetationsentwicklung
- Kontrolle der Krebscherenbestände
- Kontrolle der Grabenmorphologie
- Kontrolle der Gewässerqualität
- Untersuchungen zur Fischfauna

### **Arbeitshypothese 2 - Eine Veränderung des Räumzeitpunktes unterstützt den Neuaufbau vitaler Krebscherenbestände nach der Grabenräumung**

Die Einbeziehung früher Sukzessionsstadien in die Grabenräumung sowie ein jahreszeitliches Vorziehen der Räumung verbessert die Wiederbesiedlung der Gräben durch die Krebschere und fördert die Vitalität der Bestände.

### **Abgeleitete Erprobungsmaßnahmen:**

- Räumung auch früher Sukzessionsstadien (Optimalstadium und verschlammtes Initialstadium)
- Vorverlegung der Grabenräumung vom Herbst in den Spätsommer

### **Wirkungskontrollen zur Überprüfung:**

- Kontrolle der Vegetationsentwicklung
- Kontrolle der Krebscherenbestände
- Kontrolle der Grabenmorphologie
- Kontrolle der Gewässerqualität

### **Arbeitshypothese 3 - Eine Verringerung der Wasserdynamik ermöglicht die Erholung der Krebscherenbestände im Niedervieland**

Starke Wasserstandsschwankungen durch zuströmendes Wasser oder infolge des Wasserabflusses bei an der landwirtschaftlichen Nutzung orientierten variablen Wasserstandshaltungen werden dadurch vermieden.

### **Abgeleitete Erprobungsmaßnahme:**

- Abdämmung von Gräben durch Stautafeln

### **Wirkungskontrollen zur Überprüfung:**

- Kontrolle der Vegetationsentwicklung
- Kontrolle der Krebscherenbestände
- Kontrolle der Gewässerqualität

#### **Arbeitshypothese 4 - Eine Zufuhr salzhaltigen Grundwassers in das Grabensystem führt zu einer Verbesserung der Wasserqualität für die Krebschere.**

Die Wasserqualität des Wassers im Grabensystem ist nicht nur abhängig von der Qualität des zugewässerten Wassers, sondern wird auch durch den Aufstieg von salzhaltigem Grundwassers beeinflusst.

##### **Abgeleitete Erprobungsmaßnahme:**

- Einsatz von Grundwasserpumpen

##### **Wirkungskontrollen zur Überprüfung:**

- Kontrolle der Vegetationsentwicklung
- Kontrolle der Krebscherebestände
- Kontrolle der Gewässerqualität
- Analyse externer Daten zur Gewässerqualität

#### **Arbeitshypothese 5 - Eine Verbesserung der Qualität des Zuwässerungswassers aus der Wümme (Hollerland) fördert die Ausbreitung und Vitalität der Krebschere.**

Die Gewässergüte der Wümme kann von zahlreichen Einflussfaktoren und Belastungsquellen bestimmt sein, die im Rahmen des Vorhabens nicht ausreichend recherchiert und beseitigt werden können. Eine wirksame Maßnahme muss im Gebiet realisierbar sein.

##### **Abgeleitete Erprobungsmaßnahme:**

- Anlage von Filterstrecken durch Röhrichte

##### **Wirkungskontrollen zur Überprüfung:**

- Kontrolle der Vegetationsentwicklung
- Kontrolle der Krebscherebestände
- Kontrolle der Gewässerqualität
- Analyse externer Daten zur Gewässerqualität

#### **Arbeitshypothese 6 - Die Förderung der Verbreitung und der geschlechtlichen Vermehrung der Krebschere verringert ihr Aussterberisiko.**

Die Reproduktion der Krebschere kann durch Beimpfungsmaßnahmen gefördert werden.

### **Abgeleitete Erprobungsmaßnahme:**

- Anlage von Spendergewässern
- Entwicklung eines Geräts zur Krebscherenentnahme und -umsetzung
- Beimpfung krebscherenfreier Gräben mit kleinen Krebscherenpopulationen
- Einsetzen des jeweils anderen Geschlechts in eingeschlechtliche Krebscherenbestände
- Ausbringung von Samen und Turionen in Gräben

### **Wirkungskontrollen zur Überprüfung:**

- Kontrolle der Vegetationsentwicklung
- Kontrolle der Krebscherenbestände
- Kontrolle der Grabenmorphologie
- Analysen der genetischen Variabilität

### **Arbeitshypothese 7 - Die im Projekt erprobten Maßnahmen und abgeleiteten Empfehlungen für das zukünftige Grabenmanagement beeinträchtigen die weiteren Zielarten des Naturschutzes nicht.**

Die Abdämmung von Gräben kann die Ausbreitung wandernder Grabenarten wie z. B. Fische behindern oder im und am Graben lebende Tiere können bei der Grabenräumung direkt geschädigt werden. Hinweise zu möglichen Beeinträchtigungen werden im Vorhaben ebenfalls ermittelt.

### **Wirkungskontrollen zur Überprüfung:**

- Untersuchungen zur Fischfauna
- Analyse vorliegender Daten zur Libellenfauna

Die aus den sieben Arbeitshypothesen abgeleiteten Maßnahmen (Beschreibung s. Kap. 4) werden zeitlich, räumlich und fachlich konkretisiert und in ein Erprobungskonzept (s. Kap. 3.3) eingebunden, in dessen Rahmen ihre Wirkungen auf die Entwicklung der Krebschere durch geeignete Kontrollen überprüft werden (Beschreibung s. Kap. 5).

## **3.3 Erprobungskonzept: Zielsetzung, Anforderungen und Grenzen**

### **3.3.1 Zielsetzung**

Schwerpunkt des Projekts war die experimentelle praktische Erprobung von Maßnahmen und ihrer Wirkungskontrolle zur Ableitung von Ursachen für den Krebscherenrückgang und zur Evaluierung von praktikablen Gegenmaßnahmen. Dies erforderte ein stark praxisorientiertes Vorgehen, um Erkenntnisse unmittelbar in das praktische Management der verschie-

denen Institutionen einbinden zu können. Um fundierte Erkenntnisse gewinnen zu können, war eine wissenschaftlich strukturierte Wirkungskontrolle der Maßnahmen erforderlich.

### 3.3.2 Anforderungen und Grenzen

Die Auswahl und räumliche Zuordnung der Maßnahmen orientierte sich an den gebietsspezifischen Problemen und Rahmenbedingungen und basierte auf den langjährigen Erfahrungen und Gebietskenntnissen der Projektpartner. Die Maßnahmen wurden nicht flächendeckend in jedem Gebiet, sondern exemplarisch an ausgewählten Grabenabschnitten vor dem Hintergrund der gebietsspezifischen Bedingungen umgesetzt. Es konnte nicht jede Maßnahme in allen drei Gebieten realisiert werden. Auswahl, Lage und Anzahl der ausgewählten Maßnahmengräben richtete sich dabei nach den Kriterien: Krebscherenvorkommen und Verlandungsgrad/Sukzessionsstadium bei Projektbeginn, Erreichbarkeit im Gebiet, zeitliche Machbarkeit, festgelegter Aufwands- und Finanzrahmen.

Zur fachlichen und räumlichen Konkretisierung der Maßnahmen und ihrer Wirkungskontrollen waren Voruntersuchungen nötig. Sie dienten als Planungsgrundlage zur räumlichen Festlegung der Maßnahmengräben und der Probestrecken zur Wirkungskontrolle. Hierzu waren in den ausgewählten Probegebieten flächendeckend die Krebscherenvorkommen und ihre Geschlechterverteilung sowie das Sukzessionsstadium der Gräben zu ermitteln.

Aus den Arbeitshypothesen ergeben sich drei Maßnahmenkomplexe: Optimierung der Grabenräumung, Optimierung der Wasserqualität und des Wasserhaushalts und Optimierung der Krebscherenpopulationen. Die Maßnahmen zur Optimierung der Räummethode und die zur Optimierung der Wasserqualität und des Wasserhaushalts wurden mit den Maßnahmen zur Optimierung der Populationsstabilität und Ausbreitung der Krebschere kombiniert. Durch die Beimpfung der krebsscherenfreien Probestrecken mit Krebscherenbeständen ist eine direkte Wirkungskontrolle der Räummaßnahmen und der Wassermaßnahmen durch das Verhalten der Zielart Krebschere möglich. Gleichzeitig kann damit die Effektivität von Beimpfungsmaßnahmen überprüft werden. Zum Vergleich wurden Probestrecken ohne Maßnahmen (Kontrollen) eingerichtet und deren Entwicklung mit den Maßnahmengräben vergleichend bewertet.

Für die Überprüfung der Maßnahmen im Hollerland und Niedervieland steht als hervorragend mit Krebscherenbeständen ausgestattetes Vergleichsgebiet das Werderland zur Verfügung. Auf eine Erprobung von Beimpfungs- und Wassermaßnahmen wird dort daher verzichtet und nur die Räumungsmaßnahmen an optimal entwickelten Krebscherengräben durchgeführt sowie einige Bestände als Spenderbestände für Beimpfungsmaßnahmen im Niedervieland genutzt. Die Verbreitung der Krebschere im Werderland liefert in Verbindung mit den Standortbedingungen und dem Grabenmanagement wichtige Referenzwerte für die Bewertung der Maßnahmen in den anderen Erprobungsgebieten.

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über alle durchgeführten Maßnahmen sowie die Anzahl der Probestrecken in den Untersuchungsgebieten.

Tab. 3: Liste der durchgeführten Maßnahmen und zugehöriger Sukzessionsstadien

Kürzel	Art der Maßnahme	Gebiet			Verland..-Phase			
		HL	NV	WL	sl	O	W	bV
<b>Maßnahmen zur Optimierung der Räummethode</b>								
RNH07	Räumung Normal Herbst (Oktober) 2007	9	16	8	1	16	4	12
RIH07	Räumung Intensiv Herbst (Oktober) 2007	12	0	6	0	8	1	9
RNS08	Räumung Normal Spätsommer (Sept. 2008)	4	0	6	2	7	0	1
RIS08	Räumung Intensiv Spätsommer (Sept. 2008)	4	0	0	0	1	1	2
RNH08	Räumung Normal Herbst (Oktober) 2008	6	3	3	1	3	3	5
RIH08	Räumung Intensiv Herbst (Oktober) 2008	6	3	3	0	7	2	3
RAH	Räumung Alternatives Räumgerät	(2)	0	0	-	-	-	-
RKK	Räumung Keine (Kontrolle)	23	13	10	9	26	1	10
Gesamtzahl:		64	35	36	13	68	12	42
<b>Maßnahmen zur Optimierung der Populationsstabilität und Ausbreitung der Krebschere</b>								
BPH07	Beimpfung mit Population Herbst 2007	20	14	0	3	10	4	17
BTH07	Beimpfung mit Turionen Herbst 2007	2	1	0	0	3	0	0
BPF08	Beimpfung mit Population Fröhsommer 2008	8	6	0	0	10	1	3
BPS08	Beimpfung mit Population Spätsommer 2008	8	0	0	2	1	2	3
BPH08	Beimpfung mit Population Herbst 2008	10	6	0	1	4	5	6
BSP	Spenderpopulation für Beimpfung	2	3	2	0	7	0	0
BKK	Beimpfung Keine (Kontrolle)	24	10	34	7	45	1	15
Gesamtzahl:		74	40	36	13	80	13	44
<b>Maßnahmen zur Optimierung der Wasserqualität und des Wasserhaushalts</b>								
WG	Wassermaßnahme Grundwasserbrunnen	2	2	0	2	0	0	2
WR	Wassermaßnahme Klärstrecke	3	0	0	0	0	0	3
WK	Wassermaßnahme Kontrolle Klärstrecke	3	0	0	0	0	0	3
WA	Wassermaßnahme Grabenabdämmung	0	3	0	0	1	1	1
Gesamtzahl:		8	5	0	2	1	1	9

Erläuterung der Kürzel: 1. Buchstabe: R = Räummaßnahme, B = Beimpfungsmaßnahme, W = Wassermaßnahme; 2. Buchstabe: N = normale Räumintensität, I = intensive Räumintensität, K = Keine Maßnahme (Kontrolle), A = alternative Räumgeräte, P = Beimpfung mit Population, T = Beimpfung mit Turionen, G = Grundwasserbrunnen, R = Röhrichtstrecke, K = Kontrollstrecke für R, A = Abdämmung; 3. Buchstabe: H = Maßnahme im Herbst, F = Maßnahme im Fröhsommer, S = Maßnahme im Spätsommer; S = Spenderpopulation für Beimpfungen; Sukzessionsphasen: sl = verschlammte Initialphase, O = Optimalphase, bV = beginnende Verlandungsphase

### 3.4 Konzept der Wirkungskontrollen

#### 3.4.1 Zielsetzung

Um die Auswirkungen der verschiedenen Grabenräum- und Beimpfungsmaßnahmen auf die Projektleitart Krebschere beobachten und analysieren sowie praxisorientierte Handlungsanweisungen ableiten zu können, war eine effektive Wirkungskontrolle einzurichten. Die

zentralen Parameter der Wirkungskontrolle waren die Entwicklung der Vegetation und der Krebscherenbestände, deren Vitalität und Produktivität sowie die Wasserparameter Leitfähigkeit, pH-Wert, Temperatur, Sauerstoff, Nitrat, Ammonium, Ortho-Phosphat, Chlorid, Hydrogencarbonat, Calcium, Eisen gelöst und Sulfat. Als weitere Kontrollen wurden die Grabenmorphologie und ausgewählte faunistische Gruppen (Fische, Libellen) erfasst sowie die genetische Variabilität der Krebschere untersucht. Die Wirkungskontrolle in den Maßnahmengraben wurde vergleichend zu Gräben ohne Maßnahmen (Referenzgräben) durchgeführt. Die eigenen Kontrollen wurden durch Auswertungen externer Hydrologiedaten ergänzt.

### 3.4.2 Probestrecken und Probestellen

Die Wirkungskontrollen fanden nicht im gesamten Erprobungsgraben statt, sondern in eingerichteten Probestrecken. Innerhalb der Probestrecken wurden Probestellen definiert, an denen die Wasserparameter in regelmäßigen Abständen erhoben wurden. Zusätzlich wurde ein ca. 100 Messstellen pro Gebiet umfassendes Messstellennetz für den Parameter Leitfähigkeit als Leitparameter für die Krebschere eingerichtet.

Als Kriterien für die Auswahl der Probestrecken/Probestellen dienten:

- Räumliche Erreichbarkeit ohne allzu großen Zeitaufwand zur Durchführung von zügigen Beobachtungs- und Messkampagnen und ohne Beeinträchtigung von Weidevieh;
- Zur Verfügung stehende Personal- und Laborkapazitäten für die Erfassung und Analyse der Wasserproben.

Als Probestrecken wurden 30 m lange Grabenabschnitte eingerichtet und die Streckenmitte (Probestelle) mit farblich gekennzeichneten Bambusstangen und im Boden versenkten Magneten (zwecks späterer Wiederauffindbarkeit bei Verschwinden der Bambusstangen) vor Ort markiert und mittels GPS (Garmin GPSMAP 76 CSx; Magellan eXplorist 600) lagegenau eingemessen. Die lagegenaue Wiederauffindbarkeit der Probestrecken und ihre definierte Größe stellen die Vergleichbarkeit der Ergebnisse sicher.

Die Anzahl und Zuordnung der in Tab. 3 gelisteten Probestrecken zur Maßnahmenumsetzung und Wirkungskontrolle ergaben sich aus dem Zustand, der Ausstattung und der Lage der zur Verfügung stehenden Gräben.

Die verschiedenen Räummaßnahmen (normal und intensiv) wurden auf der gesamten Grabenlänge durchgeführt, ihre Wirkung jedoch nur innerhalb der definierten Probestrecke kontrolliert. Die Beimpfungsmaßnahmen waren auf die Probestrecken beschränkt, um ihre Entwicklung genau verfolgen zu können. Sie fanden an den Enden der Probestrecken statt, um die Entwicklung der vorhandenen Vegetation und der Krebscheren in die Probestrecke hinein beobachten zu können (s. Abb. 4).

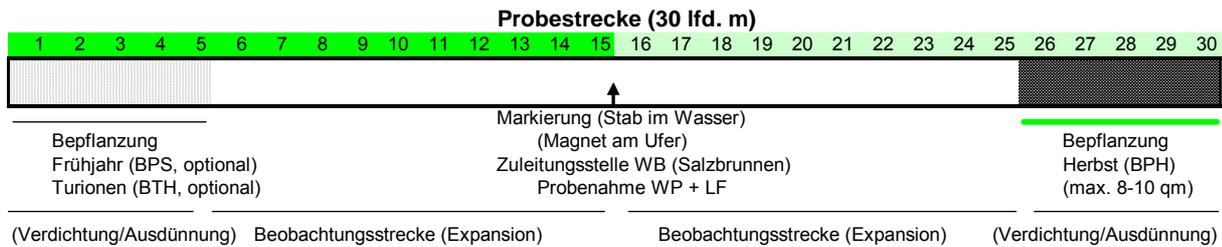


Abb. 4: Aufbau einer Probestrecke

Die Probestrecken für die Wasserqualität verbessernde Maßnahme der Einrichtung von Röhrichtklärstrecken (WR) war dreigliedert: eine 30m-Strecke vor (in Hauptfließrichtung) der Röhrichtstrecke, eine 30m lange Röhrichtstrecke, und eine sich anschließende weitere 30m lange Strecke nach der Maßnahme. Die beiden Probestrecken vor und nach der Röhrichtstrecke wurden an ihrem jeweils äußeren Ende mit Krebscheren beimpft, um die Auswirkung der Klärstrecke beobachten und vergleichen zu können. Auch die Wasserparameter wurden hier an drei Probepunkten durchgeführt. Die zugehörigen Kontrollstrecken (WK) waren jeweils wieder Standard-Probestrecken.

Die Zuleitung der Grundwasserbrunnen (Maßnahme WG) fand in der Mitte der jeweiligen Probestrecke statt, wobei auch hier beide Enden mit Krebscheren beimpft wurden, um die Auswirkungen der Grundwasserzufuhr sowohl auf die Krebschere als auch auf die vorhandene Vegetation beobachten zu können.

Die Wassermaßnahme Abdämmung (WA) wurde realisiert, indem am Ende des Grabens vor der Fleeteinmündung Stautafeln installiert wurden, so dass der gesamte Graben abgedämmt war. Die Maßnahme erfolgt nur im Niedervieland. Die Wirkungskontrolle fand in einer Probestrecke mit Beimpfung und Kontrolle statt.

Die Lage und Verteilung der Probestrecken in den Erprobungsgebieten sind aus **Karte 5** bis **Karte 7** ersichtlich.

Die Auswahl der Probestrecken für die **Befischungen** (Elektrofischerei) erfolgte anhand des Maßnahmenplanes des Forschungs- und Kooperationsvorhabens Krebschere. Die Probestrecken verteilten sich auf verschiedene Räumungs- und Wassermaßnahmen, so dass die Situationen an den Gräben vor und nach den Räumungen verglichen und Abhängigkeiten bezüglich der Räumintensitäten bzw. der Zeitpunkte ermittelt werden konnten. Im Jahr 2008 wurden 75 Probestrecken und im Jahr 2009 73 Probestrecken untersucht (Tab. 4). Durch die vor Ort durchgeführte Änderung der Intensität einiger Grabenräumungen kam es zu Abweichungen vom Plan (betraf Maßnahmen RNS und RIS). Aus organisatorischen Gründen konnten einige Maßnahmen nicht realisiert werden (betraf RNH2 und RIH2). Die Befischung zweier Gräben (S5.3 im Werderland und J8 im Niedervieland) war aufgrund der fortgeschrittenen Verhandlung im Jahr 2009 nicht praktikabel (betraf Maßnahme RKK).

Tab. 4: Verteilung der Probestrecken Elektrofischerei (geplant und realisiert) auf die Räumungs- und Wassermaßnahmen in den 3 Erprobungsgebieten.

HL = Hollerland, NV = Niedervieland, WL = Werderland

Maßnahme	Maßnahmen- kürzel	Anzahl Probestrecken Elektrofischerei 2008 (geplant/realisiert)						Summe geplante/ realisierte Strecken 2008		Anzahl Probestrecken Elektrofischerei 2009 (geplant/realisiert)						Summe geplante/ realisierte Strecken 2009	
		HL	NV	WL	Σ	Σ	HL	NV	WL	Σ	Σ						
Räumung normal Herbst 2007	RNH	6	6	6	8	6	5	18	19	6	6	6	8	6	5	18	19
Räumung intensiv Herbst 2007	RIH	6	6	-	-	6	6	12	12	6	6	-	-	6	6	12	12
Räumung normal Spätsommer 2008	RNS	4	4	-	-	3	3	7	7	4	4	-	-	3	3	7	7
Räumung intensiv Spätsommer 2008	RIS	2	3	-	-	-	-	2	3	2	3	-	-	-	-	2	3
Räumung normal Herbst 2008	RNH2	5	2	5	-	5	-	15	2	5	2	5	-	5	-	15	2
Räumung intensiv Herbst 2008	RIH2	5	4	5	-	5	-	15	4	5	4	5	-	5	-	15	4
Keine Räumung, Kontrolle	RKK	8	7	6	5	6	7	20	19	8	7	6	4	6	6	20	17
Wassermaßnahme Grundwasserbrunnen	WG	2	2	2	2	-	-	4	4	2	2	2	2	-	-	4	4
Wassermaßnahme Röhrichtklärstrecke	WR	3	2	-	-	-	-	3	2	3	2	-	-	-	-	3	2
Wassermaßnahme Grabenabdämmung	WA	-	-	3	3	-	-	3	3	-	-	3	3	-	-	3	3
Summe (Σ)		41	36	27	18	31	21	99	75	41	36	27	17	31	20	99	73

Demgegenüber fanden 78 ergänzende Untersuchungen zur Fischfauna statt, Aushubkontrollen während der Grabenräumungen im Sommer und Herbst 2008 sowie Elektrobefischungen im Herbst 2008 im Hollerland. Des Weiteren wurden Grabenräumungen im Werderland im Sommer 2008 begleitet und Elektrobefischungen von Fleeten im Werderland und Niedervieland im Sommer 2009 durchgeführt (Tab. 5).

Tab. 5: Verteilung ergänzender Probestrecken Elektrofischerei und Aushubkontrollen im Jahr 2008 und 2009 in den 3 Erprobungsgebieten.

Maßnahme	Maßnahmen- kürzel	Anzahl ergänzender Probestrecken Elektrofischerei 2008			Anzahl ergänzender Probestrecken Aushubkontrolle 2008			Anzahl ergänzender Probestrecken Elektrofischerei 2009			Summe Σ
		HL	NV	WL	HL	NV	WL	HL	NV	WL	
Räumung normal Herbst 2007	RNH	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Räumung intensiv Herbst 2007	RIH	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
Räumung normal Spätsommer 2008	RNS	2	-	-	2	-	6	-	-	-	10
Räumung intensiv Spätsommer 2008	RIS	1	-	-	6	-	-	-	-	-	7
Räumung normal Herbst 2008	RNH2	3	-	-	15	-	-	-	-	-	18
Räumung intensiv Herbst 2008	RIH2	4	-	-	14	-	-	-	-	-	18
Räumung, Art unbekannt	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1
Keine Räumung, Kontrolle Gräben	RKKG	4	1	3	-	-	-	4	1	3	16
Keine Räumung, Kontrolle Fleete	RKKF	-	-	-	-	-	-	-	3	4	7
Summe (Σ)		15	1	3	38	-	6	4	4	7	78

## 4 Beschreibung der Erprobungsmaßnahmen und ihrer Umsetzung

### 4.1 Übersicht über die Erprobungsmaßnahmen

Tab. 7 gibt einen Überblick über die im Projekt umgesetzten Maßnahmen. An dieser Stelle erfolgt zunächst eine Erläuterung der Abkürzungen, die im Rahmen des Forschungsprojektes für die Erprobungsmaßnahmen eingeführt wurden. Jede Maßnahme hat ein Kürzel bestehend aus zwei, drei oder vier Buchstaben. Im folgenden Bericht finden sich diese Abkürzungen sowohl im Text als auch in Tabellen und Graphiken wieder. Am Ende des Berichtes ist zudem eine Lesehilfe mit der Erläuterung der Abkürzungen in einer Tasche zum Herausnehmen beigelegt.

Tab. 6: Abkürzungen der Erprobungsmaßnahmen.

1. Buchstabe	Maßnahmengruppe	R = Räummaßnahme B = Beimpfungsmaßnahme W = Wassermaßnahme
2. Buchstabe	nähere Definition der Räummaßnahme	N = normale Räumintensität I = intensive Räumintensität A = alternative Räumgeräte K = Keine Maßnahme (Kontrolle)
	nähere Definition der Beimpfungsmaßnahme	P = Beimpfung mit Population T = Beimpfung mit Turionen PT = Beimpfung mit Population und Turionen S = Spenderpopulation für Beimpfungen K = Keine Beimpfung (Kontrolle)
	nähere Definition der Wassermaßnahme	G = Grundwasserbrunnen R = Röhrichtstrecke A = Abdämmung K = Keine Maßnahme (Kontrolle für R)
3. Buchstabe	Zeitpunkt der Maßnahmen-durchführung im Jahr	H = Maßnahme im Herbst F = Maßnahme im Frühsommer HF = Maßnahme im Herbst und Frühsommer S = Maßnahme im Spätsommer K = kein Zeitpunkt im Jahr (Kontrolle)

Eine normale Räumintensität umfasst das einmalige Hineingreifen mit der Schaufel oder dem Mähkorb mit eingelegtem Lochblech. Auch die intensive Räumintensität erfolgt unter ökologischen Gesichtspunkten und umfasst das zwei- bis dreimalige Hineingreifen, um noch mehr Vegetation und vor allem Grabenschlamm aus dem Gewässer zu entfernen.

Die Maßnahmen wurden in Gräben unterschiedlicher Sukzessionsphasen durchgeführt. Folgende Abkürzungen stehen für die Initial-, Optimal und Verlandungsphase:

sl = verschlammte Initialphase

O = Optimalphase

bV = beginnende Verlandungsphase.

Die Erprobungsgebiete werden wie folgt abgekürzt:

HL = Hollerland

NV = Niedervieland

WL = Werderland

Tab. 7: Übersicht zu allen Erprobungsmaßnahmen.

Maßnahme	Kürzel	Jahr der Durchführung	Erprobungsgebiete
<b>Maßnahmen zur Optimierung der technischen Geräte zur Grabenräumung</b>			
Recherche nach verfügbaren Grabenräumgeräten	-	2007, 2008	-
Optimierung vorhandener Geräte	-	2007, 2008	-
Test neuer Grabenräumgeräte	RA	2008	HL
<b>Maßnahmen zur Optimierung der Räumethodik</b>			
Intensivierung der Räumung durch Erhöhung der Schlammmentnahme	RIH	Herbst 2007 Herbst 2008	HL, WL HL, NV, WL
Verschiebung der Grabenräumung in den Spätsommer und Vergleich mit der Herbsträumung	RIS RNS	Spätsommer 2008	HL HL, WL
Räumung von Gräben in unterschiedlichen Sukzessionsstadien	R...bV R...O R...sl	2007, 2008	HL, WL, NV
<b>Maßnahmen zur Optimierung der Stabilität und Ausbreitung der Kребsschere</b>			
Anlage und Nutzung von gebietspezifischen Kребsscheren Depot- und Spendergewässern	S	2007, 2008	HL, NV, WL
Entwicklung eines neuen Geräts für die Entnahme und den Transport der Kребsschere	-	2007	HL, NV, WL
Beimpfungen (Verpflanzungen) mit Kребsscherenpopulationen im Herbst, Früh- und Spätsommer	BPH BPF BPS	2007 2008	HL, NV, WL
Beimpfungen mit Populationen und Turionen	BPT	Herbst 07 + Frühjahr 08	HL, NV
Beimpfungen mit Turionen im Herbst	BTH	Herbst 2007	NV
<b>Optimierung Gewässerqualität und Wasserhaushalt</b>			
Anlage von Röhrichtklärstrecken	WR, WK	2007	HL
Einrichtung von Grundwasserpumpen	WG	2007	HL, NV
Abdämmung von Gräben	WA	2007	NV

Die räumliche Zuordnung der Erprobungsmaßnahmen in den Gebieten bzw. Graben-Probestrecken ist in **Karte 8** (Hollerland), **Karte 9** (Niedervieland) und **Karte 10** (Werderland) dargestellt.

Darüber hinaus fanden in den Jahren 2007 bis 2009 weitere Maßnahmen im Rahmen des ökologischen Grabenräumprogramms statt, die als jährlich notwendige Maßnahmen zum Erhalt des Grabensystems beitragen. Im Rahmen des Forschungsvorhabens sorgten sie für gleich bleibende Rahmenbedingungen, um vergleichende Auswertungen der Wirkungskontrollen sicherzustellen. Sie sind daher als unerlässlicher Bestandteil des Forschungsvorhabens anzusehen.

## 4.2 Maßnahmen zur Optimierung der technischen Geräte zur Grabenräumung

### 4.2.1 Übersicht

Tab. 8: Übersicht über die Maßnahmen zur Optimierung der technischen Geräte zur Grabenräumung.

Maßnahme	Kürzel	Jahr der Durchführung	Erprobungsgebiete
<b>Maßnahmen zur Optimierung der technischen Geräte zur Grabenräumung</b>			
Recherche nach verfügbaren Grabenräumgeräten	-	2007, 2008	-
Optimierung vorhandener Geräte	-	2007, 2008	HL, NV, WL
Test neuer Grabenräumgeräte	RA	2008	HL

### 4.2.2 Recherche und Bewertung der auf dem nordwesteuropäischen Markt verfügbaren Grabenräumgeräte

Zielsetzung für die Suche und den Einsatz eines alternativen Grabenräumgeräts ist die Eignung für eine Entfernung des Schlammes unter Krebscherendecken bei weitgehender Schonung der Krebscheren und der im Schlamm lebenden Fauna. Des Weiteren sollte das Gerät für die Montage an den in den Gebieten üblicherweise eingesetzten Treckern oder Baggern und deren Auslegern geeignet sein, um eine räumlich gezielte und flexible Schlamm-entnahme zu ermöglichen.

Das Problem: Alle Lohnunternehmen, die Grabenräumungen durchführen, setzen den Mähkorb oder die Grabenfräse ein. Die Grabenfräse wird hauptsächlich für die Pflege von Straßengräben bzw. deren Neuanlage verwendet. Ihr Einsatz ist in den meisten Landkreisen verboten oder nur zur Pflege trocken gefallener Gräben erlaubt, da sie die Grabenfauna massiv schädigt. Nach dem neuen BNatSchG 2010 ist sie grundsätzlich verboten. Ausschlaggebend waren hierfür Untersuchungen in den 1990er Jahren in Süddeutschland (Lkrs. Ravensburg). Die wichtigsten Hinweise daraus sind in Tab. 9 zusammengestellt. Die zentralen Anforderungen an ein naturschutzfachlich ausgerichtetes Räumgerät sind die weitgehende Schonung der Grabenfauna und die Entkrautung und Entschlammung des Grabens, die ausreicht für eine mindestens 5-jährige Sukzession von der Initialphase bis zur Verlandungsphase bis zur nächsten Räumung.

Die Recherche im Internet und die Befragung von Kollegen durch Herrn van Eijden (Lohnunternehmer aus Ovelgönne/Großenmeer) nach weiteren Grabenräumgeräten ergab, dass in der Praxis neben dem gebräuchlichen Mähkorb und Grabenlöffel nur Grabenfräsen (die wegen ihrer mechanischen Zerstörung von Tieren und Pflanzen zur schonenden Räumung in den Erprobungsgebieten in Bremen nicht in Frage kommen) und ein so genannter Schrauben-Grabenreiniger im Einsatz sind. Für die Entschlammung größerer Gewässer werden auch Schlammumpen eingesetzt, die allerdings für Grünlandgräben überdimensioniert sind und ähnlich den Grabenfräsen zu zerstörerisch vorgehen.

Tab. 9: Zusammenstellung der verfügbaren Grabenräumgeräte und ihre Vor- und Nachteile aus Sicht der Landwirtschaft und des Naturschutzes. Quelle: Landratsamt Ravensburg 1995

Gerät, Arbeitsweise	Einsatzbereich	Bewertung aus landwirtschaftlicher Sicht	Bewertung aus Naturschutzsicht
<b>Scheibenradfräsen</b> z.B. Dondi-Fräse Sohlräumung durch rotierende Scheiben, überreitend.	Zur Grundräumung von schmalen Entwässerungsgräben; Böschungen werden beidseitig abgefräst	Vorteile: Hohe Arbeitsleistung; gleichmäßige Verteilung des Auswurfmaterials; kostengünstig; Nachteile: Bodenpressung und Zerstörung der Drainagen durch die überreitende Arbeitsweise; vorhandene Faschinen werden beseitigt; Erosion der relativ steilen Ufer durch die vollständige Entfernung der Vegetation.	Der niedertourige Einsatz in <u>trocken fallenden</u> Gräben ist unbedenklich. Ausgeworfene Amphibien sind bei niedertourigem Einsatz bei geringem Wasserstand weitgehend unverletzt. Das im Gewässertyp vorkommende Artenspektrum hat die Möglichkeit, sich bei abschnittsweiser Räumung in ausreichenden Räumungsintervallen wieder auszubreiten. Im Rahmen von Unterhaltungsplänen können die Gräben ggf. auch im Winter geräumt werden.
<b>Trommelfräsen/ Fräsköpfe</b> Sohl- und beidseitige Böschungsräumung durch rotierende Trommel. Auswurf einseitig.	Grund- und Böschungsräumung in Gewässern über 30 cm Sohlbreite	Vorteile: Hohe Arbeitsleistung; gleichmäßige Verteilung des Räumgutes; Beseitigung des Räummaterials entfällt. Nachteile: Drainageeinläufe werden oftmals zerstört; Einrutschen der Böschung durch Entfernung des Bewuchses. Drainagegräben werden teilweise zu breit.	Durch die <i>extrem schädigende Wirkung</i> auf alle Tierarten, mit Ausnahme der Amphibien bei geringem Wasserstand und niedertourigem Einsatz, ist der Einsatz nur in trocken fallenden Gräben zulässig. Bei Frästrommeln sind stumpfe „Schaufeln“ und eine sehr niedrige Umlaufgeschwindigkeit für die Schonung der Tiere entscheidend.
<b>Grabensohlenfräse</b> Nur zur Sohlräumung durch rotierendes, mit Auswurfscheiben bestücktes Scheibenrad. Einsatzweise quer zur Fließrichtung; Auswurf einseitig.	Grundräumung in Gewässern über 30 cm Sohlbreite.	Vorteile: Hohe Arbeitsleistung; gleichmäßige Verteilung des Räumgutes; Beseitigung des Räummaterials entfällt; in der Regel kostengünstig auf Grund mäßiger Investitionskosten. Nachteile: Drainageeinläufe werden oftmals zerstört; vorhandene Faschinen beseitigt; zum Teil zusätzliche Böschungspflege notwendig.	Einsatz nur in trocken fallenden Gräben mit der Maßgabe, dass Einsatz außerhalb der Amphibienruhe und -laichzeit stattfindet.
<b>Bagger mit schmaler Greiferschaufel</b> (am „Mistbagger“) Ausbaggern von Schlamm auch zum Entkrauten; senkrecht abstechen der Böschungen.	Grundräumung von Drainagegräben	Vorteile: Die Grabenräumung kann mit dem eigenen Gerät durch die Landwirte selbst durchgeführt werden (Kosteneinsparung); Entwässerungsfunktion wird erhalten durch die Schonung der Drainageeinläufe; Nachteile: Aushub muss verteilt oder abgefahren werden. Drainageeinläufe können geschont werden.	Problematisch - Technisch bedingt erfordert der Einsatz Wasser. Das Ziel, Gewässer nur in trockenem Zustand zu räumen, kann nicht erfüllt werden. Einsatz nur in hoch fallenden Gräben erlaubt. Raupenbagger mit Konuslöffel zur Räumung von Drainagegräben. Die flachen Böschungen ermöglichen ein regelmäßiges ausmähen mit dem Messerbalkenmäherwerk.
<b>Bagger (Selbstfahrer/Raupe) mit Humuslöffel</b> Ausschürfen von Sohle und Böschung.	Grundräumung oder Entfernung von Anlandungen in schmalen und breiten Gewässern.	Vorteile: Einsatz auch bei mit Bäumen bestandenen Böschungen möglich; Schonung von Drainageeinläufen; Nachteile: Entsorgung oder Verteilung des Räummaterials notwendig.	Amphibienschonende Räummethode in Gräben. In Bächen bei Entfernung von Einzelanlandungen hohe Überlebensrate der Gewässerbewohner, schädliche Wirkung bei durchgehender Grundräumung in Fließgewässern.
<b>Mähkorb</b> Abschneiden der Krautvegetation mit dem Messerbalken. Kraut wird mit Gitterschaufel entfernt und seitlich abgelagert.	Böschung und Gewässerbett; Zur Entkrautung und Böschungsmahd.	Vorteile: Einsatz auch bei mit Bäumen bewachsenen Böschungen möglich; Schonung von Drainageeinläufen; bei verkrauteten Gewässern nur geringer Räumgutanteil; längere Räumintervalle (Geldersparnis) aufgrund geringster Böschungserosion.	Bei sachgerechtem Einsatz zur Entkrautung und Böschungsmahd ohne Eingriff in den Grund; sehr hohe Überlebensrate der Gewässerbewohner. Sehr günstig sind Teilräumungen oder halbseitige Räumung. Durchgehende Entkrautungen führen zum Verlust an Ei- und Laichablageplätzen z. B. für Libellen, Fische und Amphibien. Eine Abdrift der Organismen kann durch Belassen von Vegetationssäumen an den Ufern erheblich verringert werden.

Bei der Internetsuche findet man Hunderte von Patenten, die auf Geräte zur Grabenreinigung oder -entschlammung z.T. schon bereits Anfang des 20. Jahrhunderts erteilt wurden. Noch in den 1950er Jahren waren Grabenschrauben im Einsatz, wie die Abb. 6 belegt. Besonders viel versprechend erscheint dabei ein US-Patent aus dem Jahre 1929 für eine Grabenschnecke, die nach dem Prinzip der Archimedischen Schraube arbeitet (Abb. 5). Die Nachforschungen von Herrn van Eijden ergaben, dass einer seiner Kollegen ein solches Ge-

rät noch auf seinem Gelände liegen hat, leider aber defekt. Ein solches Gerät wäre nach Einschätzung auch von Herrn van Eijden geeignet, die oben genannten Bedingungen zu erfüllen. Allerdings müsste es neu gebaut werden mit heutigen Leichtbau-Materialien und für den Einsatz am Ausleger. Und es müsste im Einsatz verbessert und optimiert werden. Dies war im jetzigen Projekt aus zeitlichen und finanziellen Gründen nicht möglich, so dass diese Art von alternativem Grabenräumergerät nicht getestet werden konnte.

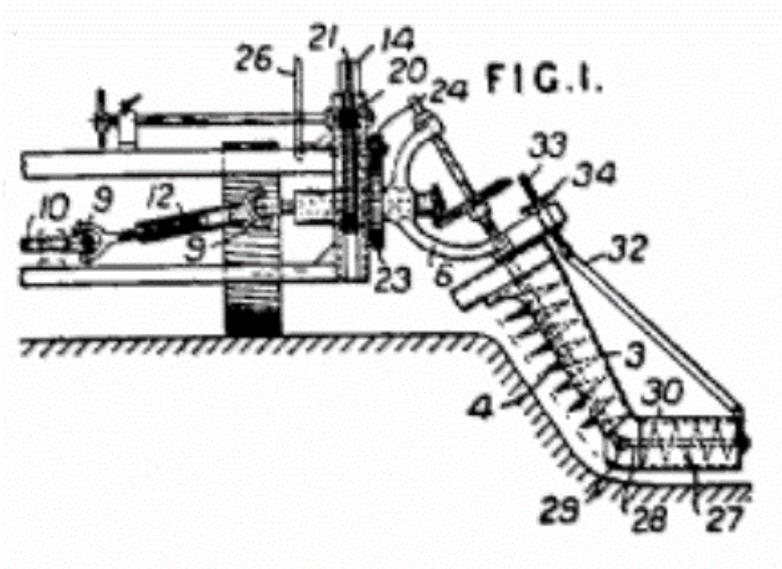


Abb. 5: Ditch digging and cleaning machine, Pat.Nr. US1721392, Emil Heumann, Itzehoe

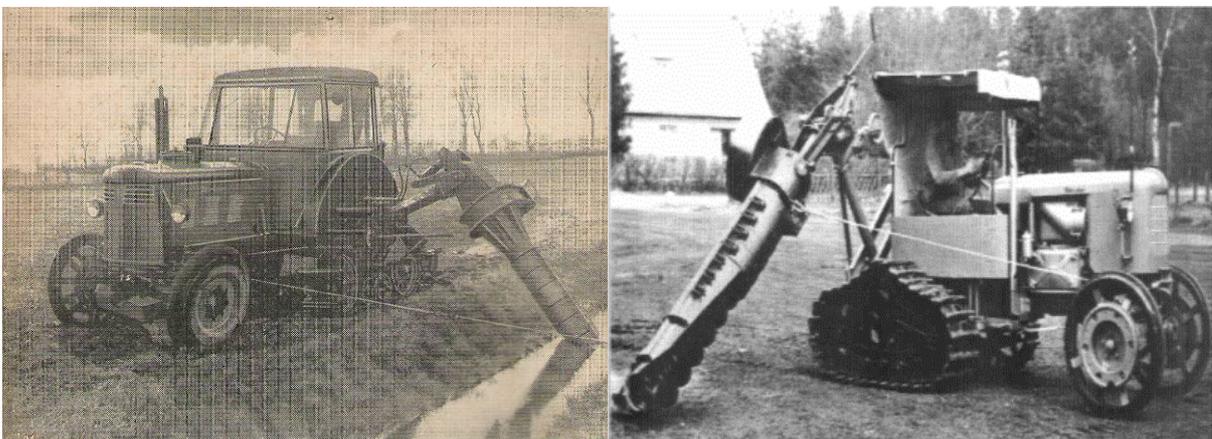


Abb. 6: Historische Grabenschrauben.

Links die DDR Archimedes-Grabenschnecke Typ B 555 an dem Schlepper Typ „Zetor-Super“ aus dem Jahre 1959; rechts der Grabenreiniger „Moorburg 540 GR“ an einem Ritscher-Trecker, ebenfalls aus den 1950er Jahren (Quellen: Wir machen es so, Heft 6, 1959. Beilage zur Zeitung Land und Forst, Nr. 25, 1959. Herausgeber: Ministerium für Land- und Forstwirtschaft, Berlin (Ost); [www.freunederritscher.de](http://www.freundederritscher.de)).

### 4.2.3 Optimierung vorhandener Geräte

Zielsetzung für die Optimierung vorhandener Geräte ist die Verbesserung der Schlamm-entnahme. Bereits bei den ökologischen Grabenräumungen in den Jahren vor Projektbeginn wurde beobachtet, dass mit dem üblicherweise eingesetzten offenen Mähkorb zu viel Schlamm im Graben verbleibt und von Jahr zu Jahr eine Akkumulation des Schlammes stattfindet. Durch das Einlegen eines Lochbleches in den Mähkorb konnte die Schlamm-entnahme erheblich optimiert werden (Abb. 7). Bei der Durchführung der Normal- und insbesondere der Intensivräummaßnahmen wird damit eine effektivere Schlamm-entnahme erreicht. Die Grabenräumung im Herbst 2007 fand im Hollerland wie schon 2005 und 2006 mit dem optimierten Mähkorb statt. Im Niedervieland und Werderland wurde er 2007 erstmals eingesetzt. Die Räummaßnahmen 2008 wurden ebenfalls damit durchgeführt. Eine weitere Verbesserung des standardmäßig verwendeten Mähkorbs hinsichtlich der Schlamm-entnahme ist nicht möglich.



Abb. 7: Mähkorb mit eingelegtem Lochblech und beim Entschlammungs-Einsatz  
Fotos: R. Kesel

### 4.2.4 Test eines alternativen Grabenräumgerätes

Das Ziel eines alternativen Räumgeräts sollte die besser Schlamm-entnahme unter einer Krebscherendecke sein. Nach umfangreichen Recherchen und durch die Organisation von Herrn Godfried van Eijden wurde im Herbst 2008 im Hollerland ein Schrauben-Grabenreiniger (Vijzelslootreinger) als alternatives Grabenräumgerät getestet. Zum Einsatz kam ein Gerät des Herstellers HEMOS B.V. in Meppel ([www.hemos.nl](http://www.hemos.nl); Abb. 8) durch den Lohnbetrieb Gebroeders Borg B.V. aus Farmsum bei Delfzijl ([www.gebroedersborg.nl/loonbedrijf](http://www.gebroedersborg.nl/loonbedrijf)).

#### Gerätebeschreibung

Der Schrauben-Grabenreiniger (Type 450) besteht lt. Gerätebeschreibung ([www.hemos.nl](http://www.hemos.nl)) aus einer 380 cm langen geraden Schraube mit 45 cm Durchmesser, umgeben von einem nach vorne und unten offenen Schraubenkasten. Die Schraube wird hinten am Trecker be-

festigt und über die Kardanwelle angetrieben. Sie kann mit bis zu 1000 U/min betrieben werden.

Die von der Herstellerfirma gezeigte Einsatzmöglichkeit liegt bei der sauberen Profilierung von neuen und weitgehend trockenen Gräben (Abb. 8).



Abb. 8: Der Vijzelslootreiniger beim Einsatz zur Grabenprofilierung.  
(Fotos: [www.hemos.nl](http://www.hemos.nl))

### Vorführung

Während der Vorführung wurde die Schraube mit ca. 100-200 U/min gefahren. Zunächst kam das Grabenräumgerät am Kuhgrabenfleet (Krebscherengraben, ca. 4 m breit) vom Westufer aus auf einer Länge von ca. 150 m zum Einsatz (Abb. 9). Anschließend wurde ein 120 m langer Abschnitt eines schmalen Grabens (Graben Nr. 20, ca. 1,40 m breit) vom Westufer her geräumt (Abb. 10). Die Lage der Gewässer ist in **Karte 8** im Anhang dargestellt.



Abb. 9: Der Vijzelslootreiniger in Transportstellung und dessen Arbeitsbreite.  
Fotos: R. Kesel

## Beobachtungen

- Durch die Schraube wird Grabenschlamm aus dem Graben befördert und unmittelbar am Ufer abgelagert.
- Die Krebscheren wurden weitgehend geschont. Das Prinzip scheint somit für eine Schlammmentnahme unter einer Krebscherendecke grundsätzlich geeignet zu sein.
- Durch die starre Befestigung ist die Arbeitsentfernung eingeschränkt. Je weiter weg vom Ufer der Trecker fahren muss (Befahrbarkeit des Uferstreifens), desto schräger wird die mitgereinigte Uferkante profiliert.
- Bei hohem Schlammaufkommen schiebt das Gerät einen Schlammbug vor sich her, der sich dann einen Weg um das Schraubenende sucht. Dadurch werden Pflanzen und Tiere mit herumgerissen und geraten so nicht in die Schraube. Allerdings verbleibt dadurch auch viel Schlamm im Graben und vom Ufer abgerissene, mit der Grabenräumung zu entfernende Röhricht-, Seggen- und Binsenbulten werden ebenfalls um die Schraube herumgelenkt und verbleiben im Graben.
- Da die Schraube auf ganzer Länge nach unten und vorne offen ist, fließt viel Schlamm auf dem Weg nach oben wieder zurück.
- Der am Ufer abgelagerte Schlamm enthält viel Wasser. Dadurch wird ein beträchtlicher Anteil des abgelagerten Schlammes wieder in den Graben gespült.
- Größere Pflanzen und abgerissene Bulten werden zerkleinert, so auch Krebscheren.
- Während der Demonstration wurde nur ein Fisch (Hecht, Graben 20) im entnommenen Schlamm beobachtet, der lebend und unverletzt war, sowie zwei Mäuse und drei Kolbenwasserkäfer (ebenfalls alle unverletzt). Verletzte oder tote Tier waren keine zu beobachten.
- Die Reinigung des schmalen Grabens (Nr. 20) war effektiver als die des breiten Grabens (Kuhgrabenfleet), da die Schraube steiler gestellt werden konnte. Die Schlammmentnahme, zumindest im Graben 20, entspricht in etwa der mit dem Mähkorb mit eingelegtem Blech.
- Die Arbeitsgeschwindigkeit entspricht in etwa der der Mähkorbreinigung. Der Energieaufwand ist bei gleichzeitiger Uferprofilierung (wie vorgeführt) vermutlich höher, dürfte aber bei alleiniger Schlammmentnahme ohne eine Uferprofilierung bei Vermeidung des Widerstands der Vegetation und Erde, die dabei abgeräumt wird, geringer sein. (Dies konnte mit dem Gerät wegen schlechter Uferbefahrbarkeit nicht vorgeführt werden).



Abb. 10: Der Schraubenräumer beim Einsatz am Kuhgrabenfleet und am Graben Nr. 20.  
Fotos: R. Kesel

### Bewertung

Die Eignung einer Schraube zur Schlammentfernung aus Gräben ist grundsätzlich gegeben. Das eingesetzte Gerät bedarf jedoch für den schonenden Einsatz in den Bremer Graben-Grünland-Gebieten der Anpassung und Verbesserung. Folgende Punkte sind dabei wichtig:

- Entwicklung einer Ablagerungsmöglichkeit des Schlammes weiter weg vom Ufer, evtl. durch eine oben angeschlossene waagerechte Schraube, um die Schlamm-Wiedereinschwemmung zu verringern.
- Befestigung und Betrieb einer Schraube über einen Ausleger, um in größerem Abstand vom Ufer fahren zu können und eine Schlammentfernung ohne Uferreinigung durchführen zu können. Hierzu sind notwendigerweise leichtere Werkstoffe zu verwenden. Durch eine solche Konstruktion werden verschiedene Anstellwinkel möglich.
- Verschluss des Schraubenkastens im Bereich der Beförderung nach oben aus dem Graben, um einen Zwangstransport zu erreichen und den Rückfluss des Schlammes bereits beim Transport in der Schraube zu verringern.
- Evtl. Verdichtung der Schraube (Windungsdichte), um eine stärkere Entwässerung des Schlammes zu erreichen.

- Erhöhung der Schlammmentnahme durch nach oben breiter werdende (konische) Schraube, die mehr Material aufnehmen kann.
- Verlängerung des unteren Endes durch eine in variablem Winkel abklappbare waagerechte Schraube (vorne und oben offen).
- Die optimale Umdrehungsgeschwindigkeit müsste ausgetestet werden unter der Prämisse des unverletzten Austrags von Fischen und anderen Tieren.
- Das vorgeführte Gerät ließe sich sehr gut für eine Flachufer-Reinigung bzw. eine Uferabflachung und die Aufreinigung der vom Weidevieh zertretenen Ufer einsetzen.
- Dadurch ergibt sich insgesamt eine Präferenz für die in 4.2.2 beschriebene flexiblere Schraubenlösung.

### 4.3 Maßnahmen zur Optimierung der Räummethodik

#### 4.3.1 Übersicht

Tab. 10: Übersicht über die Maßnahmen zur Optimierung der Räummethode

Maßnahme	Kürzel	Jahr der Durchführung	Erprobungsgebiete Anzahl Probestrecken		
			HL	NV	WL
<b>Maßnahmen zur Optimierung der Räummethode</b>			<b>HL</b>	<b>NV</b>	<b>WL</b>
Intensivierung der Räumung durch Erhöhung der Schlammmentnahme / Vergleich mit Normalräumung	RIH07	Herbst 2007	16	0	6
	RNH07		13	18	8
	RIS08 RNS08	Spätsommer 2008	4 4	0 0	0 6
	RIH08 RNH08	Herbst 2008	6 6	3 3	3 3
	RIS08 RNS08		Spätsommer 2008	4 4	0 0
Räumung von Gräben in unterschiedlichen Sukzessionsstadien	R...bV R...WLD R...O R...sl	2007, 2008	27 4 32 11	15 9 14 2	4 1 31 0

#### 4.3.2 Intensivierung der Räumung durch Erhöhung der Schlammmentnahme

Ausgehend von der Beobachtung, dass bei der Grabenräumung mit dem Mähkorb trotz eingelegetem Lochblech noch (zu) viel Schlamm im Graben verbleibt bzw. wieder in den Graben zurückfließt, wurde die Variante der ökologischen Intensivräumung (RI) in das Maßnahmenprogramm mit aufgenommen. Durch das mehrmalige Hineingreifen mit dem optimierten Grabenräumgerät soll mehr Schlamm aus dem Grabensystem entfernt und damit bessere Wiederbesiedlungsbedingungen für die Krebscheren und Pioniervegetation geschaffen werden.

Die Maßnahme wurde sowohl im Herbst 2007 als auch im Sommer und Herbst 2008 in allen drei Probegebieten erprobt (vgl. Übersicht).

#### **4.3.3 Verschiebung der Grabenräumung in den Spätsommer und Vergleich mit der Herbsträumung**

Durch eine Verschiebung (Vorverlegung) der Grabenräumung in den Spätsommer ist im Vergleich mit der bisher üblichen Herbsträumung eine Verbesserung des Überlebenserfolgs der Krebschere zu erwarten. Durch die längere Zeit nach der Räumung für die Erholung der Standorte bis zum winterlichen Absinken ist voraussichtlich eine stabilere Überwinterung der Krebschere gegeben. Diese Arbeitshypothese wurde durch die Räummaßnahmen im Spätsommer 2008 (September) im Hollerland und Werderland überprüft (RNS08/RIS08).

#### **4.3.4 Räumung von Gräben in unterschiedlichen Sukzessionsstadien**

Neben dem Erhalt und der Förderung der Krebschere ist auch der Erhalt der Vielfalt an verschiedenen Sukzessionsstadien der Grabensysteme das Ziel einer ökologischen Grabenräumung. Mit der Räumung von Gräben in unterschiedlichen Sukzessionsstadien soll herausgefunden werden, welches die günstigen und weniger günstigen Ausgangsstadien für die Entwicklung von Krebscheren- und Pioniervegetation sind. Mit den Räummaßnahmen in den vier Verlandungsstadien beginnende Verlandung (3=bV), Wasserlinsendecke (4=W), Optimalzustand (5=O) und verschlammtes Initialstadium (6=vl) wurde diese Arbeitshypothese in allen drei Probegebieten überprüft.

#### **4.3.5 Festlegung veränderter Räumrhythmen**

Die Räumung artenreicher Marschengräben sollte grundsätzlich in mehrjährigen Abständen erfolgen. Nach den Untersuchungen von HANDKE et al. (1999) im Niedervieland empfehlen sich unter besonderer Berücksichtigung der Krebscheren-Biotope Zeitintervalle für Räumungen von fünf bis sechs Jahren. Dabei spielt auch die Larvalentwicklung und das Eiablage-Verhalten der Grünen Mosaikjungfer eine wichtige Rolle. Veränderte Räumrhythmen dürften nur dort möglich sein, wo aufgrund der Vorgaben einer ökologischen Grabenschau die Räumung nicht radikal und vollständig ausräumende Wirkungen hat, z.B. bei einseitiger Räumung oder bei Zurücksetzen von Vegetationsbeständen. Der Zeitraum des Forschungsvorhabens von drei Jahren erlaubt hierzu keine direkten Vergleichsuntersuchungen sondern nur Rückschlüsse aus den erhobenen Daten zur Räumung aus den letzten Jahren, zum Regenerationsvermögen der Vegetation, zur Erneuerung von Habitatstrukturen und zur Wiederbesiedlung durch die Grabenfauna (u. a. Fische, Libellen). Veränderte Räumrhythmen, d.h. unterschiedliche Zeitspannen von 2 bis 6 und mehr Jahren zwischen den Räumungen konnten im Rahmen dieses 3-jährigen Projektes nicht überprüft werden.

## 4.4 Maßnahmen zur Optimierung der Stabilität und Ausbreitung der Krebschere

### 4.4.1 Übersicht

Die in den drei Erprobungsgebieten durchgeführten Maßnahmen zur Optimierung der Stabilität und Ausbreitung der Krebschere sind in Tab. 11 zusammengestellt.

Tab. 11: Übersicht über die Maßnahmen zur Optimierung der Stabilität und Ausbreitung der Krebschere

Maßnahme	Kürzel	Zeitpunkt der Durchführung	Erprobungsgebiete
<b>Maßnahmen zur Optimierung der Stabilität und Ausbreitung der Krebschere</b>			
Anlage und Nutzung von Depot- und Spenderbeständen	BSH07	Herbst 2007	HL, NV, WL
Entwicklung neuer Geräte für Entnahme und Transport von Krebschere		2007	HL, NV, WL
Durchführung von Verpflanzungen/Beimpfungen mit Krebschere	BPH07 BPF08 BPS08 BPH08	Oktober 2007 Juli 2008 Sept. 2008 Oktober 2008	HL, NV HL HL HL, NV
Einbringung von Krebschere-Pflanzen in eingeschlechtliche Bestände	BPH08	Oktober 2008	HL

### 4.4.2 Anlage und Nutzung von gebietsspezifischen Krebschere-Depot- und Spendergewässern

Die Krebscherebeimpfungen sollten weitgehend mit gebietsbüdigen Pflanzen durchgeführt werden. Zu diesem Zwecke wurden im Hollerland fünf Spendergewässer für die Beimpfungsmaßnahmen im Hollerland selbst sowie auch im Niedervieland ausgewiesen (Tab. 12). Zwei der Spendergewässer wurden in einer Probestrecke beobachtet, um die Auswirkungen der Krebschereentnahme beurteilen zu können.

Tab. 12: Übersicht über die Spendergewässer

Zeitpunkt	Kürzel	Hollerland	Niedervieland	Werderland
Herbst 2007	BSH07	5	3 (von HL, WL, Osterholzer Friedhof)	2 (für NV)

Im Niedervieland standen keine ausreichend großen Spenderbestände mit Krebschere-Vegetation zur Verfügung. Es war daher notwendig, aus Spenderbeständen im näheren oder weiteren Umfeld neue Krebschere-Bestände im Gebiet aufzubauen bzw. bei der Grabenräumung überschüssiges Pflanzenmaterial für spätere Maßnahmen zu „kultivieren“. Im Niedervieland wurden dazu ein Kleingewässer (Nr. 8; Abb. 11) und zwei Gräben ausgewählt, die im Jahr 2000 im Rahmen von Kompensationsmaßnahmen neu angelegt worden waren. Das 2007 eingebrachte Pflanzenmaterial wurde kurzfristig von dritter Seite im Vorfeld von Entschlammungs-Maßnahmen im Osterholzer Friedhof zur Verfügung gestellt. Weitere Be-

impfungsbestände stammen aus dem Hollerland und dem Werderland.



Abb. 11: Depotgewässer im Niedervieland kurz nach dem Eintrag der Krebscheren.  
Foto 5.9.2007 W. Kundel

#### 4.4.3 Entwicklung neuer Geräte für Entnahme und Transport von Krebscheren

Ziel der Entwicklung neuer Geräte für die Entnahme und den Transport von Krebscheren war der Wunsch, eine schnelle, artgerechte und auch kostengünstige Möglichkeit der Umsetzung von größeren Krebscherenbeständen zu erhalten.

Verfahren zur Entnahme und Ausbringung von Wasservegetation wurden bereits in den 1980er Jahren im Rahmen von Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen entwickelt und fachlich begleitet (KUNDEL 2001, HANDKE et al. 1999b). Dabei wird Grabenvegetation nach der Entnahme mit dem Graben-/Mähkorb in Flachcontainer abgelegt, die Container mit landwirtschaftlichen Pritschenwagen an den Bestimmungsort gebracht und mit Hilfe eines Hydraulik-Auslegers (Bagger) das teilweise schlammreiche Pflanzenmaterial direkt aus dem Container lagegerecht durch Hineinrutschen in das neue Gewässer abgesetzt. Das Verfahren ist vergleichsweise arbeitsintensiv und setzt den Einsatz verschiedener Geräte an Aus- und Einbauorten voraus (in der Regel zwei Bagger, ein bis zwei Traktoren mit landwirtschaftlichen Pritschenanhänger für Transporte, spezielle Flachcontainer im Eigenbau sowie Begleitpersonal). Die Entnahme und Umsetzung von Krebscherenbeständen bei der ökologischen Grabenräumung geschah bisher mit dem Mähkorb direkt ohne Zwischenlagerung. Diese Praxis hatte den Nachteil, dass viele der Krebscherenpflanzen über Kopf zu liegen kamen und sehr viel Schlamm mit umgesetzt wurde, wodurch sich am Ort des Einsetzens bereits sofort ungünstige Standortbedingungen ergaben.

Im fachlichen Austausch mit dem Fachbetrieb Van Eijden aus Ovelgönne wurden Möglichkeiten erörtert, die den Aufwand vermindern und ein artgerechtes Umsetzen ermöglichen. Notwendig ist, die Krebscheren mit geeignetem Gerät lagegetreu und vorsichtig aus dem Gewässer zu entnehmen, die Pflanzen in eine an den Traktor angebaute flache Ladewanne abzulegen, dann direkt an den Pflanzstandort zu fahren und in gegenläufigen Schritten die Krebscheren wieder auszubringen.

Die Firma Van Eijden entwickelte 2007 einen Prototyp des „Pflückgeräts“ (Grabenforke) sowie die frontseitig am Traktor montierte Ladewanne. Der Pflücker besteht aus einem 3 m breiten und im Querschnitt quadratischen Hohlzylinder aus Stahl, an dem 15 Doppel-Zinken aus Federstahl befestigt sind, wie sie für Heuwender verwendet werden (s. Abb. 12 unten rechts). Diese Forke ist in der Längsachse beweglich und mittels Hydraulik steuerbar am Ausleger befestigt. Beim Herausnehmen der Krebscheren aus dem Graben bleiben die Pflanzen zwischen den Zinken aufrecht sitzen und werden mitsamt den Wurzeln aus dem Sediment gezogen, wobei nur minimal Schlamm mit herausgenommen wird. Die entnommene Krebscherenladung von ca. 80 Pflanzen wird dann aufrecht in einer Transportwanne abgelegt, die an der vorderen Aufhängung des Treckers befestigt ist. Etwa 5 Forkenladungen passen in die Wanne, die damit dann über kurze Strecken innerhalb eines Gebiets umgesetzt werden können. Bei Transporten über längere Strecken und öffentliche Straßen müssen die Krebscheren in einem für den Straßenverkehr zugelassenen Container transportiert werden. Auch das Einsetzen der Krebscheren am Bestimmungsort wird mittels der Forke vorgenommen. Dadurch werden die Krebscheren lagerichtig und als zusammenhängender Bestand wieder in das Bestimmungsgewässer eingesetzt.



Abb. 12: Der Krebscherenpflücker bei der Arbeit.

Obere Reihe: Entnahme eines Krebscherenbestands aus dem Spendergewässer; untere Reihe links: Ablage in der Transportwanne, Mitte und rechts: Einsetzen in das Beimpfungsgewässer.

Fotos: R. Kesel

Der Prototyp wurde bereits beim Ersteinsatz als hocheffizient bewertet, da die Krebscheren lagegerecht aus- und eingebaut werden können und ein Verkippen und eine Verschlammung der Phytomasse nicht auftritt (Abb. 12, Fotoserie). Das Ladebehältnis kann ca. 10-15 qm Stratiotes-Bestand aufnehmen. Mit dem eingesetzten Traktor können innerhalb des Gebiets vergleichsweise rasch Distanzen überwunden werden. Die technische Ausstattung kann von nur einem Maschinisten bedient werden. Für weite Transporte zwischen entfernten Gebieten

(z.B. vom Werderland in das Niedervieland, 2. Nov. 2007; Abb. 13) kann der Krebssscheren-Pflücker die Pflanzen in größere Transport-Container zwischenlagern. Die Container werden dann durch LKW aufgenommen und über das öffentliche Straßennetz transportiert. Die Verwendung geschlossener Container sichert einen effektiven Verdunstungsschutz für die Wasservegetation und ermöglicht längere Zwischenlagerungen.



Abb. 13: Beladung eines Transportcontainers mit dem Krebssscherenpflücker.  
Fotos: W. Kundel

#### 4.4.4 Durchführung von Verpflanzungen und Beimpfungen

Entsprechend des Versuchsplans erfolgten im Herbst 2007, im Frühsommer (Juni) 2008, im Spätsommer (September) 2008 und im Herbst 2008 Beimpfungen einzelner Probestrecken mit Krebssscherenbeständen zwecks Wirkungskontrolle der Maßnahmen.

Tab.13: Art und Anzahl der in den Probegebieten durchgeführten Beimpfungsmaßnahmen.

Erläuterung: B: Beimpfung, P: Populationen, T: Turionen, F: Frühsommer, S: Spätsommer, H: Herbst, m: männliche Pflanzen, w: weibliche Pflanzen

Zeitpunkt	Beimpfungsart	Hollerland	Niedervieland	Werderland
Herbst 2007	BPH07	20	14	0
	BTH07	2	1	0
Frühsommer 2008	BPF08 m	5	6	0
	BPF08 w	3		
Spätsommer 2008	BPS08	8	0	0
Herbst 2008	BPH08	10	6	0

Die im Jahr 2008 durchgeführten Beimpfungsmaßnahmen in den Probegebieten sind in Tab.13 zusammengestellt. Das Hollerland wurde mit gebietsbüdigem Material beimpft. Da im Niedervieland keine ausreichenden Spenderbestände vorhanden waren und auch die Depotbestände in einem Kleingewässer zusammengebrochen waren, mussten die Beimpfungen im Niedervieland mit Material aus dem Hollerland, dem Werderland und dem Osterholzer Friedhof durchgeführt werden. Entnahme, Transport und Einsatz wurden mit der

neu entwickelten „Krebscherenforke“ (vgl. 4.4.3) durch den Fachbetrieb Godfried van Eijden durchgeführt.

#### 4.4.5 Einbringung von Pflanzen in eingeschlechtliche Bestände

Die Basis-Erfassung der Geschlechterverteilung 2007 in den Krebscherenbeständen ergab, dass oftmals nur eingeschlechtliche (überwiegend weibliche) Bestände zu finden sind. Das jeweils andere Geschlecht kann erst mehrere Gräben entfernt vorkommen (s. **Karte 15**). Dadurch erschien eine generative Vermehrung an vielen Standorten unwahrscheinlich, zumal nach holländischen Untersuchungen die Befruchtungsentfernung weniger als 100 m beträgt (SMOLDERS ET AL. 1995a). Daher wurden im Hollerland eingeschlechtliche Bestände der Beimpfungsmaßnahmen aus dem Herbst 2007 im Jahr 2008 mit den Fröhsommerbeimpfungen durch das jeweils andere Geschlecht ergänzt (Tab.13).

### 4.5 Maßnahmen zur Optimierung der Gewässerqualität und des Wasserhaushaltes

#### 4.5.1 Übersicht

Ziel der verschiedenen Wassernaßnahmen ist die Verbesserung der Wasserqualität hinsichtlich einer besseren Krebscherenentwicklung. Die Maßnahmen sind in Tab. 14 zusammengestellt.

Tab. 14: Übersicht über die Maßnahmen zur Optimierung der Gewässerqualität und des Wasserhaushalts.

Maßnahme	Kürzel	Zeitpunkt der Einrichtung	Erprobungsgebiete (Anzahl der Prstr.)
<b>Maßnahmen zur Optimierung der Gewässerqualität und des Wasserhaushalts</b>			
Anlage von Röhrichtklärstrecken	WR	Herbst 2007	HL (3+3)
Vergleichsstrecken ohne Röhricht	WK		HL (3)
Einrichtung von Grundwasserpumpen	WG	Fröhsjahr 2008	HL (2), NV (2)
Abdämmung von Gräben	WA	Herbst 2007	NV (3)

#### 4.5.2 Anlage von Röhricht-Klärstrecken

Die Anlage von Röhricht-Klärstrecken (WR) zur Verbesserung der Qualität des Zuwässerungswassers fand nur im Untersuchungsgebiet Hollerland statt. Dort waren im Vorfeld negative Auswirkungen beobachtet worden, die mit der Maßnahme überprüft werden sollten. Außerdem standen nur dort Gräben mit entsprechendem Röhrichtinventar unmittelbar hinter der Zuleitung zur Verfügung und es war nur geringer Aufwand zur Maßnahmenumsetzung notwendig. Durch den Einbau bzw. die Belassung einer 30 m langen Röhrichtstrecke in 3 Gräben in der Nähe der Zuwässerung aus der Wümme ins Hollerland soll eine Verbesserung der Qualität des Zuwässerungswassers erreicht werden. Die drei Röhrichtstrecken wurden bei den Grabenräumungen im Herbst (Oktober) 2007 im Graben

belassen (Abb. 14). Bei einer der Strecken wurde zusätzliche Röhrichtvegetation eingebracht. Diese stammt aus geräumten anderen Abschnitten des Grabens. In die vor und nach der 30 m langen Röhrichtstrecke eingerichteten Probestrecken wurden Krebscherenbestände eingebracht (Probestrecken Nr. 029, 031, 033), um über ihre Ausbreitung Aussagen zur Wirkung der Filterstrecke treffen zu können.

Die Auswirkungen der Maßnahme sollen sich in der Verringerung der Nährstoffgehalte (Nitrat, Ammonium, Phosphat, Sulfat) und der Wassertrübung einerseits sowie in der Vitalität der Krebscherenbestände andererseits zeigen. Die entsprechenden Wirkungskontrollen finden in Fließrichtung vor und nach der Röhrichtstrecke statt. Die Vitalitätskontrolle findet mittels der eingesetzten Krebscherenbestände statt. Die zwischen und neben den für die Maßnahme ausgewählten Gräben liegenden Probestrecken HL030, HL032 und HL034 (Lage s. **Karte 5**) dienen dabei als direkte Kontrollen für den Einfluss der Zuwässerung ohne Röhrichtstrecke (WK).



Abb. 14: Röhrichtklärstrecke in den Probestrecken HL029 und HL031.

Fotos: R. Jordan, R. Kesel

#### 4.5.3 Einrichtung von Grundwasserpumpen

Die Installierung der Grundwasserpumpen (WG) dient der Zufuhr elektrolytreichen Grundwassers in das Grabensystem zur Verbesserung der Wasserqualität für die Krebschere.

Die Einrichtung der Brunnenstellen erfolgte im November 2007 durch einen professionellen Brunnenbauer (Abb. 15). Zwei der Brunnen wurden im Hollerland eingerichtet, die jeweils einen Graben beliefern (Probestrecken HL004 und HL047; Lage s. **Karte 5** und **8**). Ein Brunnen wurde im Niedervieland gebohrt, der zwei Gräben beliefert (Probestrecken NV027 und NV028; Lage s. **Karte 5** und **8**). Die Brunnen wurden im Hollerland in unmittelbarer Nähe der zu beliefernden Gräben gebohrt, im Niedervieland in der Mitte der Fläche zwischen den zwei zu beliefernden Gräben. Sie bestehen aus 3“-Brunnenrohren, die mittels Spülverfahren bis in 12-15 m Tiefe versenkt wurden.



Abb. 15: Die Brunnenbauer beim Spülen des Grundwasserbrunnens an der Probestrecke 047 im Hollerland und die Pumpenstation an der Probestrecke HL004.  
Fotos: R. Kesel

Die Wasserpumpen wurden nach Ende der Frostperiode am 10. und 11. April 2008 installiert. Es werden hierfür sog. Solar-Widder verwendet (Abb. 16). Das sind robuste Solenoid-Tauchpumpen, die allein über Solarpaneele (12V bzw. 24V) mit externer Solarelektronik betrieben werden und bereits bei geringer Lichteinstrahlung ab 1 W arbeiten. Die Förderleistung der Pumpen liegt lt. Hersteller bei max. 1000 l pro Tag bzw. 40 l / Stunde aus 10 m Tiefe. Die Brunnenstellen wurden zum Schutz gegen Weidevieh eingezäunt.



Abb. 16: TBP Solarwidder LJ10 und die neue LJ108-S.  
Fotos: www.liujia.com

Leider mussten im Projektverlauf zwei der drei Pumpen durch das neue Modell LJ108-S (HL004) und LJ208-D (NV) mit interner Solarelektronik ersetzt werden, da sie auch nach Reparatur beim Lieferanten weiterhin nur unregelmäßig bis gar nicht liefen. Die Laufzeiten sind in Tab. 15 zusammengestellt.

Tab. 15: Laufzeiten und Förderleistungen der Grundwasserpumpen

Pumpenstandort	Betriebszeiten	Fördermenge
HL047	11.4.2008 - 30.11.2008 20.3.2009 – 30.11.2009 ab 1.5.2010	60 m <sup>3</sup> 20 m <sup>3</sup>
HL004	11.4.2008 – 21.7.2008 4.9.2008 – 30.11.2008 20.3.2009 – 31.8.2009 neue Pumpe: 31.8.2009 – 30.11.2009 ab 1.5.2010	9 m <sup>3</sup> 4 m <sup>3</sup> 2 m <sup>3</sup> 4 m <sup>3</sup>
NV027/028	10.4.2008 – 20.11.2008 mit div. Unterbrechungen neue Pumpe: 12.8.2009 . 30.11.2009 in 2010 ohne Betrieb	59 m <sup>3</sup> 29 m <sup>3</sup>

#### 4.5.4 Abdämmung von Gräben

Die Abdämmungsmaßnahmen (WA) sollen nachhaltig Störungen des Krebscherengewässers wie den Eintrag von Trübstoffen und zu starke Wasserstandsschwankungen reduzieren. Da diese hauptsächlich im Niedervieland nachteilig auftreten, werden diese Maßnahmen nur dort durchgeführt.

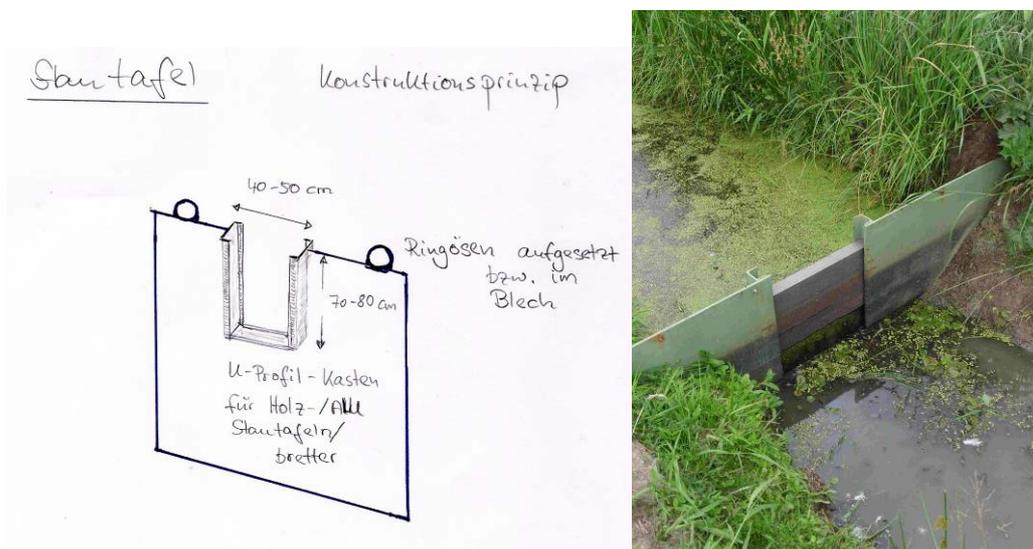


Abb. 17: Skizze der Stautafel und Einbauort im Niedervieland (Graben A8)

Skizze und Foto: W. Kundel

Als Abdämmung wurden an drei im Herbst 2007 geräumten Gräben (RNH07) im besonders durch hohe Trübung und Wasserdynamik geprägten Grabensystem des Niedervielands Stautafeln (B 3,5 m, H 1,5 m) aus Baustahl am Zuwässerungsende der Gräben ca. 12 m vom Fleet eingebracht (Probestrecken NV024, NV025, NV026; Lage s. Karte 5 und 8). In

den Tafeln sind 50 cm breite und 80 cm hohe Aus- bzw. Einlassöffnungen, die mittels eingelegter Bretter den Zu- und Abfluss und damit den Grabenwasserstand regeln (Abb. 17).

Im Sommer 2008 drohte auf Grund geringer Niederschläge ein Trockenfallen der abgedämmten Gräben, so dass die Stautafeln geöffnet werden mussten, um eine Schädigung der Krebscheren zu verhindern. Die günstigen oder ungünstigen Auswirkungen der Abdämmungen lassen sich daher nur bedingt bewerten.

## 5 Beschreibung der maßnahmenbegleitenden Wirkungskontrollen und der Ergebnisse

### 5.1 Übersicht über die durchgeführten Wirkungskontrollen sowie die Auswertung externer Daten

Schwerpunkt des Projekts ist die experimentelle, praktische Erprobung von Maßnahmen und ihre Wirkungskontrolle zur Ableitung von Ursachen für den Krebscherenrückgang und zur Evaluierung von praktikablen Gegenmaßnahmen. Dies erforderte ein stark praxisorientiertes Vorgehen, um Erkenntnisse unmittelbar in das örtliche Management durch die verschiedenen Institutionen einbinden zu können. Um fundierte Erkenntnisse gewinnen zu können, ist eine wissenschaftlich strukturierte Wirkungskontrolle der Maßnahmen erforderlich.

Tab. 16 gibt einen Überblick über alle im Projekt durchgeführten Wirkungskontrollen und die Auswertung vorliegender Daten externer Institutionen. Die Untersuchungen / Auswertungen sind in der Übersicht den Erprobungsmaßnahmen zugeordnet.

Tab. 16: Übersicht zu den Wirkungskontrollen und zur Auswertung externer Daten.

Maßnahmenziel	Maßnahme und zugeordnete Wirkungskontrollen	Kürzel der Maßnahme	
Maßnahmen zur Optimierung der technischen Geräte zur Grabenräumung	<b>Test neuer Grabenräumgeräte</b>	RA	
	Keine Wirkungskontrollen, da nur zwei kurze Vorführstrecken Bewertung der Beobachtungen s. S.44		
Maßnahmen zur Optimierung der Räummethodik	<b>Intensivierung der Räumung durch Erhöhung der Schlammentnahme</b>	RI	
	Kontrolle der natürlichen Krebscherenbestände		
	Kontrolle der beimpften Krebscherenbestände	(BPx)	
	Kontrolle der Vegetationsentwicklung		
	Kontrolle der Grabenmorphologie		
	Kontrolle der Gewässerqualität		
	Kontrolle der Fischfauna		
	<b>Verschiebung der Grabenräumung in den Spätsommer und Vergleich mit der Herbsträumung</b>	RIS RNS	
	Kontrolle der natürlichen Krebscherenbestände		
	Kontrolle der beimpften Krebscherenbestände	(BPx)	
	Kontrolle der Vegetationsentwicklung		
	Kontrolle der Gewässerqualität		
	Räumung von Gräben in unterschiedlichen Sukzessionsstadien		R...bV (3) R...W (4) R. .O (5) R...sl (6)
		Kontrolle der natürlichen Krebscherenbestände	

Maßnahmenziel	Maßnahme und zugeordnete Wirkungskontrollen	Kürzel der Maßnahme
Maßnahmen zur Optimierung der Räumethodik (Fortsetzung)	Kontrolle der beimpften Krebscherebestände	(BPx)
	Kontrolle der Vegetationsentwicklung	
	Kontrolle der Grabenmorphologie	
	Kontrolle der Gewässerqualität	
	Kontrolle der Libellenpopulation	
Maßnahmen zur Optimierung der Stabilität und Ausbreitung der Krebschere	<b>Anlage und Nutzung von gebietsspezifischen Krebschere Depot- und Spendergewässern</b>	<b>BS</b>
	<b>Entwicklung eines neuen Geräts für die Entnahme und den Transport der Krebschere</b>	-
	<b>Beimpfungen (Verpflanzungen) mit Krebschere im Herbst, Früh- und Spätsommer</b>	<b>BPH BPF BPS</b>
	<b>Beimpfungen mit Turionen</b>	<b>BT</b>
	<b>Beimpfung von eingeschlechtlichen Beständen mit dem jeweils fehlenden Geschlecht</b>	<b>BPF (nur HL)</b>
	Erfassung der Phänologie und Geschlechterverteilung der Krebschere	
	Kontrolle der beimpften Krebscherebestände	
	Kontrolle der Vegetationsentwicklung	
	Kontrolle der Libellenpopulation	
	Analyse der genetischen Variabilität	
Maßnahmen zur Optimierung der Gewässerqualität und des Wasserhaushalts	<b>Anlage von Röhrichtklärstrecken</b>	<b>WR</b>
	Auswertung der Zuwässerungsdaten für das Hollerland	
	Kontrolle der natürlichen Krebscherebestände	
	Kontrolle der beimpften Krebscherebestände	(BPx)
	Kontrolle der Gewässerqualität	
	Analyse externer Daten zur Gewässerqualität	
	<b>Einrichtung von Grundwasserpumpen</b>	<b>WG</b>
	Kontrolle der natürlichen Krebscherebestände	
	Kontrolle der beimpften Krebscherebestände	(BPH07)
	Kontrolle der Vegetationsentwicklung	
	Kontrolle der Gewässerqualität	
	Analyse externer Daten zur Gewässerqualität	
	<b>Abdämmung von Gräben</b>	<b>WA</b>
	Kontrolle der natürlichen Krebscherebestände	
	Kontrolle der beimpften Krebscherebestände	(BPH07)
	Kontrolle der Vegetationsentwicklung	
	Kontrolle der Grabenmorphologie	
Kontrolle der Gewässerqualität		

## 5.2 Übersicht über die Methoden der Datenanalyse und Darstellungen

Für die Analyse der nachfolgend dargestellten Ergebnisse wurden im Wesentlichen vier verschiedene Auswertungs- und Darstellungsmethoden verwendet.

### Mittelwert und Standardabweichung

Auswertung von Krebscherenentwicklungen durch Mittelwerte und Standardabweichungen, Darstellung als Liniengrafiken mit + und - Standardabweichungsbalken (Abb. 18 links) oder + und - Stabw.-Säulengrafik mit Messwerten, Durchführung mit Excel 2003 (Abb. 18 rechts).

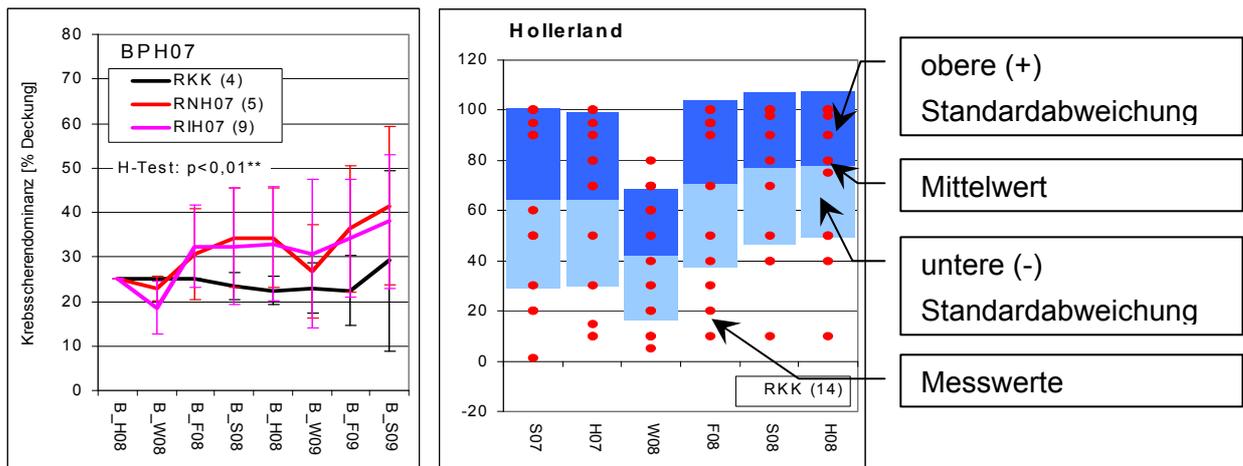


Abb. 18: Beispielgrafiken Mittelwert und Standardabweichung

### Box-Whisker-Grafiken

Auswertung von Krebscherenbeständen oder Messwerten bezogen auf Maßnahmengruppen durch Quantile (0, 1/6, 1/2, 5/6 und 1), Darstellung in Box-Whisker-Grafiken (Boxen von 1/6 bis 5/6 der Wertestreuung = 2/3 der Werte liegen statistisch in der Box, Median als Querstrich in der Box, Whiskers von 1/6 bis 0 und von 5/6 bis 1, Ausreißer als Kreise), Durchführung mit dem Programm Brodgar 2.5.7 (Abb. 19).

### Signifikanztests

Für die Absicherung der Ergebnisse wurden Signifikanztests durchgeführt. Mit dem Excel-Add-on WinStat wurden zunächst die zu testenden Daten auf Normalverteilung getestet (Kolmogorov-Smirnov-Test für kontinuierliche Variablen (Messwerte), Chi-Quadrat-Test für diskrete Variablen (Deckungsschätzwerte)). Da immer mindestens einer der zu vergleichenden Datensätze nicht normalverteilt war, wurde für den Test von 2 Stichproben der U-Test (Mann-Whitney) durchgeführt, für den Test mehrerer Stichproben der H-Test (Kruskal-Wallis). Die Testergebnisse sind mit der Irrtumswahrscheinlichkeit  $p$  in die Grafiken integriert.

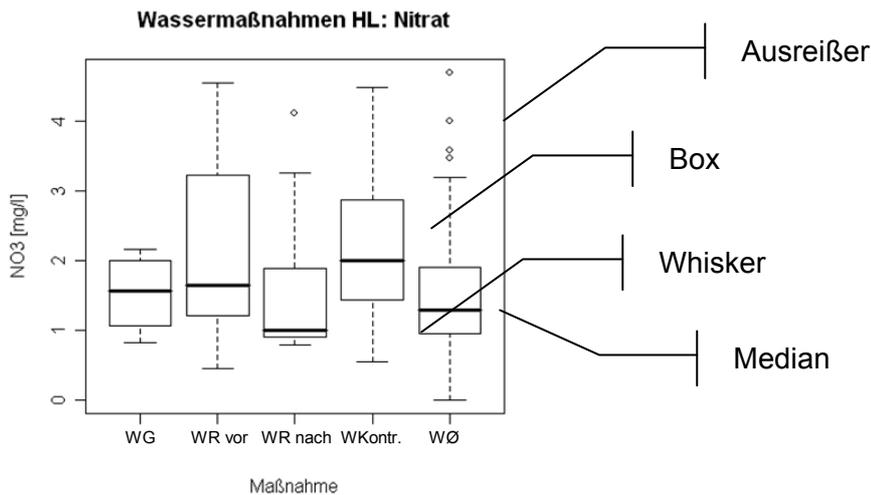


Abb. 19: Beispielgrafik Box-Whisker

### Multivariate Analyse / Diskriminanzanalyse

Multivariate Analyse der Krebscherenentwicklungen sowie der Wasserparameter in Bezug zu den verschiedenen Maßnahmen mittels einer Diskriminanzanalyse (DA). Die DA ist eine multivariate Gruppenanalyse, in der vorgegebene Gruppenstrukturen, z.B. die Zugehörigkeit zu einem Probestandort oder einer Maßnahme, mittels einer multiplen linearen Regression auf ihre statistische Relevanz bezüglich der verwendeten Parameter (Krebscherenbestände, Vegetationszusammensetzung oder gemessene Wasserparameter) untersucht werden. Für die DA müssen die Daten auf einen Mittelwert = 0 und eine Standardabweichung = 1 normalisiert werden  $[ y_{ij} = (x_{ij} - \bar{x}_i) / s_{ij} ]$ , wodurch die Parameter in ihren Werten statistisch vergleichbar werden.

Die DA wurde mit dem Programm Brodgar 2.5.7 durchgeführt. Die Ergebnisdarstellung des Programms erfolgt auf dreierlei Weise. In der ersten Grafik werden die zwei ersten Achsen, hier Diskriminanzfunktionen genannt, gegeneinander aufgetragen und die einzelnen Aufnahmen entsprechend ihrer Funktionswerte (Koordinaten) eingetragen und der Schwerpunkt der verschiedenen Gruppen mittels eines Dreiecks gekennzeichnet (sample scores). Dadurch erhält man eine Projektion der vieldimensionalen Datenstruktur auf die zwei wichtigsten Diskriminanz-Funktionen oder Achsen. In der zweiten Grafik werden die Variablen (Arten, Wasserparameter) als korrelierende Vektoren dargestellt, wobei die Richtung eines Vektors mit der entsprechenden Verteilung der Aufnahmen in der gleichen Richtung korrespondiert (intra-class correlations). Die Länge eines Vektors korrespondiert dabei mit der Bedeutung für die beiden dargestellten Funktionsachsen, nicht aber mit der Bedeutung der Variablen insgesamt für die Aufnahmenverteilung, da diese sich erst aus der mehrdimensionalen Analyse ergibt. Nur Vektoren länger als 0,5 Einheiten, projiziert auf die nächstliegende Achse, spielen bei der Interpretation eine Rolle (Bedeutung >50 %). In einer dritten Grafik werden die 90 %-Toleranzbereiche der Gruppen-Funktionswerte als Kreise um den Schwerpunkt dargestellt (averages). Diese drei Ergebnisgrafiken werden in den Darstellungen über-

einander gelegt. Als wichtigste statistische Kennwerte werden die Irrtumswahrscheinlichkeiten  $p$  für die Güte der Gruppentrennung (Separation entlang der Achsen) und die Ergebnisse einer multivariaten Varianzanalyse (MANOVA) mit Wilks lambda und Irrtumswahrscheinlichkeit  $p$  ausgegeben, die die Güte der Gruppenzuordnungen bezeichnen. Je kleiner lambda, desto besser die Gruppenzugehörigkeit und indirekt auch die Gruppentrennung (Abb. 20).

Die Anwendung der DA hängt von einigen Voraussetzungen bezüglich der Daten ab, die annähernd gegeben sein müssen, um statistisch belegbare Aussagen treffen zu können. Die Methode ist jedoch robust genug, um bei Nichtvorliegen einzelner Bedingungen dennoch zumindest tendenzielle Aussagen zuzulassen. Zu den Voraussetzungen gehören u.a. (a) mehr Beobachtungen als Variablen in jeder Gruppe, (b) annähernd gleiche Varianz innerhalb jeder Gruppe, (c) multivariate Normalverteilung der Variablen-Daten in jeder Gruppe. In der Regel sind diese Voraussetzungen erfüllt bei einem signifikanten MANOVA-Ergebnis.

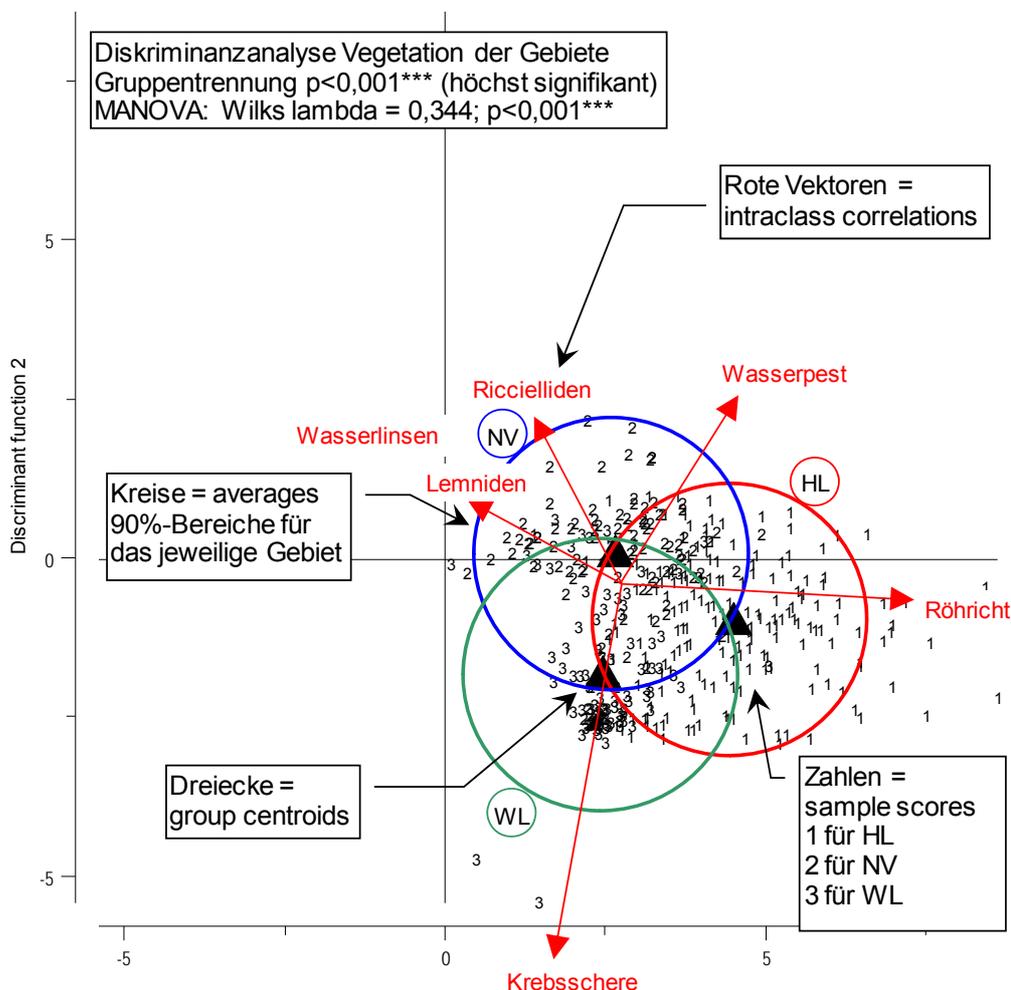


Abb. 20: Beispielgrafik Diskriminanzanalyse

Das in der Abb. 20 (Beispielgrafik) dargestellte Ergebnis einer Diskriminanzanalyse ist als Beispiel für alle DA-Grafiken des Berichts folgendermaßen zu interpretieren:

(1) Die Gruppentrennung ist mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit  $<0,1\%$  höchst signifikant, die drei Gebiete unterscheiden sich damit signifikant in ihrer Grabenvegetationszusammensetzung.

(2) Die Gruppenzugehörigkeit der Aufnahmen (sample scores) ist mit einem  $\lambda$  von 0,344 und einer Irrtumswahrscheinlichkeit  $<0,1\%$  ebenfalls höchst signifikant, die Zugehörigkeit der Probestrecken zu ihrem Gebiet somit ausreichend und es gibt wenig Überschneidungen und Ausreißer.

(3) Die Intraclass correlations (die roten Pfeile) zeigen die Bedeutung der dargestellten Variablen (Krebscheren etc.) für die Lage einer Aufnahme (sample scores) bzw. eines Gebiets. HL liegt also in Richtung des Röhrichtpfeils, WL in Richtung des Krebscherenpfeils und NV in Richtung der beiden Wasserlinsen-Pfeile. Der Elodeiden-Pfeil liegt zwischen NV und HL und hat somit für beide Gebiete eine Bedeutung. Alle weiteren Variablen haben einen kurzen Vektor ( $<0,5$  Achseneinheiten) und sind ohne Bedeutung für die Diskriminierung = Unterscheidung der Gebiete.

### **5.3 Wirkungskontrolle Grabenvegetation**

#### **5.3.1 Erfassung der Verbreitung, Phänologie, Geschlechterverteilung und Produktivität der Krebschere**

##### **5.3.1.1 Die Verbreitung der Krebschere in den Erprobungsgebieten**

#### **Zielsetzung**

Ziel der Erfassung der Verbreitung der Krebscherenbestände und die Verteilung der beiden Geschlechter in den drei Erprobungsgebieten ist die Erstellung einer Grundlage für die Planung der Maßnahmen und deren Wirkungskontrollen.

#### **Untersuchungsmethoden**

Hierzu wurden im Juni/Juli 2007 die Grabenvegetation des Grabensystems erfasst und die Krebscherenbestände, deren Geschlecht und Vitalität bestimmt. Gleichzeitig erfolgte eine Einstufung der Gräben nach dem Sukzessionsgrad der Vegetation nach der 6-stufigen Skala (vgl. Tab. 2).

#### **Ergebnisse der Status Quo-Erfassung**

Die Ergebnisse der Krebscherenkartierung und ihrer Geschlechterverteilung sind in **Karte 11** dargestellt. Die Krebscherenkartierung ergab für die drei Gebiete ein unterschiedliches und gebietsspezifisches Verbreitungsbild.

Im **Hollerland** konnten 24 große zusammenhängende Bestände von mehr als 50 m Länge (durchschnittlich 180 m) und 337 kleinere Einzel-Bestände mit weniger als 50 m Länge (durchschnittlich 15 m) und damit eine Gesamtlänge von ca. 9 km Krebscherenbestände kartiert werden. Insgesamt waren 86 (57 %) von 150 Gräben des ökologischen Grabenräumprogramms mit kleinen oder größeren Krebscherenbeständen besetzt.

Im **Niedervieland** konnten nur ca. 1,1 km gut ausgebildete Krebscheren-Gräben dokumentiert werden. 5 Grabenabschnitte haben eine Länge >100 m mit maximaler Ausdehnung von 250 m. Weitere 7 Gräben weisen nur kurze Abschnitte mit Stratiotes-Vorkommen (< 5m) auf, daneben kommen disjunkt verteilte Kleinstvorkommen aus wenigen Individuen. Ein räumlicher Verbreitungsschwerpunkt ist nicht erkennbar.

Im **Werderland** ist die Krebschere weit verbreitet und bildet großflächige Bestände in einzelnen Gräben und Poldersystemen. Da das Werderland als Referenzgebiet und für Räumungen der Krebscheren-Optimalphase dient, werden nur Teilräume mit großen und dichten Krebscherenvorkommen in das Erprobungsgebiet einbezogen (s. **Karte 13**). Die größten und dichtesten Vorkommen finden sich im Hove-Polder im südlichen Werderland. Hier ist etwa die Hälfte des Grabennetzes dem Krebscheren-Graben zuzuordnen. Östlich des Lesumbroker Sielgrabens sind einzelne Gräben auf mehrere hundert Meter zusammenhängend diesem Biotoptyp zuzurechnen. Westlich des Lesumbroker Sielgrabens sind Krebscheren-Bestände in lockeren Verbund mit initialer Wasserpest-Laichkraut-Vegetation und Wasserlinsen-Beständen sehr verbreitet. Westlich des Lindemann-Sielgrabens und nördlich des Mittelfleets existieren keine größeren Krebscheren-Vorkommen mehr. Nach den IEP-Erhebungen in 2005 sind dort nur Kleinstvorkommen festzustellen, insofern wurde dieses Teilgebiet nicht mit in die Erfassungen 2007 eingebunden. Die nordwestlichen Grabensysteme (westl. Vierstückensielgraben) lagen 2007 parziell trocken und dürften für die Krebschere nicht geeignete Lebensräume sein. In der südwestlichen Niederbürener Feldmark wurden in zahlreichen Gräben teilweise submerse Kleinstbestände mit Krebscheren festgestellt; Dominanzbestände sind sehr selten.

Im untersuchten Teil des Werderlands sind ca. 7,4 km optimal ausgebildete Krebscheren-Gräben und mehr als 2,2 km lückigere, teils emerse und submerse Bestände in Gräben mit abschnittweisen Vorkommen kartiert worden. Die größte Dichte liegt in den südlichen Polder (Bund-Polder und Hoove Polder). Besonders der Aukamp-Graben als südliches Abschlussfleet ist auf über 700 m eines der größten Vorkommen im Gebiet und in den breimischen Flussmarschen.

### 5.3.1.2 Die Krebscherenphänologie im Jahresverlauf

#### Zielsetzung

Über das genaue phänologische Verhalten der Krebschere während eines Jahreszykluses bestanden bisher nur allgemeine Kenntnisse. Durch die regelmäßige Beobachtung ausgewählter Bestände in den Untersuchungsgebieten und die Erfassung phänologischer Daten in

den Probestrecken sollen vor allem das frühjährliche Aufstiegs-, das herbstliche Absink- sowie das geschlechtsspezifische Blühverhalten genauer dokumentiert werden. Dadurch soll die Umsetzung gezielter Fördermaßnahmen unter zeitlichen Gesichtspunkten optimiert werden.

### Untersuchungszeitraum und –methode

Die Status-Quo-Erfassung der Krebscherenbestände und deren Geschlechterzusammensetzung in den Untersuchungsgebieten wurden bereits im Jahr 2007 durchgeführt. Da das Forschungs- und Kooperationsvorhabens im Juni begann, konnte die frühe phänologische Entwicklungsphase der Krebscheren in 2007 nicht erfasst werden. Die phänologischen Beobachtungen in der Vegetationsperiode 2008 schlossen diese Lücke. Hierzu wurden an ausgewählten Beobachtungsstrecken monatlich und während der Blühphase alle zwei Wochen die Prozentanteile der ab- und aufgetauchten sowie der blühenden Pflanzen mit deren Geschlecht notiert. Die phänologischen Daten der vier Jahres-Erfassungen in den Probestrecken (Winter, Frühjahr, Sommer, Herbst) sind in die Auswertung mit einbezogen.

### Ergebnisse

Aus den Beobachtung 2007 und 2008 lässt sich ein phänologischer Jahreszyklus wie in Abb. 23 dargestellt ableiten. Dieser gliedert sich in vier Phasen:

In der **Aufstiegsphase** im Frühjahr, die mit den ersten warmen Tagen bereits im März starten kann, beginnen die Krebscheren vom Gewässergrund aufzusteigen. Der Mechanismus dafür dürfte in der durch Wärme und verstärkten Lichteinfall angeregten Photosynthese liegen, wodurch die Pflanzen durch eingelagerte Luft leichter werden. Der genaue Ablauf ist nicht bekannt. Als Erstes steigen die kleineren Ableger des Vorjahres auf, die zum Teil noch an den Altpflanzen hängen und diese mit hochziehen können. Die im vorherigen Herbst und Winter aus den unteren Blattachsen heraus gefallenen Turionen sowie die Samen beginnen auszutreiben (s. Abb. 21). Die sich daraus entwickelnden neuen Pflanzen steigen allerdings erst in den Sommermonaten auf. Die Aufstiegsphase ist nach milden Wintern meist im April abgeschlossen und nahezu alle Krebscheren haben die Gewässeroberfläche erreicht. Die in den Flachgewässern vollständig eingefrorenen Pflanzen zeigten keine Ausfälle.



Abb. 21: Austreibende Turionen und Ableger der Krebschere. Foto: W. Kundel

Die sommerliche **Reproduktionsphase**, die etwa im Mai beginnt, startet mit der Blüte der männlichen Pflanzen. In 2008 wurden erste Blüten aufgrund eines sehr frühen phänologischen Starts bereits Ende April beobachtet. Bis zu 60 % aller Pflanzen in einem männlichen Bestand können dabei zeitgleich blühen, viele Pflanzen mit zwei oder drei Blütenständen mit jeweils 1-2 Blüten. Die Hauptblüte wurde in 2008 in der ersten Juni-Dekade erreicht und klang im Juli aus. Die Blühphase der weiblichen Pflanzen begann erst im Juni mit wenigen Blüten (1-5 % eines weiblichen Bestands) und erreichte im Juli ihren Höhepunkt mit bis zu 30 % blühenden Pflanzen und klang im August aus. In den Monaten August und September wird dann die vegetative Vermehrung forciert und Ableger und Turionen ausgebildet. Eine Krebschere kann dabei bis zu sechs Ableger und sieben Turionen ausbilden. Weibliche Pflanzen mit fertilen Samenständen bilden meist keine Turionen aus. In den Sommermonaten wachsen auch die aus den Turionen oder Samen ausgetriebenen Pflanzen heran, steigen langsam an die Gewässeroberfläche und gliedern sich in die Krebscherenteppiche ein. Sie werden erst im Folgejahr ihre Reproduktionsphase durchlaufen.



Abb. 22: Überwinterungs-, Auftauch- und Produktionsphase der Krebschere.

Fotos: R. Kesel

Die **Absinkphase** im Herbst beginnt mit den ersten kalten Nächten durch das Absinken der Altpflanzen. Die Phase geht häufig mit einer Braunfärbung und dem Abfaulen der Wurzeln sowie der untersten Blätter einher. Dadurch fallen die dort ausgebildeten Turionen heraus. Die an Stielen sitzenden, nicht voll ausgebildeten Ableger bleiben den Winter über mit der Altpflanze verbunden. Voll ausgebildete Ableger lösen sich dagegen von der Altpflanze und sinken zusammen mit den von Turionen und Samen stammenden Pflanzen meist Ende Oktober als Letzte auf den Gewässergrund. Damit ist die Absinkphase abgeschlossen. Voraussetzung für das Absinken ist ein ausreichend tief dimensionierter Wasserkörper von ca. 40 cm Tiefe. Bei höher stehendem Schlamm im Graben verbleiben oft ganze Krebscherenbestände an der Gewässeroberfläche.

Ab November beginnt die **Überwinterungsphase**. Viele Krebscheren haben sich braun gefärbt und liegen wurzellos und flach ausgebreitet auf dem Schlamm des Grundes. Sie haben durch das Absterben der unteren Blattwirbel ihre Stabilität verloren. Manche Individuen sind auf braune kurzblättrige Strünke reduziert. Turionen und Samen überwintern ebenfalls im Schlamm und sind dort gut geschützt. An der Wasseroberfläche verbleibende Krebscheren können ein Einfrieren in einer Eisdecke relativ schadlos überstehen, die verbleibenden Strünke treiben im Frühjahr wieder aus.

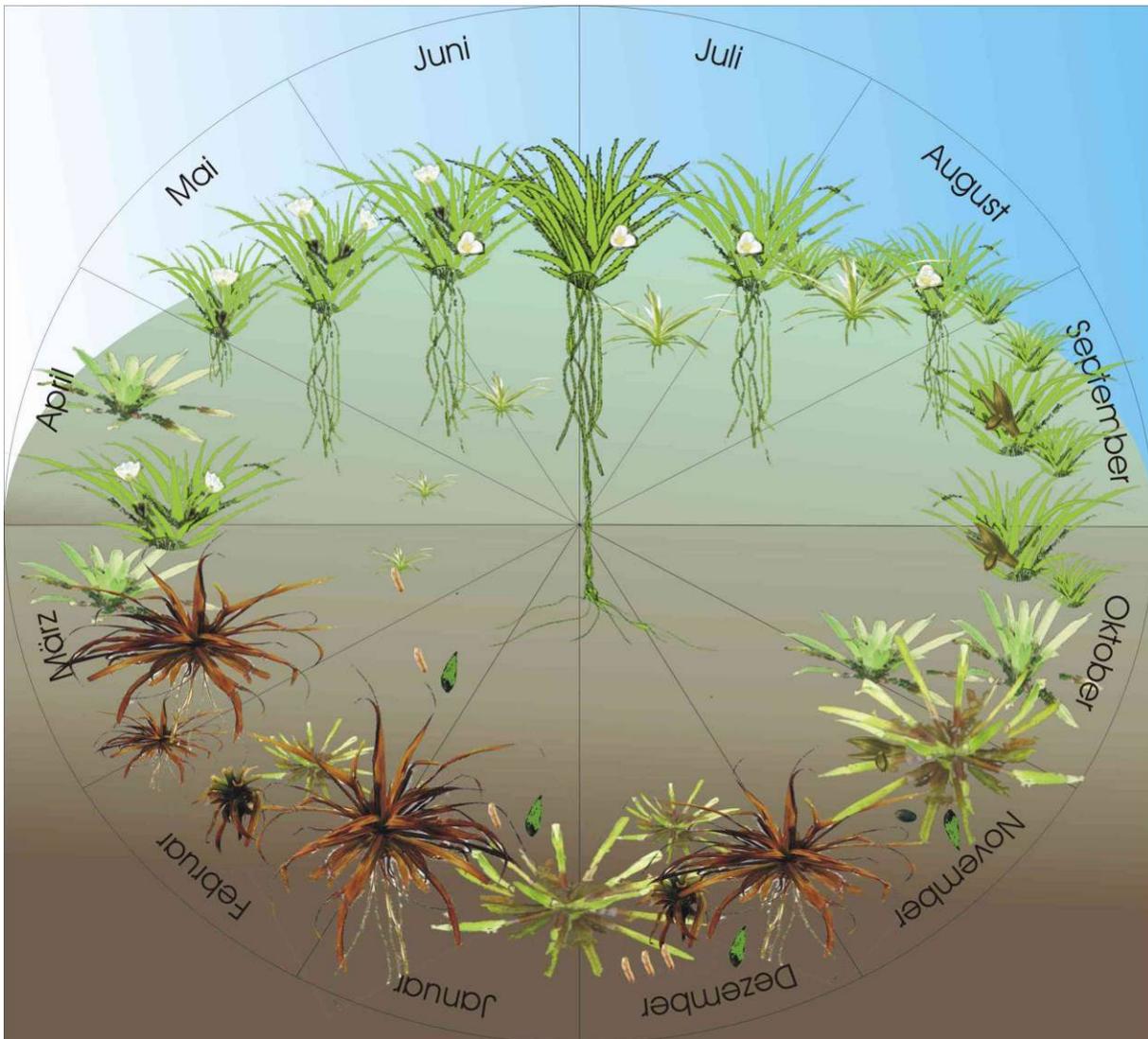


Abb. 23: Phänologischer Jahreszyklus der Krebschere im Bremer Verbreitungsgebiet.

### 5.3.1.3 Geschlechterverteilung in den Erprobungsgebieten

#### Zielsetzung

Mit der Erfassung der Geschlechterverteilung soll ein besseres Verständnis über das sexuelle Vermehrungspotenzial der Krebschere im jeweiligen Erprobungsgebiet erreicht werden. Die Kenntnisse sind zudem erforderlich, um gezielt Beimpfungsmaßnahmen mit dem jeweils an einem Standort fehlenden Geschlecht durchführen zu können und um die genetischen Analysen sinnvoll interpretieren zu können.

#### Untersuchungszeitraum und -methode

Die Erfassung des Geschlechterverhältnisses erfolgte in den 3 Probegebieten zu Beginn des Projektes im Sommer 2007 mit einer Gesamterfassung der Krebscherenbestände in den Probestrecken und nachfolgend zur Vervollständigung des Verbreitungsbildes mit der Früh-

jahrs- und der Sommererfassung 2008 und 2009 sowie zwischen den beiden Erfassungsterminen an je 6 ausgewählten Probestrecken. Festgehalten wurden jeweils der Prozentanteil blühender Pflanzen und deren Geschlecht. Die räumliche Verteilung ist in **Karte 11**, die Verteilung der Geschlechter in den Probestrecken in **Karte 15** dokumentiert.

## Ergebnisse

Die Phänologie der Krebschere konnte 2007 nur unvollständig erfasst werden, da mit den Untersuchungen erst im Juni begonnen wurde. In 2008 konnte die jahreszeitliche Entwicklung dann in einem vollständigen Zyklus beobachtet werden, der mit den Beobachtungen in 2009 ergänzt wurde. Im Jahr 2008 wurde eine früh (Anfang April) beginnende Blüte der männlichen Pflanzen mit Höhepunkt im Mai und Abklingen im Juni beobachtet. Erst Ende Mai traten dann auch erste weibliche Blüten auf. Das Blühen der weiblichen Pflanzen erreichte seinen Höhepunkt im Juli und klang im August ab. Die Beobachtungen konnten in allen Probestrecken weitgehend bestätigt werden (Abb. 24). In 2008 überlappten sich die Blühphasen der männlichen und weiblichen Bestände insgesamt nur um einem Monat. Durch die vergleichsweise hohen Temperaturen im April ( $12,8^{\circ}\text{C}$  Monatsmitteltemperatur gegenüber  $7,9^{\circ}\text{C}$  in 2008) setzte schnell die volle Blüte ein, die dann im Juli bereits weitgehend abgeklungen war. Die Beobachtungen in 2009 bestätigten die Ergebnisse von 2008 und es ergaben sich keine grundlegenden Änderungen. Das Blühverhalten der Krebschere scheint weitgehend temperaturgesteuert zu sein, was allerdings bisher nicht wissenschaftlich untersucht wurde.

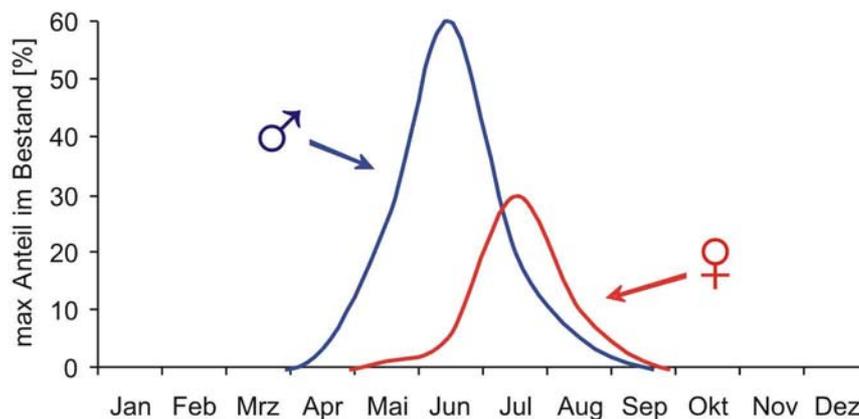


Abb. 24: Abfolge der Blühphänologie der Krebschere.

Mit der ganzjährigen Beobachtung stellte sich zudem heraus, dass - entgegen der Annahme aus den Beobachtungen im zweiten Halbjahr 2007 - männliche und weibliche Bestände dort, wo sie beide zusammen vorkommen, häufig durchmischt auftreten. Im Niedervieland konnten keine natürlichen Bestände mit beiden Geschlechtern nachgewiesen werden. Im östlichen Werderland wurden 2008 mehr männliche Individuen im Grabensystem beobachtet als in 2007. In drei Probestrecken konnten beide Geschlechter erfasst werden. Außerhalb der

Probestrecken existierten im Werderland vereinzelt Herden mit nur männlichen Individuen. In den Probestrecken traten beide Geschlechter gemischt auf oder nur weibliche Krebssscheren.



Abb. 25: Männlicher Krebssscherenbestand im Hollerland.  
Foto: R. Kesel

#### 5.3.1.4 Die Produktivität der Krebssschere

##### Zielsetzung

Mit der exemplarischen Erfassung der Produktivität von Krebssscherenpopulationen sollen zum einen Daten für die Planung und Durchführung der Beimpfungsmaßnahmen und zum anderen weitere Erkenntnisse zur Biologie der Krebssschere bezüglich ihres Vermehrungspotenzials gewonnen werden.

##### Untersuchungszeitraum und –methode

Die Produktivitätsuntersuchung wurde im Oktober 2007 zum Ende der Produktionsphase der Krebssschere im Hollerland durchgeführt. Dabei wurden 3 Stichproben mit insgesamt 212 Pflanzen mittels des Krebssscherenpflückers aus den dichten Beständen mit beiden Geschlechtern im Kuhgrabenfleet entnommen. Sie wurden anschließend zerpfückt und die Anzahl der Ableger, Turionen und Samenstände pro Pflanze notiert. Die Ausbeute einer Stichprobe ist in Abb. 27 dokumentiert. Die Turionen und Ableger wurden anschließend für die beiden Turionen-Beimpfungsmaßnahmen verwendet.

##### Ergebnisse

Die Produktivitätsuntersuchung ergab eine durchschnittliche Produktion von 3 bis 5 (Mittelwert 3,8) Ablegern und 0 bis 2 (MW 1,0) Turionen sowie 0 bis 1 (MW 0,3) Samenkapseln pro Pflanze (in einem Bestand mit beiden Geschlechtern). Interessant ist dabei, dass sich die Bildung von Turionen und Samenkapseln anscheinend ausschließen. Nur bei Pflanzen ohne Samenstände waren Turionen ausgebildet, während Pflanzen mit Samenständen nur selten Turionen aufweisen (Abb. 26).

Die Ergebnisse sind Referenzwerte für die Wirkung von Beimpfungsmaßnahmen zur Förderung der geschlechtlichen Vermehrung und zeigen, dass bei den beimpften Beständen bei guter Vitalität eine potenzielle vegetative Vermehrungsrate von 4 Ablegern und 1 Turion pro Jahr erwartet werden kann. Auch eine generative Vermehrung kann bei Anwesenheit beider Geschlechter erwartet werden.

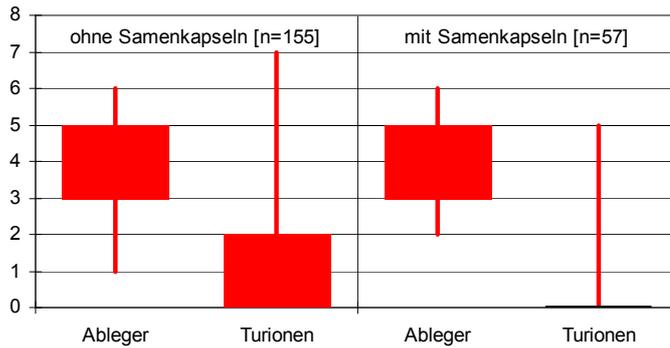


Abb. 26: Anzahl der Ableger- und Turionen bei Krebscherenpflanzen mit und ohne Samenstände  
Der Unterschied in der Turionenbildung ist hoch signifikant ( $p < 0,001$ ).



Abb. 27: Ausbeute an Ablegern (unten), Samenkapseln (oben links) und Turionen (oben Mitte) einer Krebscherenstichprobe.

Foto: R. Kesel

### 5.3.1.5 Zusammenfassung der Ergebnisse zur Wirkungskontrolle der Grabenvegetation

**Phänologie:** Der Jahreszyklus der Krebsschere mit der Auftauch-, Reproduktions-, Absink- und Überwinterungsphase sowie den Blühphasen der beiden Geschlechter wurde zeitlich genauer bestimmt. Das Auftauchen wie auch das Absinken sind wahrscheinlich temperaturgesteuert. Männliche Blüten erscheinen früher und zahlreicher, weibliche Blüten erscheinen mit ca. 1 Monat Verzögerung. Die Blühphasen überlappen sich ausreichend lange für eine Befruchtung.

**Geschlechterverteilung:** In allen drei Probestandorten sind beide Geschlechter in unterschiedlicher Verteilung vorhanden. Im Hollerland ist der Höchstabstand beider Geschlechter für eine erfolgreiche Befruchtung (ca. 100 m) in den meisten Bereichen gegeben, in den anderen beiden Gebieten nur in Teilbereichen.

**Produktivität:** Die Krebscheren im Hollerland zeigen sowohl vegetativ (pro Pflanze: Ableger 3-5, Turionen 0-2) als auch generativ (Samenkapseln 0-1) eine hohe potenzielle Vermehrungsrate.

## 5.3.2 Erfassung der Krebscherenbestände in den Probestrecken

### 5.3.2.1 Wirkungskontrolle: Entwicklung der natürlichen Krebscherenbestände

#### Zielsetzung

Bei der Räumung eines Grabens verbleiben je nach Intensität der Entnahme von Vegetation und Schlamm immer einzelne Pflanzen oder Pflanzenteile im Graben. Zudem sind im Rahmen der ökologischen Grabenräumung die Baggerführer angewiesen, Krebscherenbestände nicht vollständig aus den Gräben zu entnehmen. Ziel der Kontrolle der natürlichen, d.h. nicht neu eingebrachten Krebscherenbestände ist die Identifizierung der günstigeren Managementmaßnahme (Normal- und Intensivräumung, Räumzeitpunkt, Wassermaßnahme) für die Krebschere und die Analyse gebietsspezifischer günstiger oder ungünstiger abiotischer Standortbedingungen durch die Auswertung der Messungen der Wasserparameter. Sie dienen zudem als Referenz für die beimpften Bestände.

#### Untersuchungszeitraum und –methode

Für die Analyse der Entwicklung der natürlichen Krebscherenbestände wurden vierteljährlich die Bestände innerhalb der Probestrecken mit Dominanz, Abundanz, Dichte und Phänologie erfasst. Für die Analyse der Entwicklungen nach den verschiedenen Erprobungsmaßnahmen werden die Dominanzen herangezogen, da diese am genauesten erfasst werden konnten. Abundanzen und Dichten schwanken je nach Jahreszeit und Grabenbreite und lassen sich nur schwer direkt vergleichen.

Um Aussagen über die Entwicklung der Bestände treffen zu können, werden sowohl die Quartalsdaten insgesamt als auch die nach der Räumung im Herbst/Winter 2007 in die Überwinterung gegangenen Krebscherenbestände mit denen im Sommer 2008 und Sommer 2009 verglichen. Aus der Dominanz-Entwicklung der natürlichen Krebscherenbestände im Vergleichsgebiet Werderland und in den Kontrollgräben im Hollerland wird mittels der Mittelwerte und Standardabweichungen ein Entwicklungsmodell aufgestellt, mit dem dann die Entwicklungen nach den verschiedenen Maßnahmen verglichen und bewertet werden können.



Abb. 28: Natürliche Krebscherenbestände im Hollerland (Prstr. HL001 und Prstr. HL024).

Foto: R. Kesel

## Ergebnisse der Krebscherenentwicklung nach den Räummaßnahmen

Die natürlichen, d.h. nicht beimpften Krebscherenbestände in den Probestrecken zeigen zwar sowohl in jedem Gebiet als auch nach jeder Räummaßnahme, soweit dort solche Bestände vorhanden waren, eine eigene Entwicklung, insgesamt lässt sich jedoch ein grundlegendes Entwicklungsmuster herausarbeiten. Entscheidend ist dabei für die Räumstrecken, wie viele Krebscheren nach der Grabenräumung in der Probestrecke verblieben sind. Bei der Intensivräumung mit der bis zu dreimaligen Entnahme von Schlamm verbleiben im Allgemeinen weniger Krebscheren im Graben als bei der Normalräumung mit nur einer einmaligen Entnahme, was die Daten aus dem nachfolgenden Winter bestätigen. Für die Analyse wurden nur diejenigen Probestrecken berücksichtigt, in denen Anfangsbestände ab 10 % Deckung vorhanden waren. Die räumliche Verteilung der Entwicklungen in den drei Probestrecken ist in der **Karte 16** (2007-2008) und **Karte 17** (2008-2009) dargestellt, Beispiele solcher Bestände sind in Abb. 28 dokumentiert.

Im **Werderland** als Vergleichsgebiet für eine natürliche Krebscherenentwicklung zeigt sich ein typischer Verlauf in den nicht geräumten Gräben (Abb. 29, linke Grafik). Anfangsbestände in der Optimalphase (Stufe 5, vgl. Tab. 6) zwischen 40 % und 100 % sommerlicher Krebscherendeckung überwintern mit in der Deckung um 10-20 % reduzierten Beständen auf Grund des Absterbens und Auseinanderfallens von Pflanzenteilen, um dann im Folgejahr umso stärker anzuwachsen, je geringer die Ausgangsbestände waren. Diese Bestände gehen hinsichtlich ihrer Deckung wiederum etwas reduziert in den Winter, um dann bis zum Sommer 2009 die Gräben wieder dicht zu besiedeln, aber auch mit beginnender Rückgangstendenz auf Grund der einsetzenden Verlandung (Stufe 3, vgl. Tab. 6). Im Herbst normal geräumte Gräben zeigen geringere Überwinterungsbestände, die dann aber im Frühjahr und Sommer sofort wieder Maximalzuwächse zeigen. Die im Herbst intensiv geräumten Krebscherengräben zeigen wesentlich kleinere Überwinterungsbestände, die z. T. bis auf 0 zurückgehen. Die Zuwachsraten im ersten Jahr nach der Räumung sind dann ähnlich denen in den ökologisch verträglich normal geräumten Gräben, die Bestände erreichen aber erst im zweiten Jahr den starken Zuwachs bis zur Normaldominanz. Die Sommer-Normalräumung zeigt einen ähnlichen Verlauf wie eine Herbst-Intensivräumung, die schonenden Normal- und Intensivräumungen im Herbst 2008 die gleiche Tendenz wie die Räumungen im Herbst 2007.

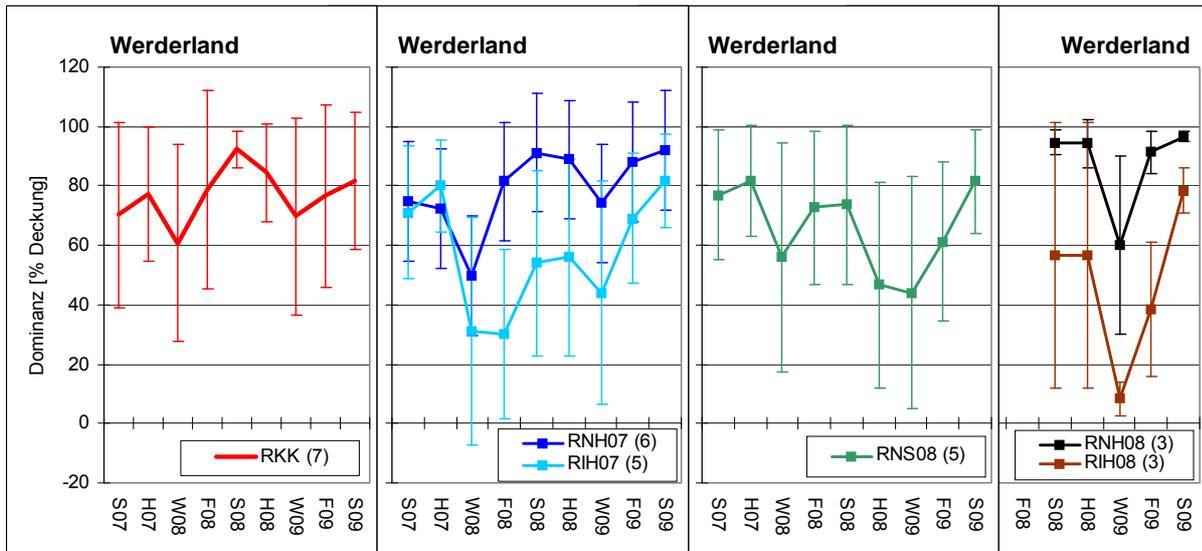


Abb. 29: Entwicklung der natürlichen Krebscherenbestände in den Probestrecken des Werderlands im Vergleich der verschiedenen Räummaßnahmen.

Legende: RKK = Kontrolle, RNH07 = Normalräumung Herbst 2007, RIH07 = Intensivräumung Herbst 2007, RNS08 = Normalräumung Spätsommer 2008, RIS08 = Intensivräumung Spätsommer 2008, RNH08 = Normalräumung Herbst 2008, RIH08 = Intensivräumung Herbst 2008. Dargestellt sind Mittelwert und Standardabweichung für  $n > 2$ . Auf der x-Achse sind die Aufnahmezeitpunkte aufgetragen: F = Frühjahr, S = Sommer, H = Herbst, W = Winter.

Im **Hollerland** ist in nahezu allen Probestrecken sowohl zwischen 2007 und 2008 als auch zwischen 2008 und 2009 eine Zunahme der Krebscherenbestände zu beobachten (Abb. 30, linke Grafik; Abb. 32). Die Entwicklung in den Kontrollstrecken (RKK sowie auch RNS07-08 und RIS07-08, die Räumung fand dort erst nach der Bestandsaufnahme 2008 statt) verläuft dabei vergleichbar der Entwicklung im Werderland (vgl. Abb. 29). Sowohl die Normal- und Intensivräumungen im Herbst und im Spätsommer zeigen den starken Rückgang nach der Räumung und den darauf folgenden verzögerten Wiederaufbau der Optimalbestände, wobei sich besonders der Wiederaufbau nach der Sommer-Intensivräumung verzögert (Abb. 30, mittlere Grafik). Da jedoch jeweils nur 1 Graben mit natürlichen Beständen für die verschiedenen Räumungen vorliegt, kann hier keine allgemeine Aussage getroffen werden.

Im **Niedervieland** zeigt sich eine stark verzögerte Entwicklung der Krebscherenbestände nach der Räumung (Abb. 30, rechte Grafik). Das Gebiet ist insgesamt nur noch spärlich mit Krebscheren ausgestattet, wobei die noch bestehenden 7 nennenswerten Bestände in die Analyse einbezogen wurden. Die 4 ungeräumten Bestände bleiben auf einem niedrigen Niveau von im Mittel 40 % Deckung und die 3 im Herbst normal geräumten Bestände erreichen nach 2 Jahren noch nicht wieder den Optimalzustand. Der Vergleich mit dem Werderland (Abb. 29) mit seiner 1-jährigen Initialphase verdeutlicht, dass im Niedervieland ungünstige Bedingungen für eine normale Krebscherenbesiedlung vorliegen müssen.

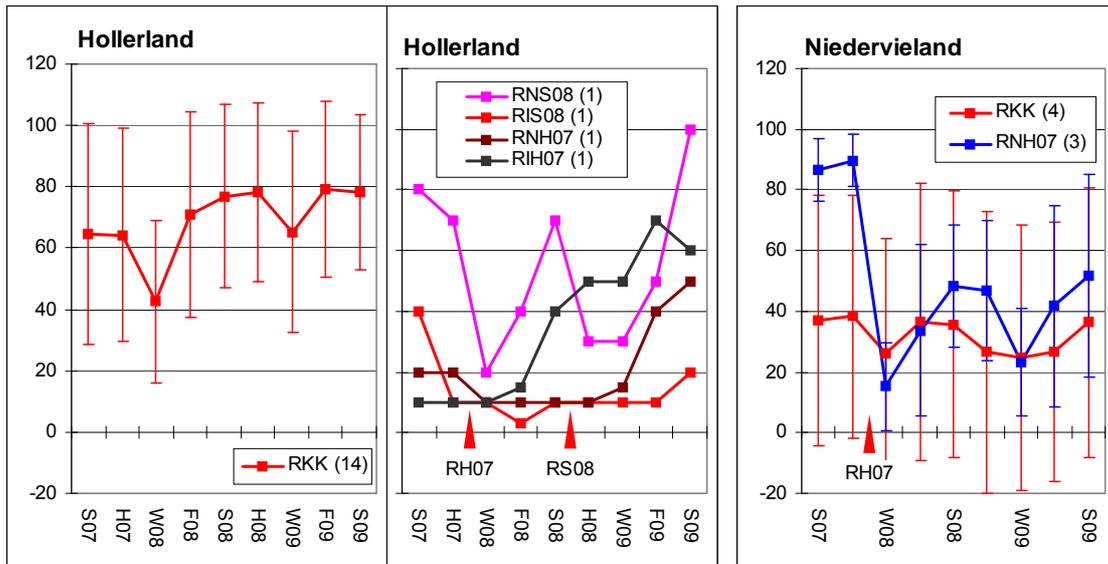


Abb. 30: Entwicklung der vorhandenen natürlichen Krebscherenbestände in den Probestrecken des Hollerlands und des Niedervielands.

Legende s. Abb. 29.



Abb. 31: Krebscherengraben in der Optimalphase (WL017) im Sommer 2007 und bei der Spätsommer-Normalräumung 2008 (11. Sept.) mit Rücksetzen von Teilbeständen.

Fotos: W. Kundel

Bezieht man die **Verlandungszustände** vor der Räummaßnahme mit ein, so zeigen sich im Wesentlichen für das Hollerland und das Werderland keine deutlichen Unterschiede in der Entwicklung sowohl zwischen den beiden Jahren als auch zwischen den verschiedenen Verlandungszuständen (Abb. 32; Beispiel in Abb. 31). Im Werderland ist allerdings eine breitere Streuung der Veränderungen (Ab- oder Zunahmen) zu sehen. Insgesamt folgen diese Standorte jedoch dem Entwicklungsmodell (Abb. 33). Das Niedervieland hingegen unterscheidet sich auch hier von den anderen Gebieten durch die deutlichen Abnahmen der Krebscherenbestände vor allem im ersten Jahr und durch die signifikanten Zuwächse im 2. Entwicklungsjahr in der Optimalphase (V5; vgl. Tab. 2). Diese Entwicklung gibt einen Hinweis darauf, dass sich im Jahr 2009 etwas an den Bedingungen im Niedervieland zu Gunsten der Krebscheren geändert haben muss.

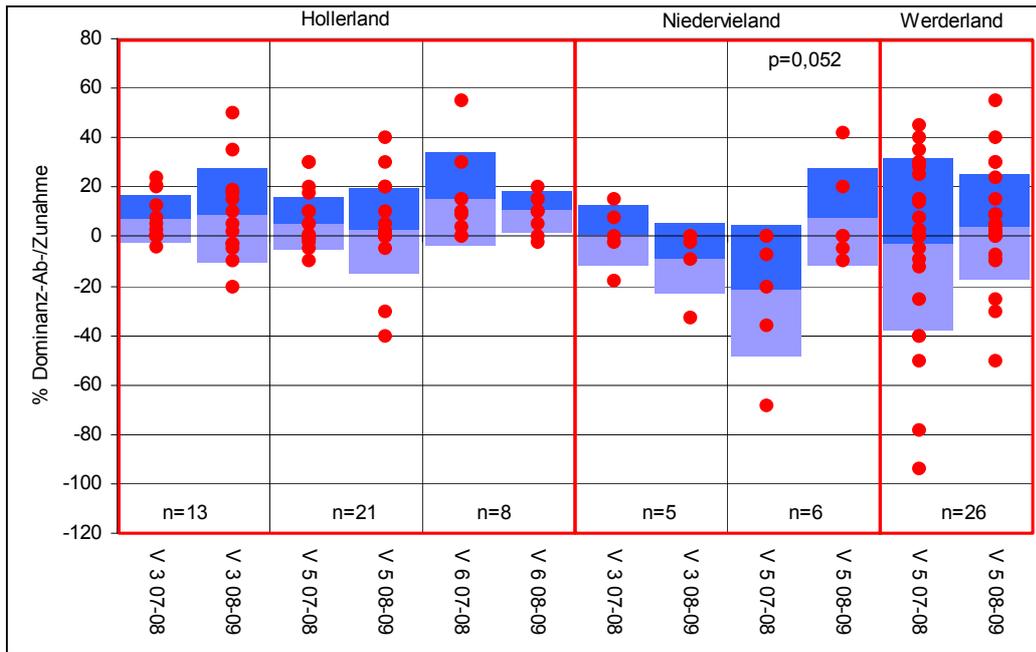


Abb. 32: Entwicklung der Krebschere-Dominanz in den verschiedenen Verlandungsstadien nach den Erprobungsmaßnahmen.

Legende: Dargestellt sind Mittelwert und obere und untere Standardabweichung sowie die Einzelwerte für Ab- und Zunahmen der natürlichen Krebscherebestände von 2007 auf 2008 (jeweils linke Grafik) und von 2008 auf 2009 (jeweils rechte Grafik) für die einzelnen Verlandungsstufen V3, V5 und V6 (Erläuterung der Verlandungsstufen s. Tab. 2).

### Das Krebschere-Entwicklungsmodell

Mit den Daten der natürlichen Bestände aus dem Werderland und aus den Kontrollgräben im Hollerland lässt sich ein allgemeines Entwicklungsmodell für Krebscheregräben zusammenstellen (Abb. 33). Die Entwicklung der Bestände in den einbezogenen 20 Kontrollgräben gibt dabei den Maßstab und den ermittelten Schwankungsbereich ( $\pm$ Standardabweichung) an. Dieser rot hinterlegte Bereich kann auch als Bereich der Optimalphase bezeichnet werden. Liegen die Krebscheredeckungen darunter, so befindet sich der Krebscherebestand in der Initialphase, liegen sie im oberen Bereich und darüber oder zeigen sie eine Abnahmetendenz, so befindet sich der Bestand in der (beginnenden) Verlandungsphase. Die ungestörte Krebschereentwicklung zeigt einen zyklischen Verlauf der Dominanz mit geringeren Deckungen im Winter, wenn die Krebschere abgesunken sind und ein Großteil ihres Blattwerks vergangen ist, und höchsten Deckungen im Sommer. Je geringer der winterliche Einbruch der Dominanz (s. Werte bei W09 in Abb. 33), desto notwendiger wird eine Räumung des Grabens, da die Krebscherebestände soviel eigenen Schlamm akkumuliert haben, dass ein Absinken nicht mehr möglich ist.

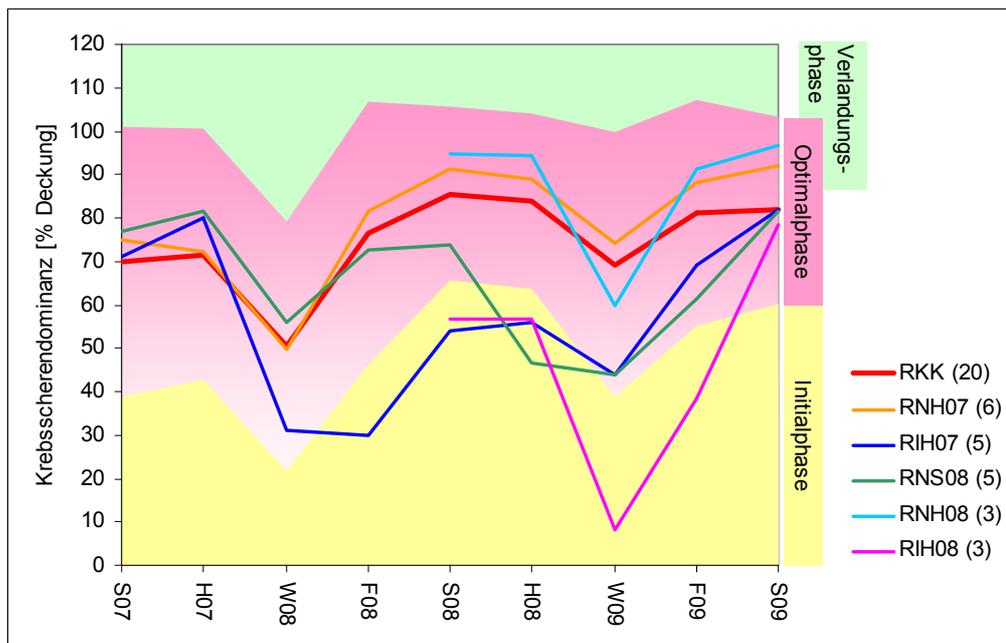


Abb. 33: Entwicklungsmo­dell für Krebsscherengräben aus den Daten des Vergleichsgebiets Werderland und den Kontrollgräben des Hollerlandes.

Legende: der rote Bereich ist der Standardschwankungsbereich (Standardabweichung) der RKK-Kurve; die Kurven sind die Mittelwertkurven; Kürzel der Räummaßnahmen vgl. Abb. 29.

Die Krebsscherenentwicklung im **Werderland** nach den Normalräumungen im Herbst (RNH07 und RNH08) verlässt den für eine Optimalphase ermittelten Schwankungsbereich nicht und die Entwicklung geht tendenziell bereits im Folgejahr in Richtung beginnende Verlandung. Die Entwicklung nach den Intensivräumungen (RIH07, RIH08) hingegen verlagert sich deutlich in die Initialphase und geht bei den Gräben mit Intensivräumung im Herbst 2007 erst nach 2 Jahren in 2009 in die Optimalphase. Die Spätsommer-Normalräumung (RNS08) geht im Folgejahr (2009) ebenfalls kurzzeitig in die Initialphase und erreicht voraussichtlich im zweiten Jahr das Optimalstadium.

Durch eine Intensivräumung im Herbst wird ein Krebsscherenbestand im Optimal- oder Verlandungszustand so weit dezimiert, dass er im Folgejahr unter gleich bleibend günstigen Standortbedingungen eine Initialphase (V6; vgl. Tab. 2) mit mehr oder weniger hohen Zuwachsraten durchläuft, die dann im zweiten Jahr in die Optimalphase (V5; vgl. Tab. 2) übergeht. Im Sommer normal geräumte Bestände durchlaufen ebenfalls eine ca. 1-jährige Initialphase, erreichen aber bei günstigen Bedingungen bereits im Herbst des Folgejahrs die optimale Bestandsdichte. Im Herbst normal geräumte Bestände hingegen bauen auf Grund des meist reichlich im System belassenen Pflanzenmaterials und auch Schlammes bereits im Folgesommer wieder ihr Optimalstadium auf (s. Beispiel in Abb. 36). Durch die Normalräumung verkürzt sich der Räumzyklus auf 3-4 Jahre, während durch eine Intensivräumung 4-6 Jahre ungestörte Entwicklung bis zur nächsten erforderlichen Räumung ermöglicht wird.

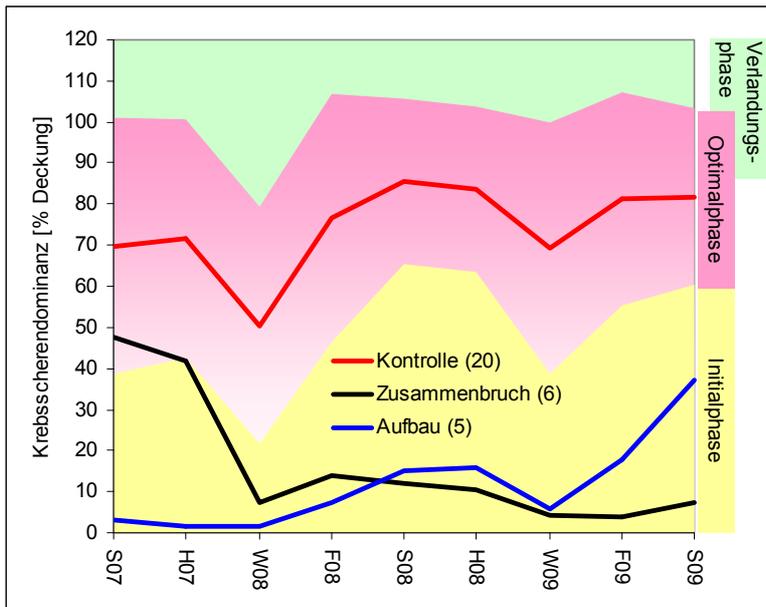


Abb. 34: Modell für den Zusammenbruch und den (Wieder-)Aufbau von Krebssscherenbeständen durch Verlandung und nach Störungen.

In vier Gräben des Werderlands und zwei Gräben des Hollerlands konnte der Zusammenbruch der Krebssscherenbestände in der Verlandungsphase (V3 bis V2; vgl. Tab. 2) sowie nach natürlichen Störungen oder Räumungen beobachtet werden (schwarze Kurve in Abb. 34; Beispiel in Abb. 35). Durch solche Störungen entstehen vermutlich ungünstige Standortbedingungen, möglicherweise durch Nähr- oder Schadstofffreisetzungen aus dem Sediment oder durch Schlammakkumulation in der Verlandungsphase. Die Bestände werden soweit dezimiert, dass sie sich erst im zweiten oder dritten Entwicklungsjahr wieder zu erholen beginnen. Unter günstigen Standortbedingungen findet ein Neuaufbau statt, wie er in 5 Gräben des Hollerlands beobachtet werden konnte (blaue Kurve in Abb. 34). Aus wenigen Pflanzen entstehen im dritten Entwicklungsjahr so große und stabile Bestände, dass wohl im vierten Jahr die Optimalphase erreicht wird.



Abb. 35: Vergleich eines optimalen Krebssscheren-Grabens im Werderland mit der Ausgangssituation in 2007.

Erläuterung: Probestrecke WL019, 17. Aug., links) und in 2009 (13. Aug., rechts) nach einem natürlichen Bestandseinbruch im Winter 2007/08. Eindeutige verursachende Faktoren sind nicht bekannt, Eine Regeneration aus dem Entwicklungsstadium eines Wasserlinsen-Grabens erfolgte bislang nicht. Abschnitte des Krebscheren-Grabens im Hintergrund waren vom Bestandseinbruch nicht betroffen. Fotos: W. Kundel



Abb. 36: Krebscheren-Graben in der Optimalphase als Werderland-Kontrollgraben mit nahezu unverändertem Phänotyp von 2007 bis 2009 (WL029, 18. Aug. 2009). Foto: W. Kundel

### 5.3.2.2 Wirkungskontrolle: Entwicklung der Krebscheren-Beimpfungsbestände

#### Zielsetzung

Die Beimpfungsmaßnahmen dienen der experimentellen Wirkungskontrolle der verschiedenen Räum- und Wassermaßnahmen. Es gilt die Frage zu beantworten, ob die beiden Räumintensitäten (normal [RN] und intensiv [RI]), die drei Räumtermine (Herbst 2007 [H07], Spätsommer 2008 [S08] und Herbst 2008 [H08]), die vier Beimpfungstermine (Herbst 2007 [H07], Frühsommer 2008 [F08], Spätsommer 2008 [S08] und Herbst 2008 [H08]), das Verlandungsstadium zum Zeitpunkt der Maßnahme (Initial- [6], Optimal- [5], Wasserlinsen- [4], beginnendes Verlandungsstadium [3]), die Beimpfung mit ganzen Beständen [BP] oder mit Turionen [BT], sowie die drei unterschiedlichen Wassermaßnahmen (Röhrichtklärstrecken [WR], Grundwasserzufuhr [WG], Grabenabdämmung [WA]) von Vor- oder Nachteil für den Erhalt und die Entwicklung der Krebschere sind.

#### Untersuchungszeitraum und –methode

Im **Hollerland** wurden nach der Herbsträumung 2007 in insgesamt 20 Probestrecken (5 x Kontrolle, 6 x Normalräumung, 9 x Intensivräumung) Bestände aus Spendergräben im Gebiet mit dem „Krebscherenpflücker“ eingebracht. Weitere Beimpfungen erfolgten im Früh-

sommer 2008 (2 x Kontrolle, 3 x Normal-, 3 x Intensivräumung im Herbst 2007), im Spätsommer 2008 (1 x Kontrolle, 3 x Normal-, 4 x Intensivräumung) und im Herbst 2008 (4 x Normal-, 6 x Intensivräumung). Zwei Beispiele sind in Abb. 37 dokumentiert.



Abb. 37: Beispiele für Beimpfungsbestände im Hollerland (Prstr. HL103 rechts, Normalräumung und Beimpfung Herbst 2008 / Prstr. HL019 links, Intensivräumung und Beimpfung Herbst 2007). Fotos: R. Kesel

Im **Niedervieland** erfolgte im Herbst 2007 eine Beimpfung von insgesamt 14 Probestrecken (3 x Kontrolle, 11 x Normalräumung) und im Frühsommer 2008 von 6 Probestrecken (3 x Kontrolle, 3 x Normalräumung im Herbst 2007) mit Krebscherenbeständen aus dem Werderland und vom Osterholzer Friedhof, die in Depotgewässern im Niedervieland zwischengelagert waren, sowie im Herbst 2008 von 6 Probestrecken (3 x Normal-, 3 x Intensivräumung) mit Beständen aus dem Hollerland.

Im **Werderland** wurden keine Beimpfungsmaßnahmen durchgeführt.

Die beimpften Bestände wurden mit jeweils ca. 25 % Deckung in eine festgelegte Hälfte der Probestrecke eingebracht, in der keine natürlichen Bestände vorhanden waren. Die Daten sind in den folgenden Auswertungen auf diesen 25 %-Ausgangsbestand zwecks Vergleichbarkeit standardisiert.

Zur Auswertung der Entwicklung beimpfter Krebscherenbestände in den Probestrecken werden wiederum die Dominanzen herangezogen. Durch einen Vergleich der Entwicklung der Beimpfungsbestände mit dem Entwicklungsmodell (s. Abb. 33) ist eine Beurteilung der Entwicklungstendenzen und der günstigen oder ungünstigen Bedingungen in den Beimpfungsgräben möglich.

### **Ergebnisse der Entwicklung der Beimpfungsbestände im Hollerland in Bezug auf die durchgeführten Räummaßnahmen**

Die Entwicklung in den einzelnen Probestrecken bezogen auf die Sommerbestände ist in **Karte 18** (2007-2008) und **Karte 19** (2008-2009) dargestellt.

Im **Hollerland** (Abb. 38, Abb. 39 linke Grafik) zeigt sich bei den im Herbst 2007 geräumten Gräben (RNH07 und RIH07) im ersten Entwicklungsjahr eine deutliche Zunahme der eingebrachten Bestände im Vergleich zu den ungeräumten Kontrollgräben (RKK). Im zweiten Entwicklungsjahr setzt sich der leichte Rückgang der Beimpfungsbestände in den ungeräumten Gräben (RKK) fort. Während sowohl die im Herbst 2007 als auch die im Spätsommer 2008 normal geräumten Gräben (RNH07 und RNS08) im Mittel gleich bleiben, erfahren vor allem die intensiv geräumten Gräben aller 3 Räumtermine (RIH07, RIS08, RIH08) eine deutliche Zunahme der Beimpfungsbestände von 2008 auf 2009 (Abb. 39 rechte Grafik). Die Beimpfungsbestände in den im Herbst 2008 normal geräumten Gräben (RNH08) zeigen ebenfalls eine Zunahme ähnlich der Bestände in den im Herbst 2007 normal geräumten Gräben (RNH07).

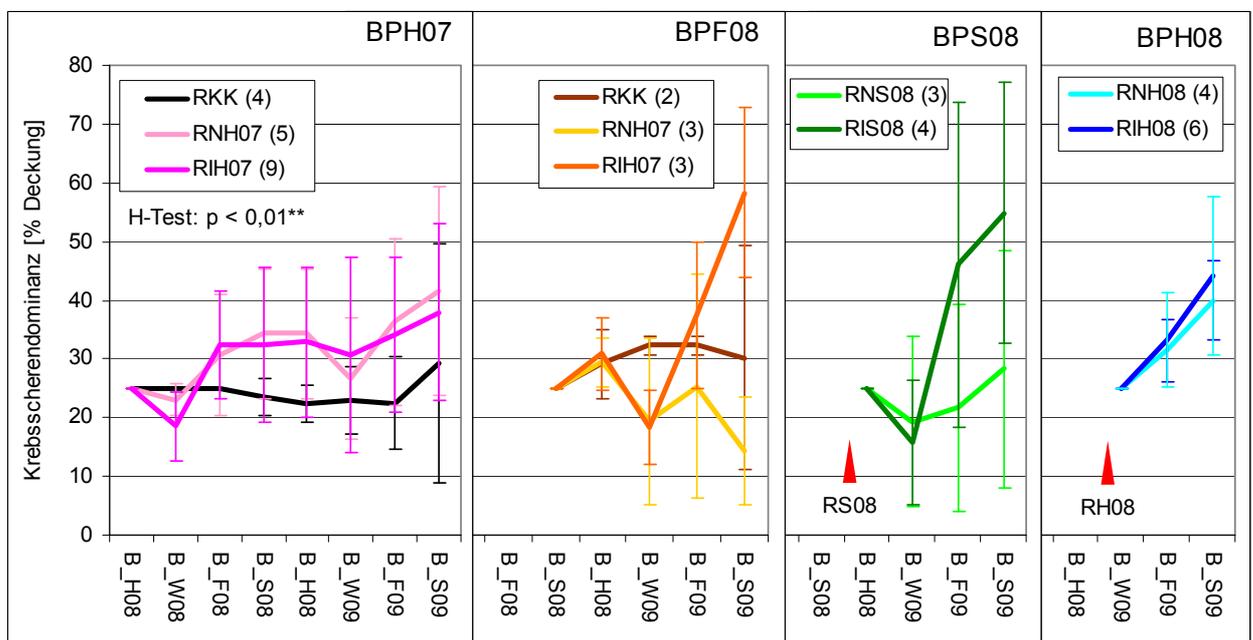


Abb. 38: Dominanzentwicklung der Beimpfungsbestände in den Probestrecken der verschiedenen Räummaßnahmen im Hollerland.

Legende: Dargestellt sind Mittelwerte mit Standardabweichungen, die Deckungswerte sind zwecks direkter Vergleichbarkeit auf 25 % Ausgangsdominanz standardisiert. BPH07 = Beimpfung mit Bestand im Herbst 2007, BPF08 = Beimpfung im Frühsommer 2008, BPS08 = Beimpfung im Spätsommer 2008, BPH08 = Beimpfung im Herbst 2008. Kürzel der Räummaßnahmen siehe Abb. 29.

Analysiert man die Entwicklung der Beimpfungsbestände bezüglich ihres jahreszeitlichen **Beimpfungstermins** (Abb. 40), so zeigt sich eine überwiegend positive Entwicklung. Während einige der im Herbst 2007 beimpften Bestände (BPH07) auch abgenommen haben, schneiden die im Frühsommer 2008 beimpften Bestände (BPF08) im Vergleich eher ungünstig ab. Am deutlichsten ist ein Bestandszuwachs bei den im Herbst 2008 (BPH08), aber auch bei den im Spätsommer 2008 (BPS08) beimpften Beständen festzustellen.

Die beiden im Herbst 2007 mit **Turionen** und jungen Ablegern beimpften Bestände (BTH07) zeigen erst im zweiten Entwicklungsjahr eine deutliche Zunahme (Abb. 40). Eine Beimpfung

mit Turionen wäre also möglich, erfordert allerdings einen hohen und zerstörerischen Aufwand bei der Gewinnung der Turionen aus geräumten Krebscherenbeständen.

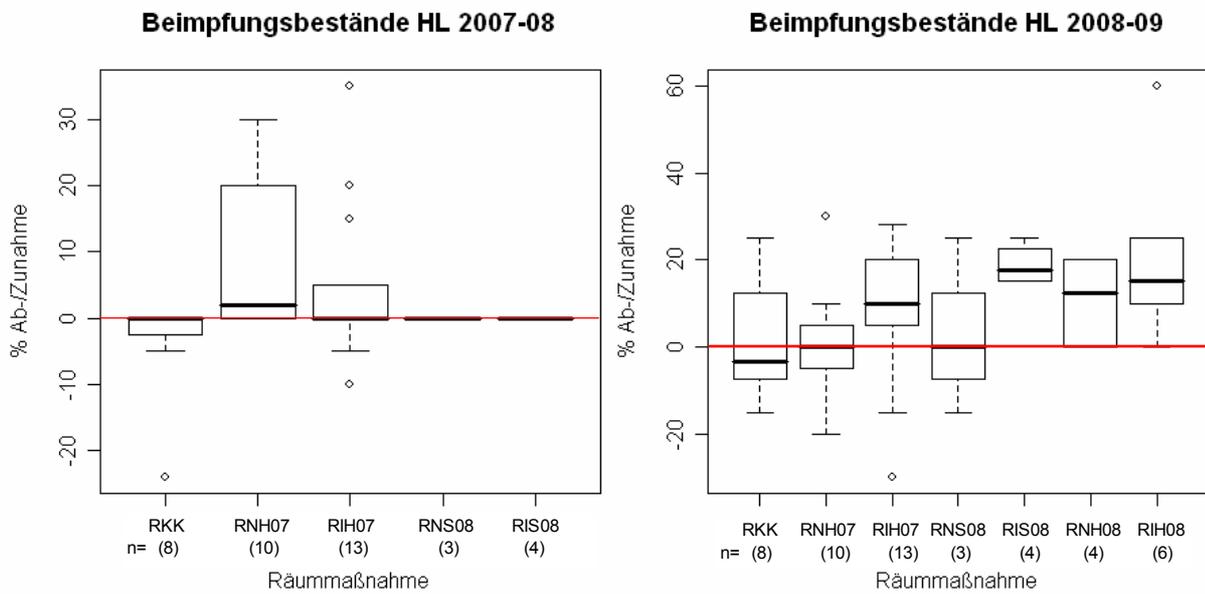


Abb. 39: Dominanz-Entwicklung der Beimpfungsbestände nach den verschiedenen Räummaßnahmen im Hollerland.

Kürzel der Räummaßnahmen siehe Abb. 29.

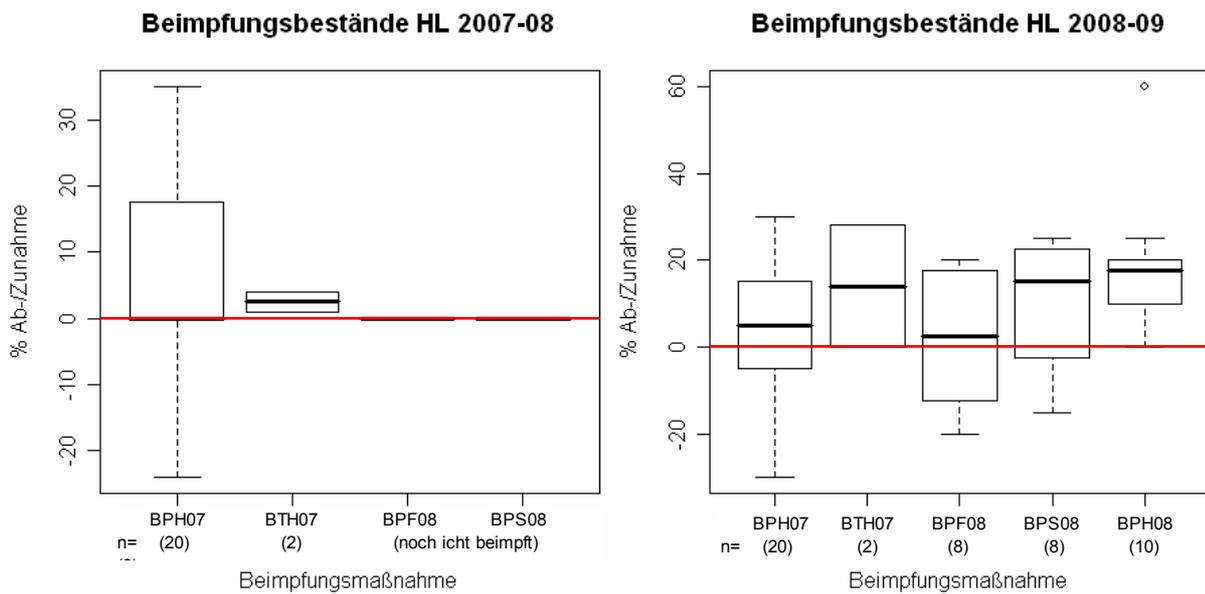


Abb. 40: Dominanzentwicklung der Beimpfungsbestände nach den verschiedenen Beimpfungsterminen.

Kürzel der Räummaßnahmen siehe Abb. 29.

Bezieht man die **Verlandungsstufen** der Gräben (vgl. Tab. 2) vor Durchführung der Räummaßnahme in die Analyse der Entwicklung der Beimpfungsbestände mit ein (Abb. 41), so zeigen sich keine Unterschiede in den Bestandsentwicklungen bezogen auf das Stadium der beginnenden Verlandung und das Optimalstadium. In beiden findet eine rasche Zunahme der Beimpfungsbestände statt. In den im Initialstadium geräumten Gräben setzt diese Zunahme erst im zweiten Entwicklungsjahr ein. Die in das Wasserlinsenstadium eingebrachten Bestände verschwinden bereits nach einem Jahr fast vollständig.

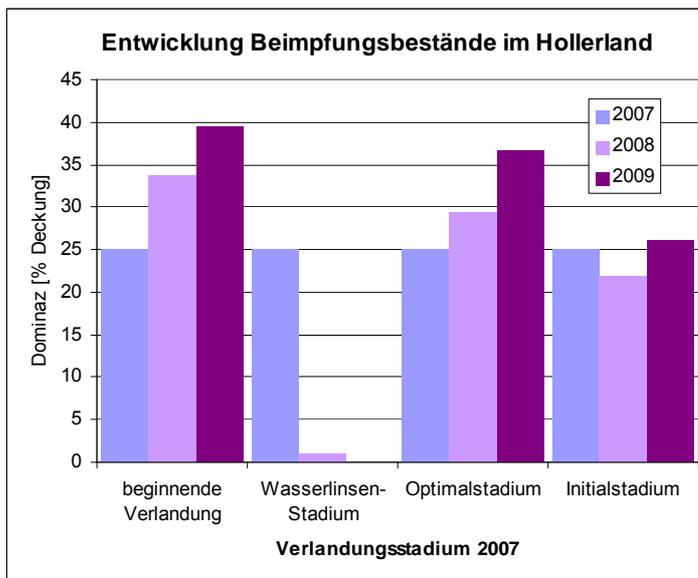


Abb. 41: Dominanz-Entwicklung der Beimpfungsbestände 2007-09 im Hollerland in den verschiedenen Verlandungsstadien vor den Maßnahmen.

Die **Entwicklungsmodelle** der beimpften Bestände zeigen, dass die Beimpfungsbestände im Hollerland eine positive Entwicklung vom Initialstadium in Richtung Optimalstadium aufweisen (Abb. 42). Die Beimpfungen im Herbst 2007 (BPH07) erreichen dabei voraussichtlich erst im dritten Entwicklungsjahr (2010) das Optimalstadium, während vor allem die Beimpfungsbestände in den 2008 intensiv geräumten Gräben (RIS08 und RIH08) sich bereits im ersten Entwicklungsjahr dem Optimalstadium nähern.

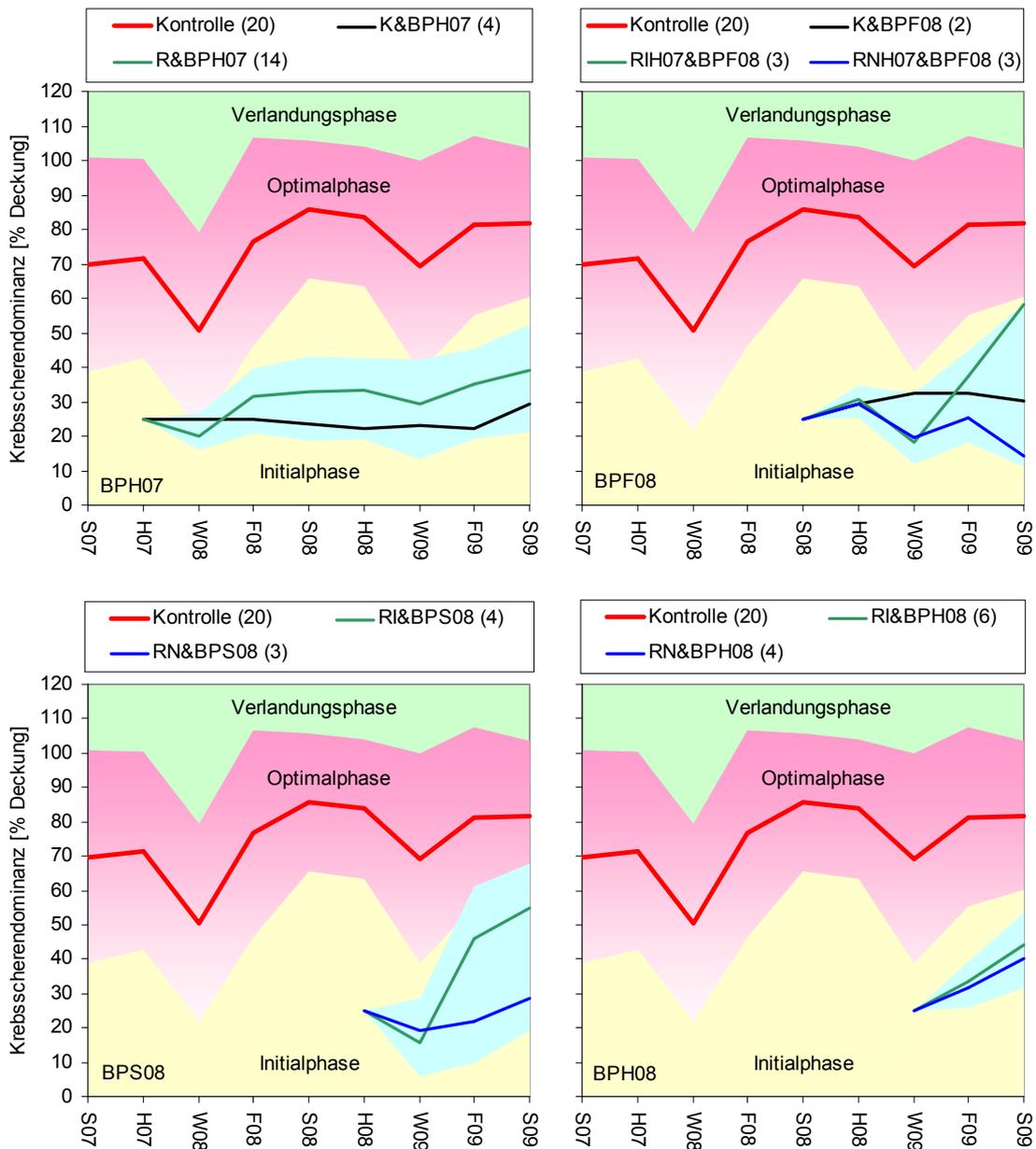


Abb. 42: Entwicklungsmodell der verschiedenen Beimpfungsmaßnahmen im Hollerland.

Die Beimpfungsbestände im Hollerland folgen damit weitgehend den in Abb. 33 und Abb. 34 dargestellten Modellentwicklungen des Populationsaufbaus natürlicher Krebscherebestände. Es ist daher davon auszugehen, dass im Hollerland günstige Standortbedingungen für eine natürliche Krebschereentwicklung auch nach den Räummaßnahmen vorliegen.

## Ergebnisse der Entwicklung der Beimpfungsbestände im Niedervieland in Bezug auf die durchgeführten Räummaßnahmen

In den im Herbst 2007 beimpften Probestrecken des **Niedervielands** (BPH07) zeigt sich zunächst ein starker Rückgang der Beimpfungsbestände, die auf niedrigem Niveau in den Winter 2007/2008 gehen und im Folgejahr 2008 in den normal geräumten Gräben nur geringe Zuwächse zeigen (RNH07; Abb. 43, Abb. 44). Die Beimpfungsbestände in den Kontrollstrecken (RKK) brechen im ersten Winter fast vollständig zusammen. Erst 2009 zeigen die Beimpfungsbestände in den im Herbst 2007 geräumten Gräben (RNH07) einen deutlichen Zuwachs, während die in ungeräumte Kontrollgräben eingebrachten Beimpfungsbestände (RKK) auf niedrigstem Niveau bleiben. Die im Frühsommer 2008 (BPF08) und auch die im Herbst 2008 (BPH08) beimpften Bestände zeigen ebenfalls zunächst einen Rückgang der Dominanz, um sich dann bis zum Sommer 2008 wieder zu erholen. Die eine Beimpfungsmaßnahme mit Turionen war nicht erfolgreich und es entwickelte sich kein Bestand (nicht dargestellt).

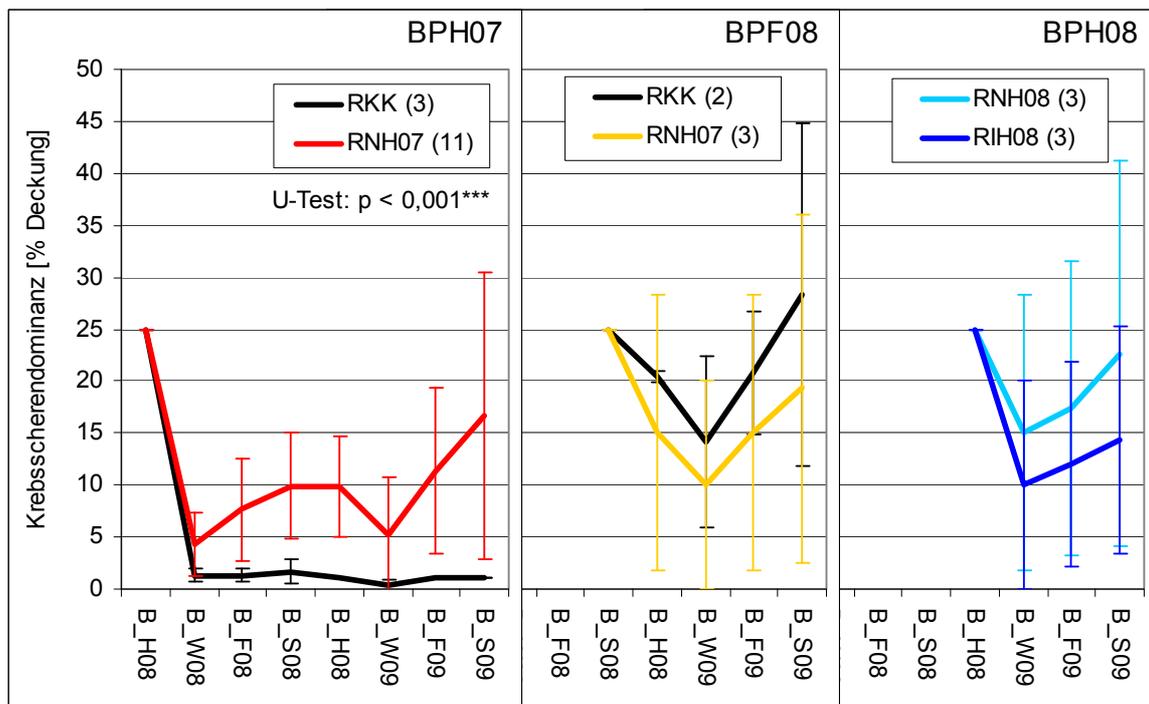


Abb. 43: Dominanzentwicklung der Beimpfungsbestände in den Probestrecken der verschiedenen Räummaßnahmen im Niedervieland.

Legende: Dargestellt sind Mittelwerte mit Standardabweichungen, die Deckungswerte sind zwecks direkter Vergleichbarkeit auf 25 % Ausgangsdominanz standardisiert. Die Entwicklung nach der Herbsträumung 2007 (RNH07) unterscheidet sich höchst signifikant ( $p < 0,001$ , U-Test da keine Normalverteilung) von der in den Kontrollprobestrecken. Die anderen Beimpfungen unterscheiden sich nicht signifikant. Kürzel siehe Abb. 38.

Insgesamt zeigt sich, dass im Niedervieland allgemein ungünstige Standortbedingungen für die Krebschere vorherrschen. Durch die Räumung werden hier möglicherweise günstigere Standortbedingungen geschaffen, deren Wirkung verzögert erst im zweiten Entwicklungsjahr zum Tragen kommt.

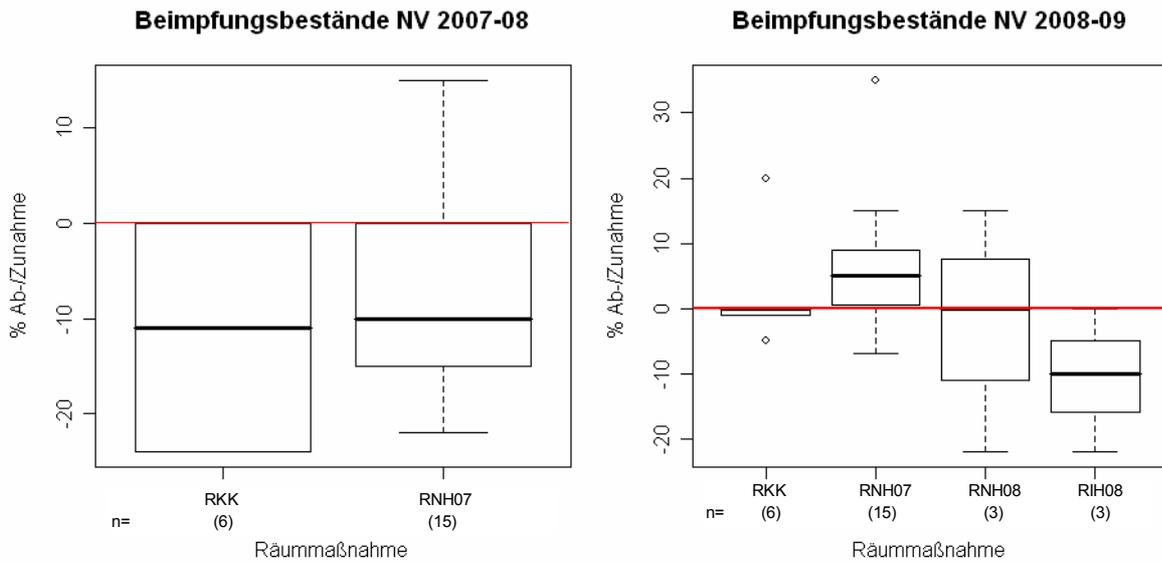


Abb. 44: Dominanz-Entwicklung der Beimpfungsbestände nach den verschiedenen Räummaßnahmen im Niedervieland.

Im Hinblick auf das **Verlandungsstadium** vor der Maßnahme ergibt sich für das Niedervieland kein Unterschied in der Entwicklung der Beimpfungsbestände (Abb. 45). Bei allen Stadien ist im ersten Entwicklungsjahr der Rückgang zwischen 10 und 25 % zu beobachten, wobei er in den Probestrecken mit beginnender Verlandung am geringsten ist (Beispiel in Abb. 46). Entsprechend ist dort die Zunahme im zweiten Entwicklungsjahr am stärksten. Auch in den Wasserlinsengraben nehmen die Beimpfungsbestände im zweiten Jahr wieder leicht zu. Die Bestände in den Optimal- und Initialstadien hingegen verbleiben auf niedrigem Niveau.

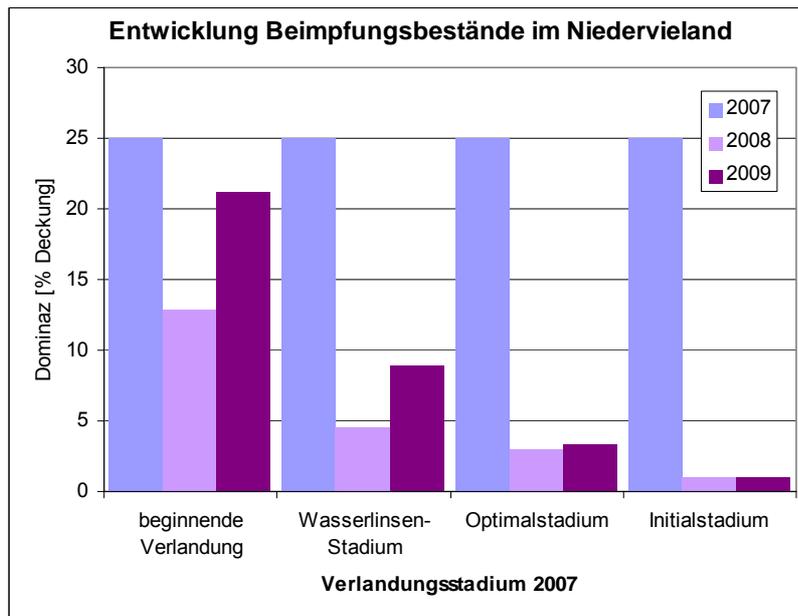


Abb. 45: Dominanz-Entwicklung der Beimpfungsbestände 2007-09 im Niedervieland in den verschiedenen Verlandungszuständen vor den Räummaßnahmen.



Abb. 46: Verlandender Krebsscherengraben vor der Intensivräumung im Herbst 2007 (WL022, 17. Aug.) und im zweiten Jahr (21. Aug. 2009) mit starker Regeneration von Krebsschere und hoher Beteiligung von Pionierrohrriechen (Pfeilkraut, Igelkolben etc.). Fotos: W. Kundel

Werden die Entwicklungen der Beimpfungsbestände im Niedervieland mit der Entwicklung der natürlichen Bestände im **Entwicklungsmodell** verglichen (Abb. 33 und Abb. 34), so zeigt sich eine deutliche Verzögerung im Aufbau der Krebsscherenpopulation zur Optimalphase (Abb. 47). Am ehesten entspricht der Verlauf einer Mischung von Zusammenbruch und Aufbau, wie sie in Abb. 34 dargestellt sind. Auch hier ergibt sich der deutliche Hinweis auf insgesamt ungünstige Standortbedingungen, die keine natürliche und kontinuierliche Populationsentwicklung zulassen.

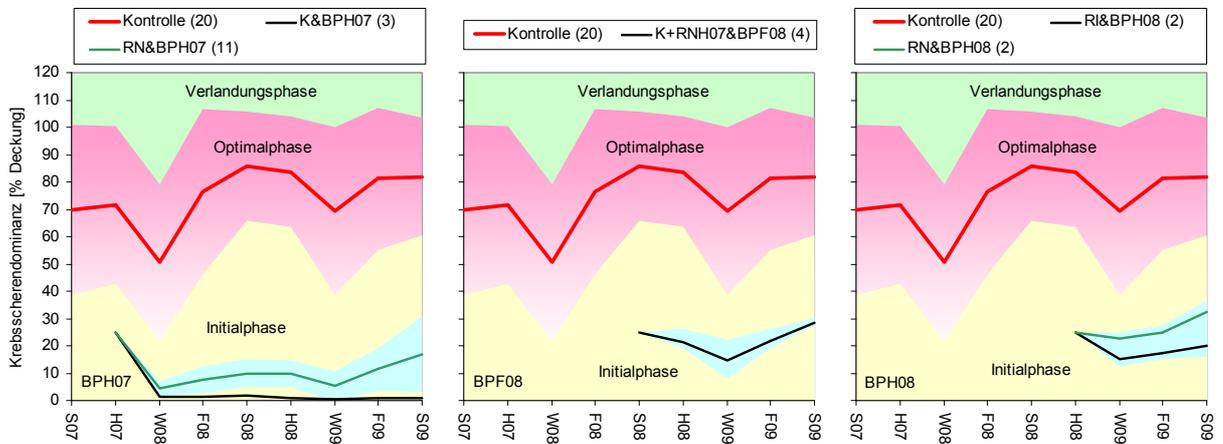


Abb. 47: Entwicklungsmodell der verschiedenen Beimpfungsmaßnahmen im Niedervieland.

### Ergebnisse zur Entwicklung der Krebsscherenbestände im Vergleich der Wassermaßnahmen - Hollerland

Die im **Hollerland** erprobten Wassermaßnahmen zeigen eine unterschiedliche Wirkung auf die beimpften Krebsscherenbestände (Abb. 48, Abb. 49).

Die beiden Bestände in den Gräben mit Grundwasserzufuhr (**WG**; der natürliche Krebscherebestand an Prstr. HL004 ist hier mit einbezogen) zeigen im ersten Jahr eher einen Rückgang. Vermutlich ist dies auf die unregelmäßige Laufzeit der Solarpumpe an Prstr. HL004 und die Beeinträchtigung durch Weidevieh an Prstr. HL047 zurückzuführen. Im zweiten Jahr hingegen ist an beiden Standorten ein leichter Zuwachs zu beobachten.



Abb. 48: Die Krebscherebestände in den Probestrecken der beiden Grundwassereinleitungen im Hollerland (Prstr. HL004 links, natürlicher Bestand / Prstr. HL047 rechts, Beimpfungsbestand Herbst 2007, im August 2009). Fotos: R. Kesel

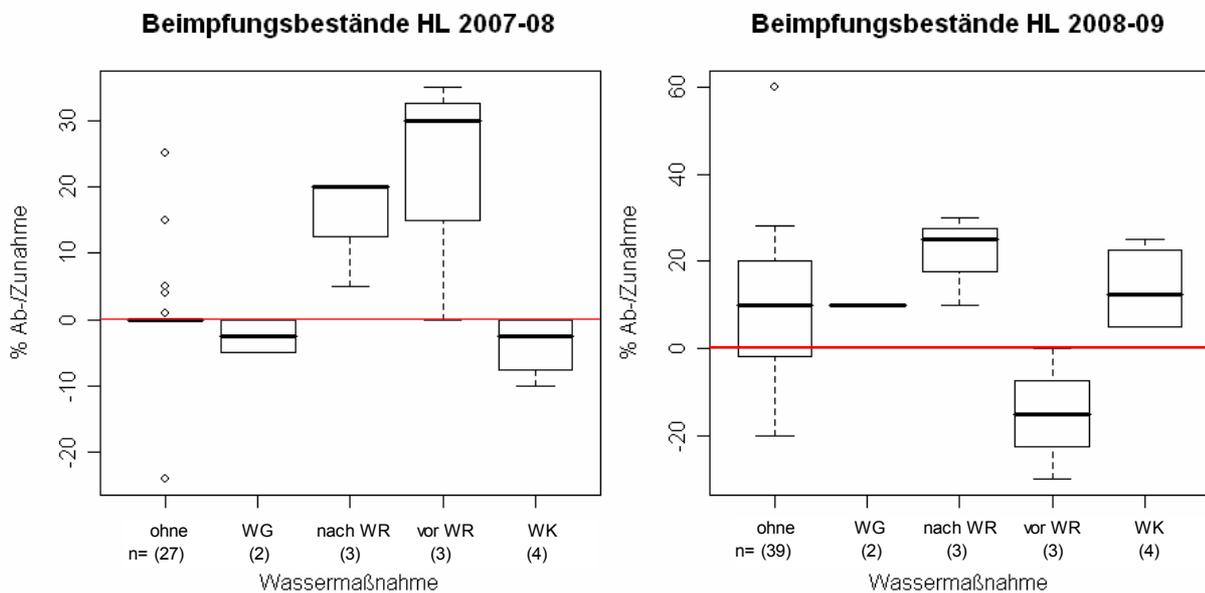


Abb. 49: Dominanz-Entwicklung der Beimpfungsbestände in den Wassermaßnahmen im Hollerland.

In der Diskriminanzanalyse der Wasserparameter in den Probestrecken der Wassermaßnahmen (Abb. 50) wird für die WG-Maßnahme eine Verschiebung gegenüber dem Gesamtgebiet hin zu mehr Chlorid angezeigt. Die Chloridwerte in den WG-Probestrecken sind mit einem  $p=0,052$  knapp über der Signifikanzgrenze (Abb. 51). Bei einem kontinuierlicheren Pumpenbetrieb wäre die Chloridzufuhr sicher deutlicher und der Unterschied signifikant ausgefallen. Eine abschließende Bewertung dieser Maßnahme muss auf Grund der unregelmäßigen Pumpenlaufzeiten unvollständig bleiben.

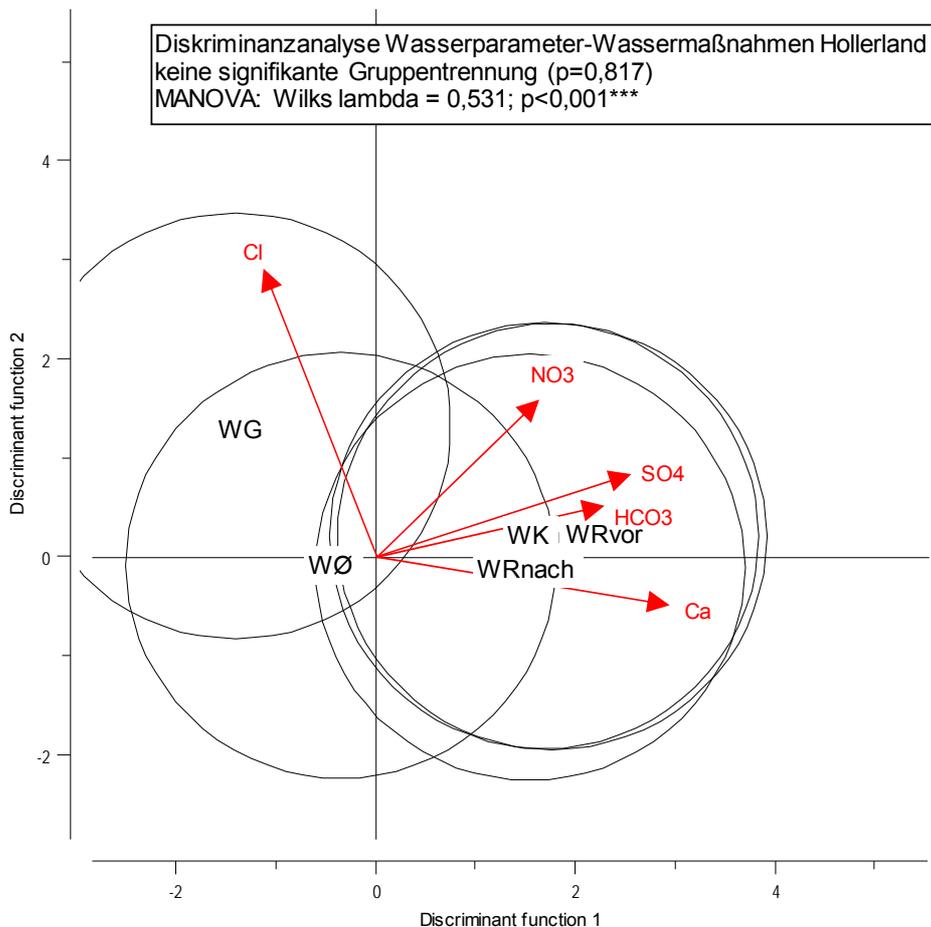


Abb. 50: Ergebnis der Diskriminanzanalyse der Wassermaßnahmen (WG, WR/WK) im Hollerland im Vergleich zum Gesamtgebiet (WØ).

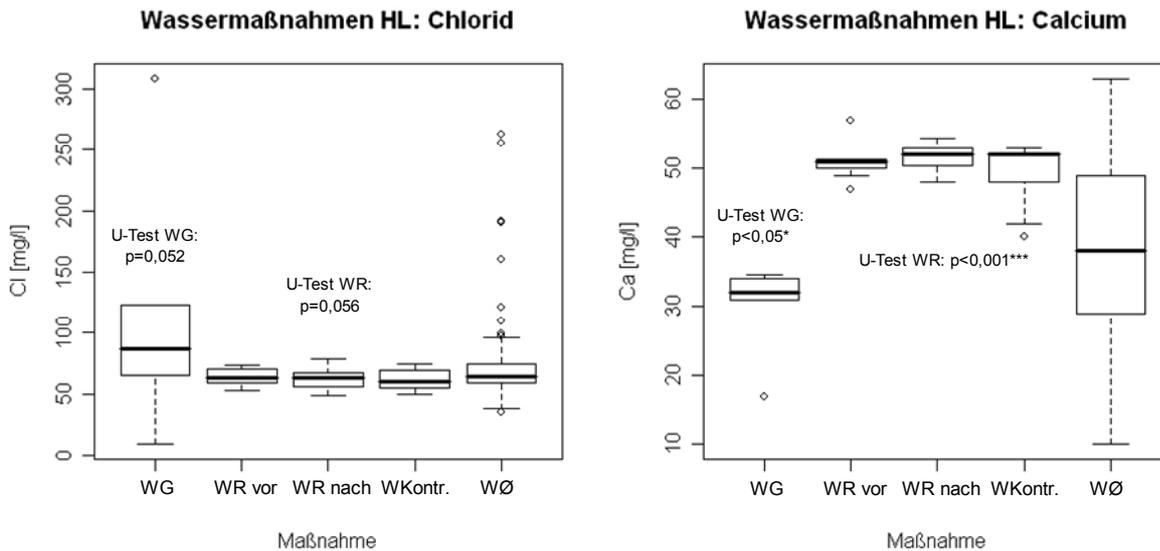


Abb. 51: Vergleich der Wasserparameter Chlorid und Calcium (Sommerwerte 2007, 2008 und 2009) in den Probestrecken der Wassermaßnahmen des Hollerlands.

Die Maßnahme der Röhrichtklärstrecken (**WR**) zeigt eine interessante Entwicklung (Abb. 49). Sowohl die Beimpfungsbestände vor und nach der Röhrichtstrecke zeigen im ersten Jahr einen deutlichen Zuwachs im Vergleich zu den Kontrollstrecken, wobei die Bestände vor der Klärstrecke zunächst stärker zunehmen als die vor dem Röhricht. Das Zuwässerungswasser scheint hier also eher einen günstigen Einfluss zu haben. Im zweiten Jahr jedoch nehmen die Krebscherenbestände vor den Röhrichten deutlich ab, während die Bestände nach den Röhrichten weiter zunehmen (s. Beispiel in Abb. 52). Gleiches gilt auch für die Bestände in den Kontrollstrecken.

Dieses Ergebnis weist darauf hin, dass mögliche ungünstige Einflüsse der Zuwässerung erst verzögert im zweiten Entwicklungsjahr eintreten, wenn eine ausreichende Verschlammung stattgefunden hat. Diese verstärkte Verschlammung ist in diesen Bereichen in Umgebung der Zuwässerung zu beobachten und wurde durch die Röhrichtpfropfen höchstwahrscheinlich noch beschleunigt.



Abb. 52: Die Röhrichtklärstrecke HL033 im August 2009 (links der Röhrichtpfropfen, Mitte der Beimpfungsbestand vor der Klärstrecke, rechts der Beimpfungsbestand nach der Klärstrecke.

Fotos: R. Kesel

Die Diskriminanzanalyse zeigt für die WR-Maßnahme eine Verschiebung der Wasserparameter gegenüber dem Gesamtgebiet bezüglich mehr Nitrat, Sulfat, Hydrogencarbonat und Calcium an (Abb. 50). Sowohl die höheren Calciumgehalte (Abb. 51) als auch die höheren Sulfat- und Hydrogencarbonatgehalte (Abb. 53) in den Probestrecken der WR-Maßnahme einschließlich der WR-Kontrollstrecken sind signifikant ( $p < 0,001^{***}$ ) höher gegenüber dem Restgebiet. Die Nitrat-Konzentration nimmt in der Tendenz nach den Röhrichtklärstrecken ab, die Abnahme ist mit einem  $p = 0,67$  jedoch nicht signifikant. Alle anderen Parameter unterscheiden sich nicht von Gesamtgebiet und sind daher für die Entwicklung ohne Bedeutung.

Die nahezu gleichen Bedingungen für Sulfat, Hydrogencarbonat und Calcium in allen Probestrecken der WR-Maßnahme, sowohl vor als auch nach der Klärstrecke und in den Kontrollstrecken, bestätigt die Annahme, dass es sich sehr wahrscheinlich um einen lokalen Effekt der Zuleitung handelt und nicht die Wirkung der Röhrichtklärstrecken widerspiegelt.

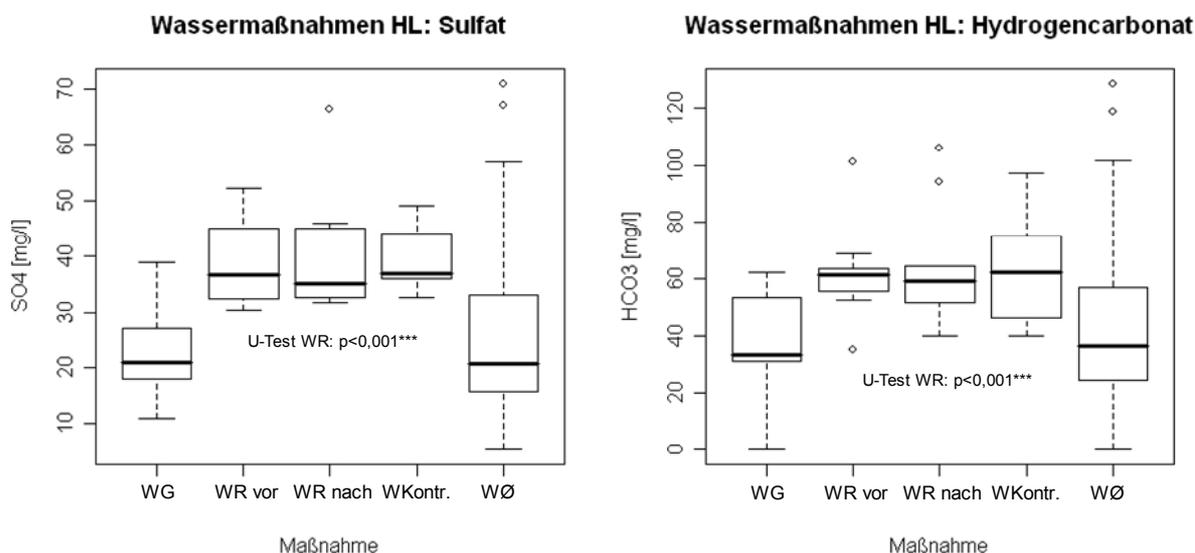


Abb. 53: Vergleich der Wasserparameter Sulfat und Hydrogencarbonat (Sommerwerte 2007, 2008 und 2009) in den Probestrecken der Wassermaßnahmen des Hollerlands.

Da die Entwicklung der Krebscheren nach der Röhrichtklärstrecke nur wenig besser verläuft als in den Kontrollstrecken, zeigen die Klärstrecken in diesem Fall keine Verbesserung der Bedingungen für die Krebscherenbestände. Allerdings scheinen Krebscherenbestände selbst klärend auf die Wasserqualität zu wirken. Sie behindern im Vergleich zu Röhrichtpfropfen den Wasserdurchfluss kaum. Allerdings bedürfen sie bei einem Zusammenbruch der Ersatzbeimpfung. Erhöhter Aufwand ist sowohl für Röhricht- als auch für Krebscherenklärstrecken erforderlich.

Dem allgemeinen Trend im **Niedervieland** folgend haben auch die Beimpfungsbestände in den beiden Wassermaßnahmen Grundwassereinspeisung (WG) und Grabenabdämmung (WA) von 2007 auf 2008 abgenommen, um dann von 2008 auf 2009 wieder zuzunehmen (Abb. 54). Trotz der unregelmäßigen Einspeisung von Grundwasser (s. Tab. 9) fand hier of-

fenbar eine Standortverbesserung statt, die das Krebscheren-Bestandswachstum signifikant gefördert hat.

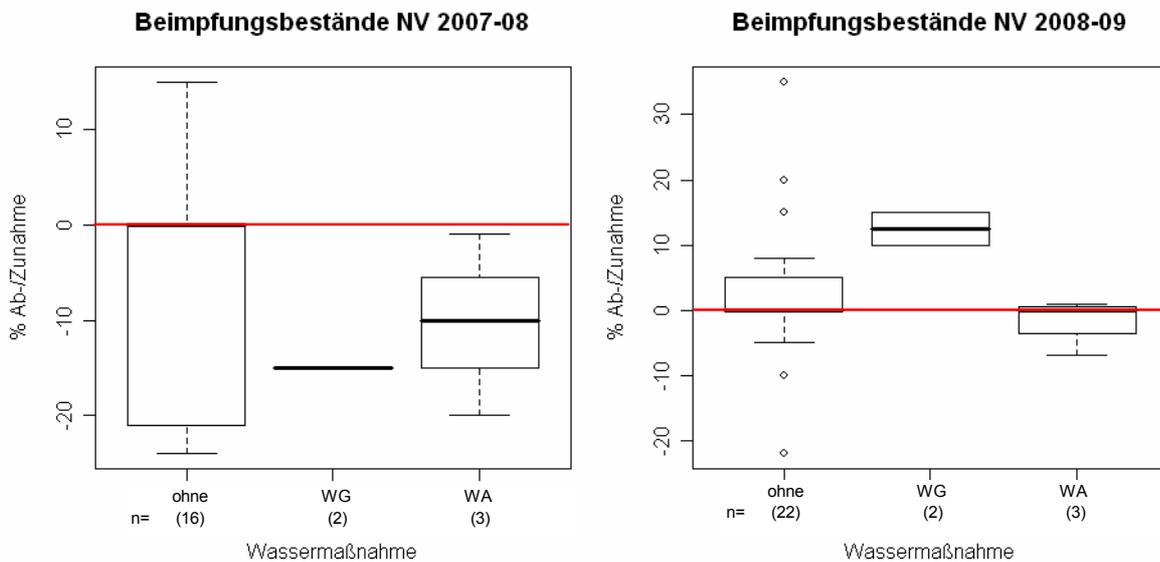


Abb. 54: Zu- und Abnahme der Beimpfungsbestände in den Wassermaßnahmen im Niedervieland.

Dies zeigt auch die Diskriminanzanalyse der Wasserparameter (Abb. 55), die die **WG**-Probestecken deutlich in Richtung höheren Elektrolytgehalt (Leitfähigkeit, Chlorid) verschiebt. Im Signifikanztest (U-Test, Werte nicht normalverteilt) zeigen sich signifikant höhere LF- und Cl-Werte im Vergleich zum Gesamtgebiet (Abb. 56). Diese Werte rücken die WG-Standorte in die Nähe der Standortbedingungen des Werderlands mit einem LF-Mittelwert von 990  $\mu\text{S}/\text{cm}$  und einem Cl-Mittelwert von 188 mg/l. Insofern scheint die Grundwassereinleitung im Niedervieland eine mögliche Maßnahme zur Verbesserung der Standortbedingungen für die Krebschere zu sein.

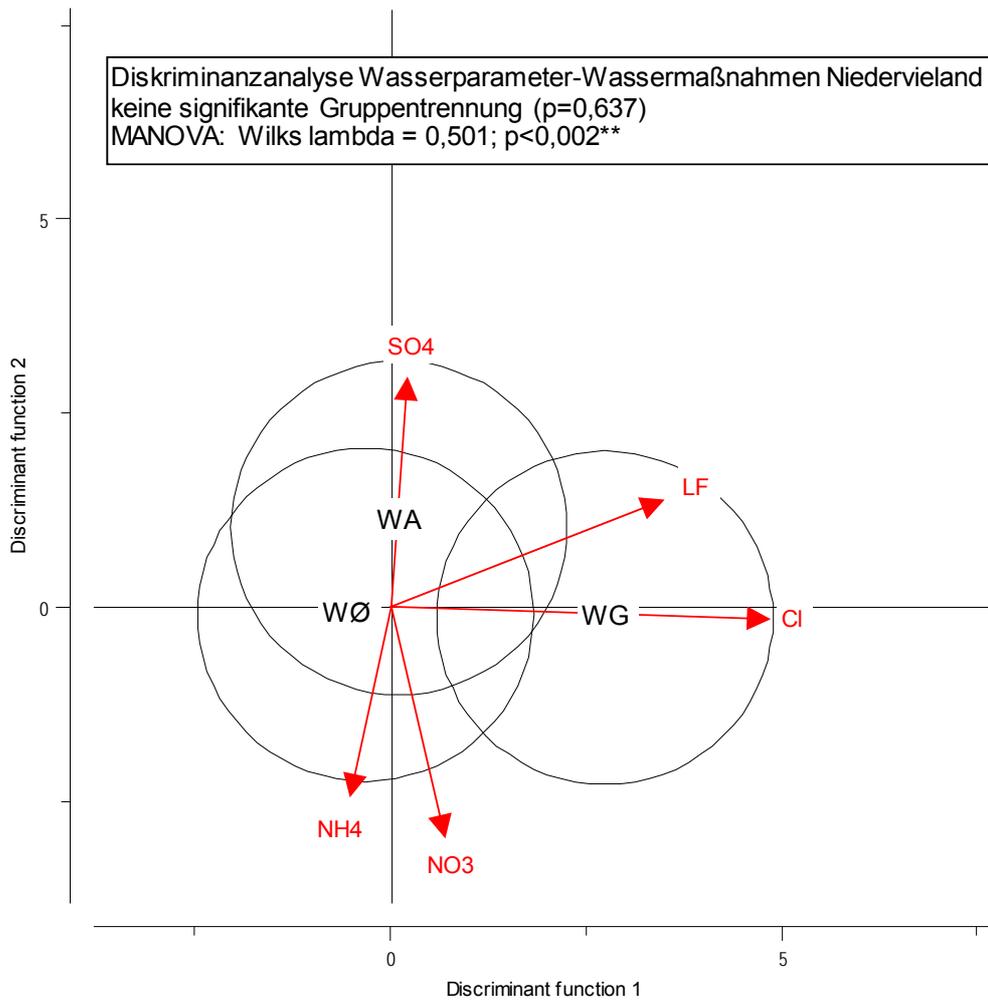


Abb. 55: Ergebnis der Diskriminanzanalyse der Wassermaßnahmen (WG, WA) im Niedervieland im Vergleich zum Gesamtgebiet (WØ).

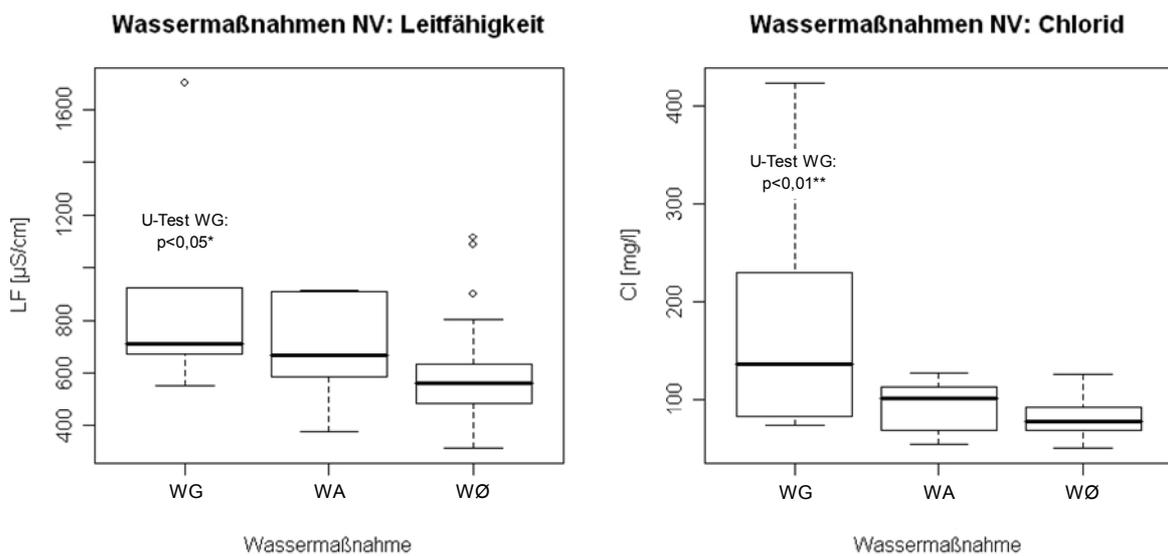


Abb. 56: Vergleich der Wasserparameter Leitfähigkeit und Chlorid (Sommerwerte 2007, 2008 und 2009) in den Probestrecken der Wassermaßnahmen des Niedervielands.

Die Beimpfungsbestände in den abgedämmten Gräben (**WA**) hingegen zeigen keinen Bestandszuwachs (Abb. 54) und auch keine Verbesserung der Standortqualität, was sicher auch auf die ungenügende Funktion der Abdämmung und das daraus folgende Fast-Trockenfallen zurückzuführen ist (Abb. 58). Dieses Trockenfallen hat vermutlich auch die erhöhten Sulfat-Werte verursacht, die die Diskriminanzanalyse anzeigt (Abb. 55). Die Sulfatgehalte sind jedoch nicht signifikant ( $p=0,28$ ; Abb. 57) höher als im Restgebiet.

Für das Restgebiet (**WØ**) werden Ammonium und Nitrat als korrelierende Faktoren angezeigt (Abb. 55), die zwar nicht signifikant höher sind (Abb. 57), jedoch auf das Grundproblem des Niedervielands hinweisen, das möglicherweise im Sediment der Gräben verborgen ist, wie spätere Untersuchungen zeigen werden (s. Kapitel 5.4.4, S.152).

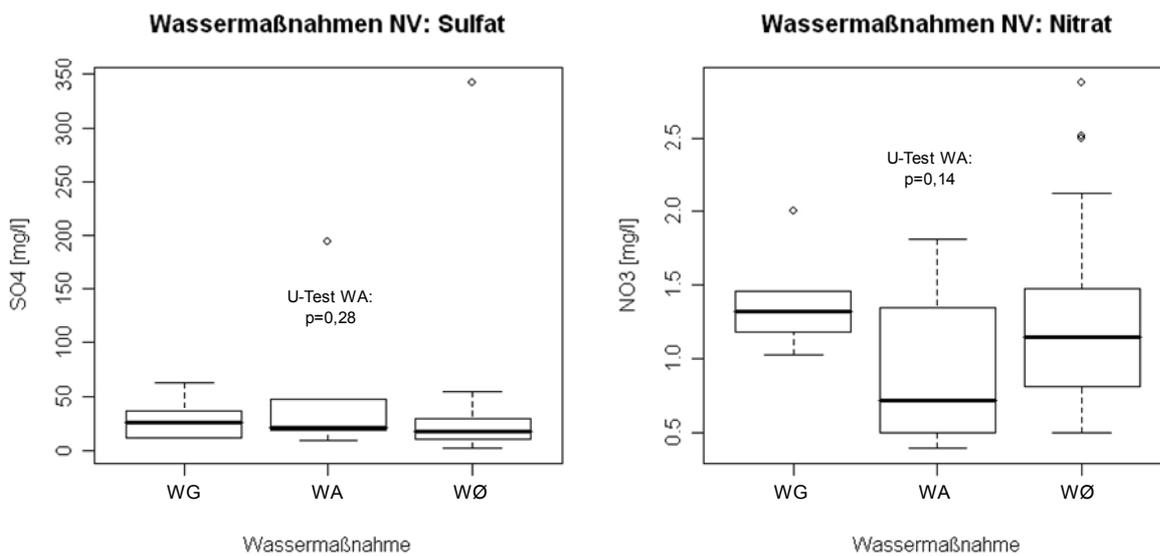


Abb. 57: Vergleich der Wasserparameter Sulfat und Nitrat (Sommerwerte 2007, 2008 und 2009) in den Probestrecken der Wassermaßnahmen des Niedervielands.



Abb. 58: Trocken gefallene Krebscherebestände in der Abdämmungsmaßnahme (Prstr. NV026). Fotos: W. Kundel

### 5.3.2.3 Zusammenfassung der Ergebnisse zur Entwicklung der natürlichen Krebscherenbestände und der Beimpfungsbestände

#### Entwicklung der natürlichen Krebscherenbestände:

Auf Basis der Entwicklung natürlicher Krebscherenbestände im Vergleichsgebiet Werderland sowie in den Kontrollstrecken des Hollerlands wurde eine **Entwicklungsmodell** für vitale Krebscherenpopulationen aufgestellt (Abb. 33, Abb. 34), das eine vergleichende Beurteilung der beimpften Bestände in Abhängigkeit von den Erprobungsmaßnahmen und zwischen den Gebieten ermöglicht. Dieses Modell zeigt die Entwicklungsphasen der Krebschere mit Höchstdominanzen im Sommer und geringeren Dominanzen im Winter, wenn die Blattmasse der Krebscheren weitgehend zerfällt und absinkt. Durch die im Laufe der Sukzession zunehmende Schlammabildung bleiben die Bestände an der Oberfläche, so dass die entstehende Verlandungsphase geräumt werden muss. Initialphasen der Entwicklung sind gegeben, wenn die Dominanzen sich unterhalb des ermittelten Standardabweichungsbereichs befinden.

Die Entwicklung der Bestände nach einer Räummaßnahme oder auch nach anderen Störungen gibt im Vergleich mit dem Modell Aufschluss über die Dauer der Initialphase und die voraussichtliche Zeit bis zur nächsten notwendigen Räumung. Damit sind auch Aussagen über die Wirksamkeit der verschiedenen Räummaßnahmen möglich.

Die Entwicklungen der natürlichen Krebscherenbestände im Vergleichsgebiet **Werderland** nach den Räummaßnahmen wurden in das Modell einbezogen. Die Entwicklung der Krebscherenbestände in Gräben mit ökologischer **Normalräumung** unterscheidet sich nicht von der Entwicklung natürlicher Krebscherenbestände in der Optimalphase. Die Bestände gehen sofort wieder in die Optimalphase und der Räumzyklus wird auf 3-4 Jahre verkürzt. Durch die ökologischen **Intensivräumungen** im Herbst und durch Normalräumungen im Spätsommer wird eine mindestens einjährige Initialphase bewirkt und der Entwicklungszyklus auf 4-6 Jahre verlängert. Hierdurch können sich auch die Pionierarten der Gräben etablieren und entwickeln.

Die **Räummaßnahmen** im **Hollerland** lassen keine Aussagen bezüglich der Entwicklung der natürlichen Bestände zu, da nur jeweils eine Probestrecke vorlag.

Im **Niedervieland** folgt die Entwicklung der Krebscherenbestände in den **Räummaßnahmen** als auch in den Kontrollgräben nicht der Standardentwicklung. Sie bleiben in einem Stadium aus Aufbau und Zusammenbruch der Krebscherenbestände. Die Optimalphase mit flächendeckenden Beständen wird nicht erreicht. Dies weist auf ungünstige Standortbedingungen im Niedervieland hin.

#### Entwicklung der Beimpfungsbestände:

Die Beimpfungsbestände im **Hollerland** zeigten vor allem im zweiten Entwicklungsjahr deutliche Zuwächse. Geringe Zuwächse wiesen nur die in Wasserlinsengräben eingebrachten Bestände sowie die Frühsommerbeimpfungen auf. Letztere verursachten anscheinend einen Verpflanzungsschock. Daher sind Verpflanzungen im Früh- und Spätherbst (Sept.-Okt.)

zu bevorzugen. Auch die Turionenbeimpfungen zeigen im zweiten Jahr Zuwächse, erfordern in der Umsetzung aber einen hohen und zerstörerischen Aufwand, da die Spenderpflanzen dafür zerlegt werden müssen. Es zeigte sich, dass der Ausgangszustand des Grabens mit Ausnahme des Wasserlinsenstadiums nicht ausschlaggebend ist für den Erfolg der Beimpfungen. Im beginnenden Verlandungszustand geräumte Gräben zeigen allerdings einen tendenziell besseren Wiederaufbau.

Die Entwicklung der Krebscherebestände zeigten in den im Herbst normal und in den intensiv geräumten Gräben **im Hollerland** einen in etwa gleichen Verlauf mit einer 2-3 jährigen Initialphase. Die Intensivräumungen beschleunigten den Wiederaufbau der Population offenbar, wahrscheinlich auf Grund des vorhandenen Ausbreitungsraums bei günstigen Standortbedingungen.

Die Beimpfungen im **Niedervieland** zeigten einen starken Rückgang im ersten Jahr und leichte Zuwächse im zweiten Entwicklungsjahr. Die Turionenbeimpfung war nicht erfolgreich. Auch hier ist das Ausgangsstadium für die Krebschere-Entwicklung nicht entscheidend. Jedoch scheint ein beginnendes Verlandungsstadium positiver zu wirken.

Die Entwicklung nach den **Räummaßnahmen im Niedervieland** verbleibt im Untersuchungszeitraum in der Initialphase und zeigt eine Mischung aus Aufbau und Zusammenbruch. Eine Optimalphase würde tendenziell erst in 4-5 Jahren erreicht werden. Die Entwicklung der Beimpfungsbestände weist auf die ungünstigen Standortbedingungen in den Gräben des Niedervielands hin.

Die Wirkung der **Wasservermaßnahmen im Hollerland** auf die beimpften Krebscherebestände zeigt folgendes Ergebnis: Die Einspeisung von Grundwasser (WG) wirkt sich günstig auf die Entwicklung der Krebschere aus. Hier sind (fast signifikant) höhere Chlorid-Werte zu messen, was auf die Bedeutung elektrolytreichen Wassers hindeutet. Allerdings waren die Laufzeiten der Pumpen zu unregelmäßig für eine abschließende Beurteilung der Maßnahme.

Die Beimpfungsbestände in den Röhrichtklärstecken (WR/WK) zeigen keinen Effekt der Röhrichte, jedoch einen Effekt der Einleitung von Wümmewasser, der sich auf alle Bestände in der Umgebung auswirkt. Es treten gegenüber dem Restgebiet signifikant höhere Sulfat-, Hydrogencarbonat- und Calcium-Werte auf, die vermutlich mit der Einleitung eingetragen werden. Dies scheint in den betroffenen Gräben zur vermehrten Schlammabildung zu führen mit relativ schnell ungünstig werdenden Standortbedingungen für die Krebschere.

Röhrichtpropfen dürften die Verlandung noch beschleunigen, während Krebscherebestände als Filterpflanzen möglicherweise eine bessere Lösung für das Problem darstellen könnten.

Die Wirkung der **Wasservermaßnahmen im Niedervieland** zeigt mit ihren Beimpfungen folgendes Ergebnis: Die Einspeisung von Grundwasser (WG) wirkt sich auch hier günstig auf die Entwicklung der Krebschere aus, allerdings wie im gesamten Gebiet erst im Jahr 2009. Es liegen im Vergleich zum Gesamtgebiet signifikant höhere Leitfähigkeiten und Chlorid-Werte vor, die diese Gräben in die Nähe der Standortbedingungen des Werderlands rücken.

Mit einer kontinuierlicheren Grundwassereinspeisung in das Grabensystem könnten bessere Standortbedingungen für die Krebschere im Niedervieland erreicht werden.

Die Grabenabdämmungsmaßnahmen (WA) lassen sich nicht abschließend beurteilen, da sie in der Reproduktionsphase 2008 auf Grund eines drohenden Trockenfallens ausgesetzt werden mussten. Die Wasserparameter weisen in der Analyse jedoch auf das mögliche Grundproblem des Niedervielands hin: hohe Sulfat- und Stickstoffbelastungen im Grabenschlamm, die zu toxischen Sulfid- und Ammonium-Konzentrationen und Nitrat-Freisetzungen bei Trockenfallen führen können.

### 5.3.3 Wirkungskontrolle: Erfassung der Vegetation in den Probestrecken

#### 5.3.3.1 Zielsetzung

Krebschere sind eingebettet in die Grabenvegetation eines Standortes und dessen Entwicklung nach der Räumung. Dabei können für die Krebschere sowohl ungünstige Entwicklungen mit Wasserpestbeständen oder Wasserlinsendecken auftreten als auch günstige Bedingungen mit Pioniervegetation mit Laichkräutern und Armeleuchteralgen. Ein zentraler Baustein der Wirkungskontrollen ist daher die Erfassung der Grabenvegetation, um Aussagen zu ihrer Entwicklung nach Durchführung der Erprobungsmaßnahmen im Vergleich mit den Kontrollstandorten sowie dem Ausgangszustand vor Realisierung der Maßnahmen treffen zu können. Außerdem wird im Zusammenhang mit den erfassten Wasserparametern eine Wirkungsanalyse der Maßnahmen möglich.

#### 5.3.3.2 Untersuchungszeitraum und –methode

Für die Kontrolle der Maßnahmenwirkung auf die Entwicklung der Grabenvegetation wurde im August die gesamte Vegetation in der Probestrecke entsprechend des erweiterten Graben-Biotopschlüssels (SBUV 2005) mit ihren Deckungsanteilen erfasst. Die Ausgangssituation wurde im August 2007 erfasst. Zur Ermittlung der Auswirkungen der im Herbst 2007 umgesetzten Maßnahmen erfolgte eine zweite Erfassung der Grabenvegetation im August 2008. Die Abschlussuntersuchung zur Ermittlung der Auswirkungen der sowohl in 2007 als auch in 2008 durchgeführten Maßnahmen wurde im August 2009 durchgeführt.

#### 5.3.3.3 Ergebnisse

Die räumliche Verteilung der Vegetationstypen in den Probestrecken ist in den **Karten 12, 13** und **14** dargestellt. Im **Hollerland (Karte 12)** zeigen sich eine mehr oder weniger gleichmäßige Verteilung des Krebschere-Typs (rote Punkte) über das gesamte Gebiet sowie eine Zunahme des Krebschere-Typs während der drei Untersuchungsjahre. Die Zunahme ist größtenteils auf die erfolgreichen Beimpfungen zurückzuführen.

Das **Niedervieland (Karte 13)** fällt durch die Dominanz des Froschbiss- und Wasserlinsen-Typs auf. Nur wenige Krebschere-Probestreckengräben sind im Gebiet zu finden. Zu den anfänglichen 3 Beständen kommen 2008 durch Beimpfungsmaßnahmen weitere 3 hinzu.

Das **Werderland (Karte 14)** zeigt deutlich seinen Charakter als Krebscheren-Gebiet mit der hohen Dominanz und Dichte des Krebscheren-Typs (rote Punkte).

Die Auswertung der Erfassungsergebnisse erfolgt mittels der Diskriminanzanalyse (DA). Mit der DA der Vegetationsdaten und der Wasserparameterdaten aus den drei Probegebieten kann zunächst eine Gebietscharakterisierung durchgeführt werden (Abb. 59, Abb. 60).

In der Analyse der Vegetation ergibt sich eine signifikante Differenzierung und Zuordnung der Gebiete (Abb. 59). Das Hollerland (roter Kreis) wird als „Röhrichtgebiet“ gekennzeichnet, das Niedervieland (blauer Kreis) als „Wasserlinsengebiet“, beide sind auch in Teilen „Wasserpestgebiet“, und das Werderland (grüner Kreis) ist eindeutig „Krebscherengebiet“.

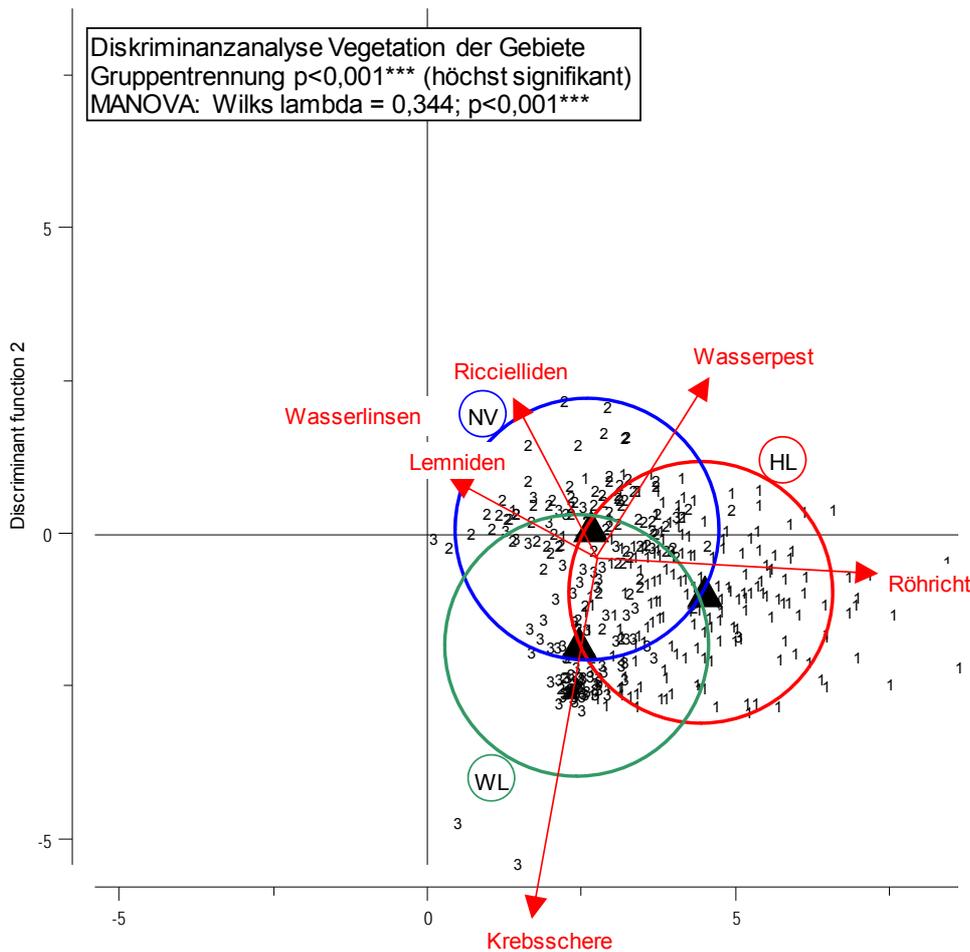


Abb. 59: Charakterisierung der drei Untersuchungsgebiete mittels einer Diskriminanzanalyse der Vegetationsdaten.

In der Analyse der Wasserparameter (Abb. 60) ergibt sich ebenfalls eine signifikante Differenzierung und Zuordnung der Gebiete. Hier ist das Hollerland (roter Kreis) ein „Nitratgebiet“ und das Niedervieland (blauer Kreis) ein „Phosphatgebiet“, wobei beide Vektoren (als rote Pfeile dargestellt) nur schwach wirken (kurze Pfeile). Das Werderland (grüner Kreis) hingegen zeigt eine starke Affinität (lange Pfeile) zu den Elektrolyten (Leitfähigkeit, Chlorid, Calcium).

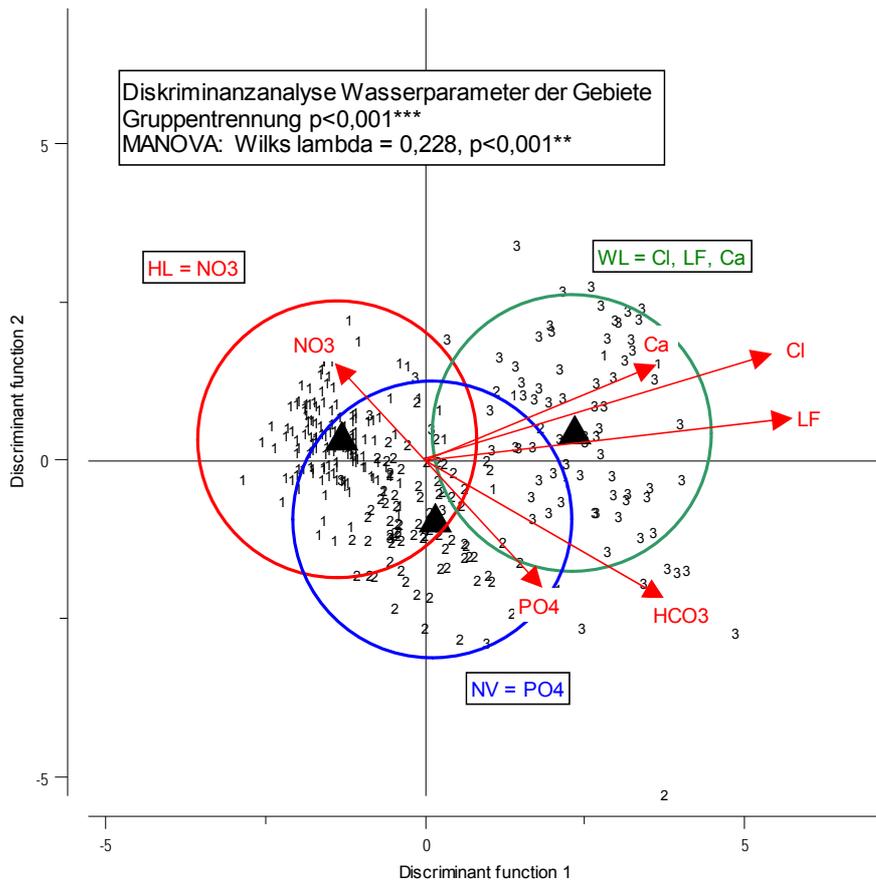


Abb. 60: Charakterisierung der drei Untersuchungsgebiete mittels einer Diskriminanzanalyse der Wasserparameterdaten.

In der Zusammenschau beider Diskriminanzanalysen (Vegetation und Wasserparameter) und der Vegetationskarten ergibt sich ein Zusammenhang zwischen Elektrolytgehalten und Krebscherenvorkommen bzw. der Dichte der Vorkommen in einem Gebiet wie dem Werderland. Für das Hollerland ergibt sich ein Zusammenhang zwischen Röhrichtvorkommen und Nitrat, für das Niedervieland zwischen Wasserlinsen und Wasserpest und Phosphat und Hydrogencarbonat.

Mit der Diskriminanzanalyse der Vegetationsdaten aus den drei Probestandorten differenziert nach den drei Untersuchungsjahren 2007, 2008 und 2009 wird die Gebietscharakteristik noch weiter verdeutlicht (Abb. 61). Die Gebietsdifferenzierung bleibt auch hier signifikant, die Veränderungen in den drei Untersuchungsjahren ist jedoch nicht signifikant. Die Gebiete entwickeln sich somit durch die Räummaßnahmen nicht aus ihrer jeweiligen Charakteristik hinaus.

Das **Hollerland** (rote Kreise) ist vor allem durch die Röhrichte (Klein- und Großröhrichte) charakterisiert, aber in der dynamischen Entwicklung nach den Räummaßnahmen auch durch seine Vorkommen von Pioniervegetation mit Laichkräutern und Froschbiss sowie in Teilen auch mit Wasserpest. Die Entwicklung (roter Pfeil in Detailgrafik in Abb. 61) in den drei Jahren verläuft dabei in Richtung Krebschere, was auch auf die erfolgreichen Beimpfungen zurückzuführen ist (vgl. **Karte 12**).

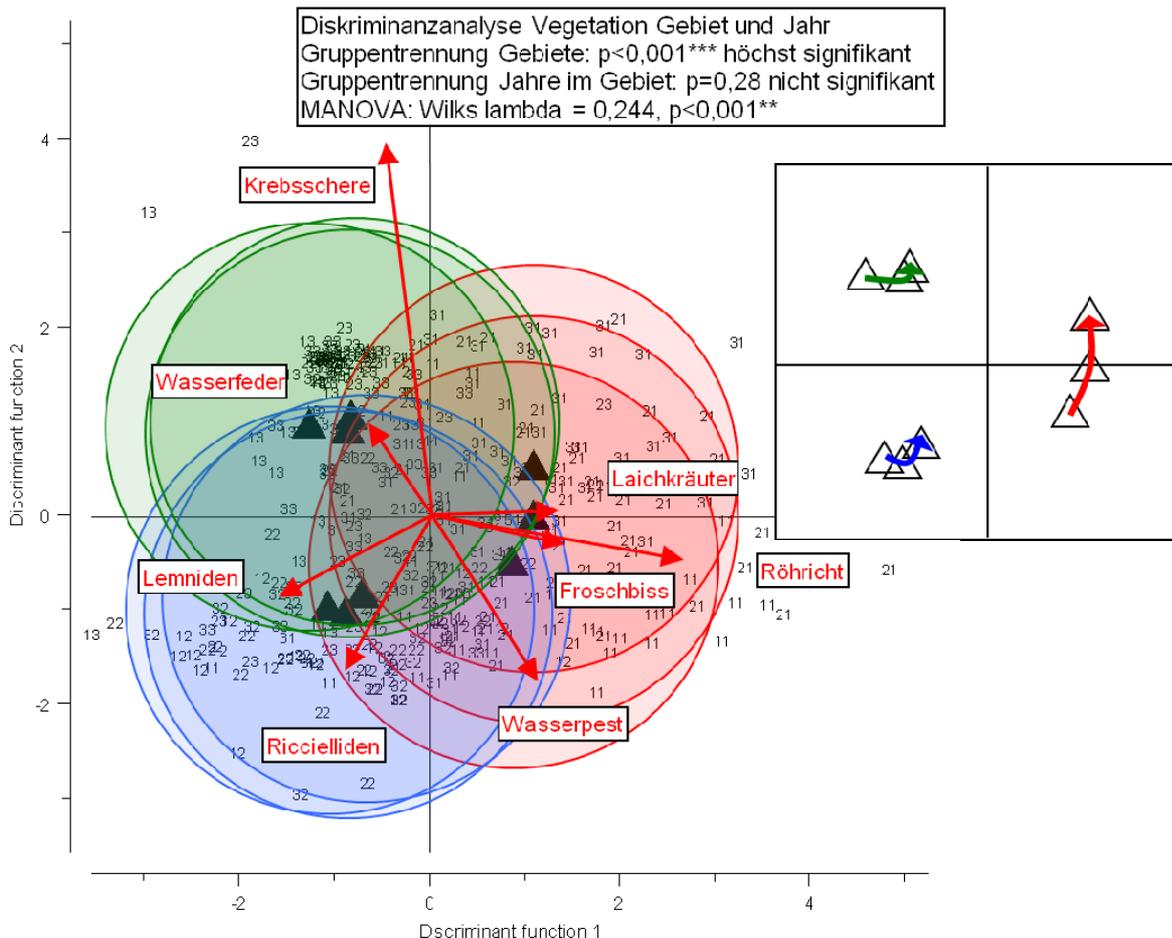


Abb. 61: Ergebnis der Diskriminanzanalyse der Vegetationsdaten im Vergleich der Gebiete und Jahre mit Entwicklungsrichtung (kleine Grafik rechts).

Das **Werderland** (grüne Kreise) ist vor allem charakterisiert durch die Krebscheren, in der Dynamik auch durch die Wasserfeder. Der kurze Entwicklungsweg (grüner Pfeil in Detailgrafik in Abb. 61) zwischen 2007, 2008 und 2009 zeigt nur geringfügige Veränderungen in der Vegetationszusammensetzung an. Das Gebiet bleibt innerhalb seines charakteristischen Spektrums.

Das **Niedervieland** (blaue Kreise) ist durch seine Wasserlinsendecken (schwimmende Lemniden und schwebende Riccielliden) sowie die Wasserpest charakterisiert. Auch hier zeigt der kurze Entwicklungspfeil (blauer Pfeil in Detailgrafik in Abb. 61), dass sich das Gebiet nicht aus seiner Charakteristik herausentwickelt und nur eine äußerst geringe Tendenz in Richtung Krebscheren aufweist auf Grund der wenigen Beimpfungserfolge.

Diese Eigencharakteristik der Gebiete zeigt sich auch in der Diskriminanzanalyse der Wasserparameter in den Probestrecken der 3 Probergeiete und deren Entwicklung in den 3 Untersuchungsjahren. Sowohl die Gebiete als auch die Jahre unterscheiden sich signifikant bei höchst signifikanter Gruppenzuordnung (Abb. 62). Das Hollerland zeigt dabei einen deutlich engeren Jahreszyklus (roter Pfeil) als das Niedervieland (blauer Pfeil) und das Werderland (grüner Pfeil). Niedervieland und Werderland gleichen sich beide in ihrer Dynamik. In

der Jahresentwicklung spielt der Parameter Hydrogencarbonat ( $\text{HCO}_3$ ) die bedeutendste Rolle. Die Gebiete unterscheiden sich hinsichtlich ihres Elektrolytgehalts (LF, Cl, Ca). Die drei Nährstoffparameter Nitrat ( $\text{NO}_3$ ), Phosphat ( $\text{PO}_4$ ) und Sulfat ( $\text{SO}_4$ ) spielen in der Gebietsdynamik ebenfalls eine Rolle, allerdings wird deren Bedeutung in dieser DA nicht deutlich. Sie scheinen jedoch auf eine mögliche Gefährdungsursache für die drei Gebiete hinzuweisen: auf Nitrat für das Hollerland, auf Sulfat für das Niedervieland und auf Phosphat für das Werderland.

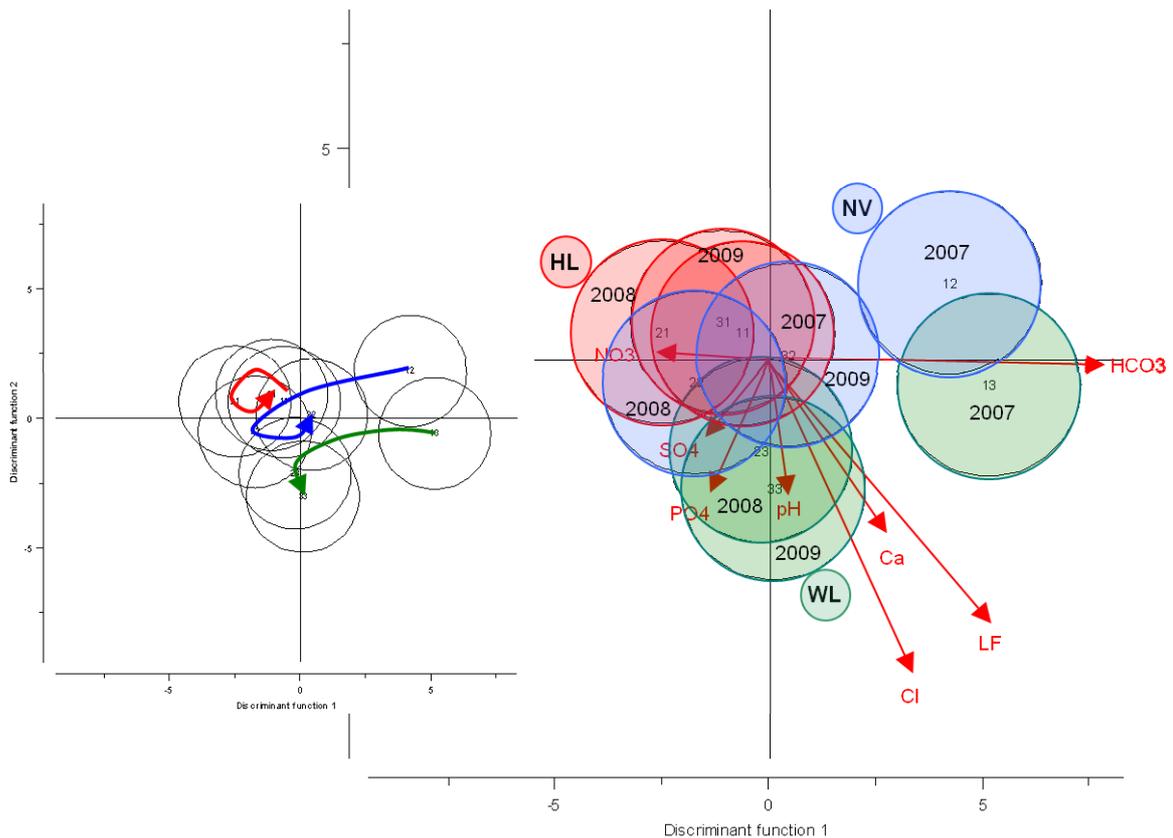


Abb. 62: Ergebnis der Diskriminanzanalyse der Wasserparameter für die 3 Probegebiete und Untersuchungsjahre mit Entwicklungsrichtung (kleine Grafik links).

Die Eigencharakteristik der Gebiete bezüglich der Grabenvegetation wird auch durch die Wirkung der Räummaßnahmen nicht grundsätzlich verändert. Im **Hollerland** ergeben sich durch die Räummaßnahmen gewisse Tendenzen zum einen in Richtung Nadelsimsen (*Eleocharis acicularis*, F1\_1, s. Abb. 63) oder Armleuchterlagen-Pionierfluren (Characeen C1\_1) und zum anderen in Richtung Wasserpest (C1\_3) und vegetationsfreie Wasserkörper (A2). Diese Tendenzen sind mit  $p=0,054$  nur knapp über dem Signifikanzniveau ( $p=0,05$ ). Die sternförmige Streuung in der Korrelationsgrafik weist dabei auch auf die hohe Dynamik im Grabensystem des Hollerlandes hin, die durch die Räummaßnahmen initiiert wird.

Diese Dynamik ist in der DA der Wasserparameter im Hollerland so nicht zu finden (s. Abb. 64). Sowohl die Gruppentrennung als auch die Gruppenzuordnung sind nicht signifikant. Dies bedeutet zum einen, dass die Räummaßnahmen insgesamt kaum Veränderungen der Gewässerparameter bewirken, und dass zum anderen die Vegetationsdynamik nicht auf veränderte Wasserparameter zurückzuführen ist. Die nicht signifikante Gruppenstruktur und die unterschiedlichen Korrelationsvektoren weisen auch darauf hin, dass es eine Reihe von Einzelfällen mit Ausreißern in den Wasserparametern geben muss, die dann lokal einen Effekt auf die Vegetation haben.

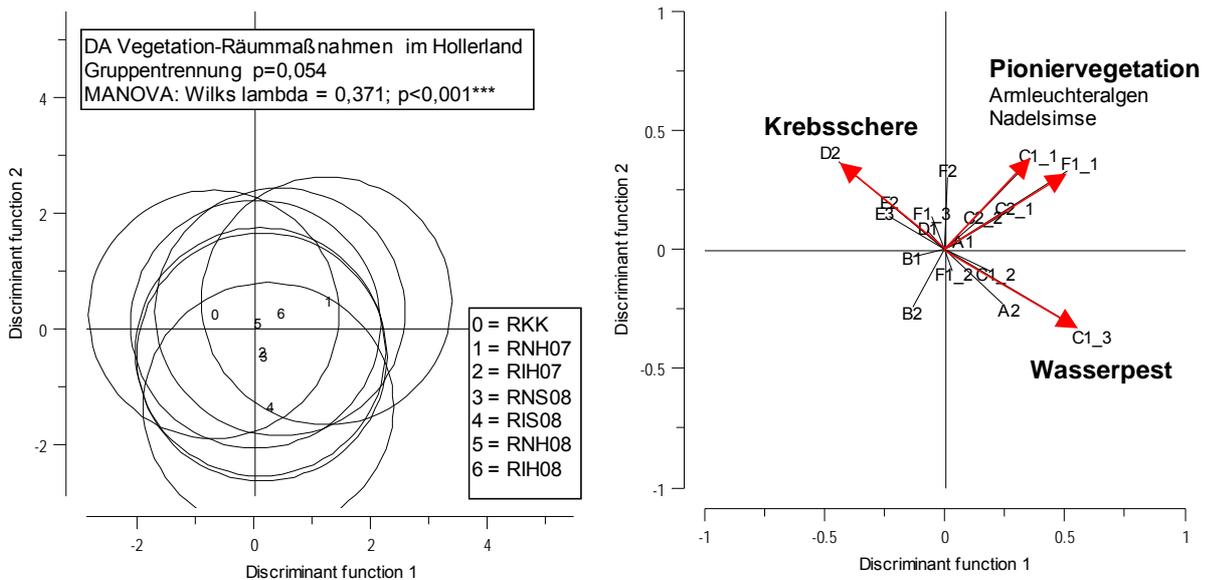


Abb. 63: Ergebnis der Diskriminanzanalyse von Vegetation und Räummaßnahmen im Hollerland.

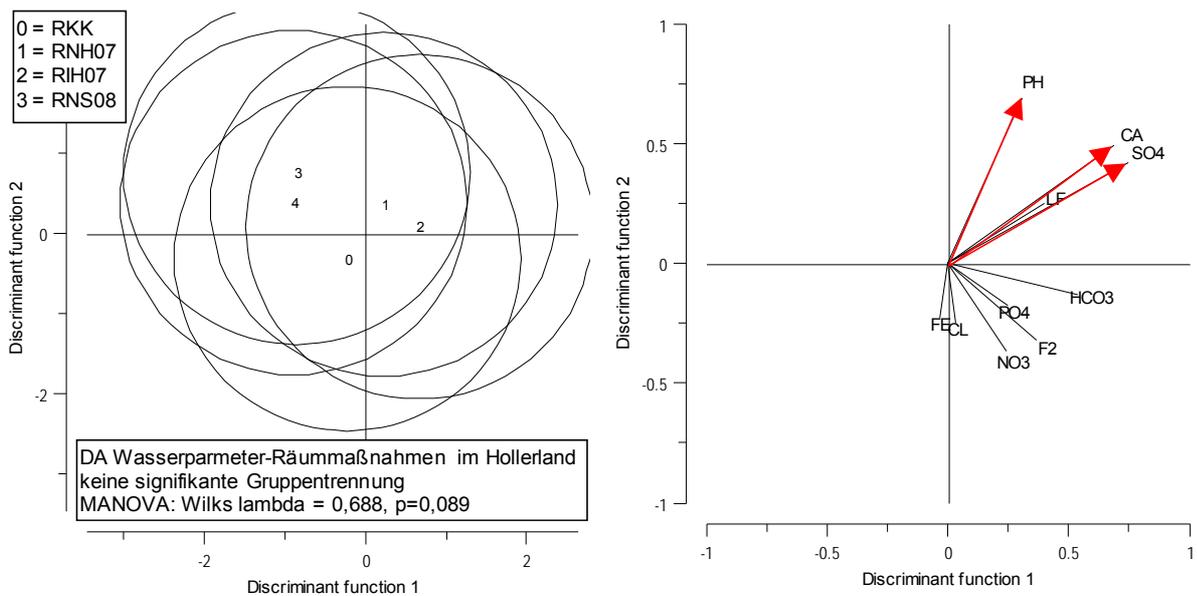


Abb. 64: Ergebnis der Diskriminanzanalyse der Wasserparameter in den verschiedenen Räummaßnahmen des Hollerlands.

Auch im **Niedervieland** wird die Eigencharakteristik nicht wesentlich durch die Räummaßnahmen gestört. Es ergibt sich in der DA keine signifikante Gruppentrennung und damit auch keine Tendenzen in der Vegetationsentwicklung nach den Räummaßnahmen mit Ausnahme des Wasserlinsen-Vektors (B1, Abb. 65), der deutlich die Vegetation der Räummaßnahmen bestimmt (s. Beispiel in Abb. 67). Die DA der Wasserparameter (Abb. 66) zeigt ebenfalls keinerlei Zuordnung zu den Kontrollgräben oder den im Herbst 2007 normal geräumten Gräben (nur für diese Probestrecken wurde Wasserdaten erfasst).

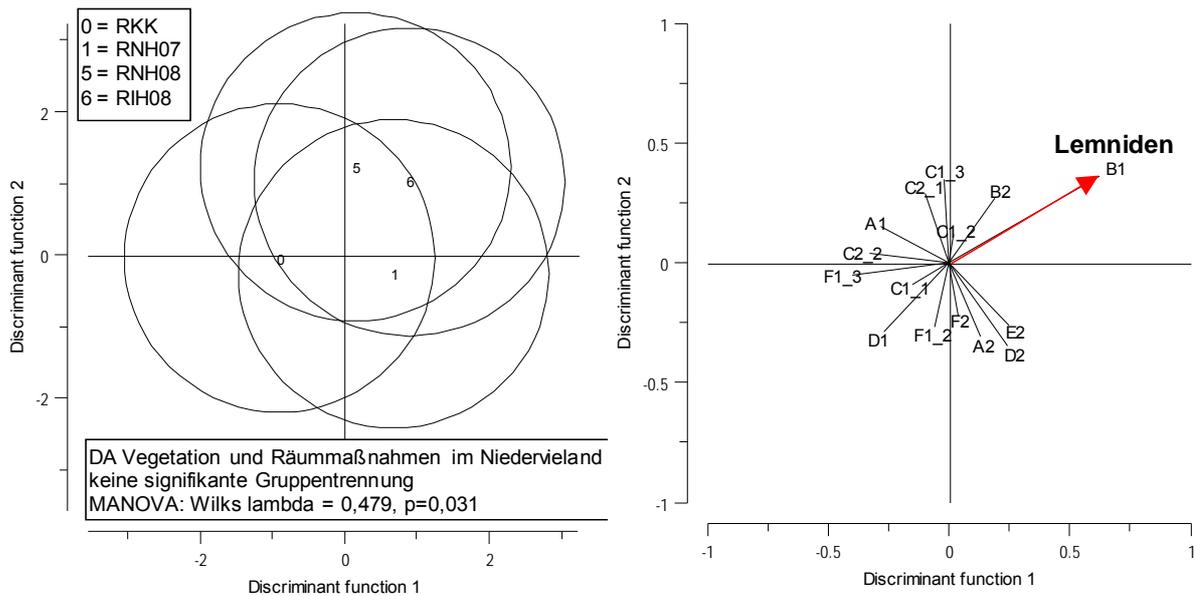


Abb. 65: Ergebnis der Diskriminanzanalyse von Vegetation und Räummaßnahmen im Niedervieland.

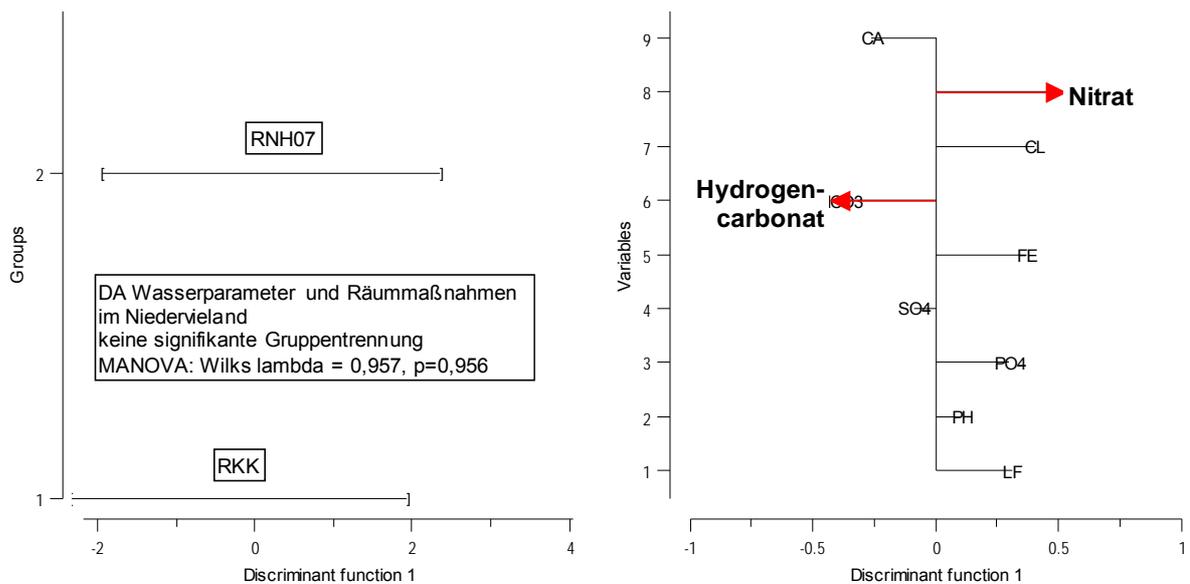


Abb. 66: Ergebnis der Diskriminanzanalyse der Wasserparameter in den beiden Räummaßnahmen des Niedervielands mit Wasserparametererfassungen.

Erläuterung: bei nur 2 Vergleichsgruppen erfolgt diese andere Darstellung der Ergebnisse der DA. Die beiden Balken in der linken Grafik stehen für die Streuung der jeweiligen Gruppe, die rechte Grafik

zeigt die Vektoren, die für die Position der Streubalken verantwortlich sind, d.h. die Faktoren auf der linken Seite stehen für die Gruppe 1 = RKK, die rechten für die Gruppe 2 = RNH07; nur Vektoren mit Werten nahe und über  $\pm 0,5$  auf der unteren Skala sind von Bedeutung, also  $\text{HCO}_3$  für RKK und  $\text{NO}_3$  für RNH07.



Abb. 67: Nahezu vollständiger Ausfall von Pflanzungen in Wasserlinsen-Gräben im Niedervieland (NV009) teilweise mit fraßgeschädigten, submersen Individuen (16. Sept. 2008).  
Fotos: W. Kundel

Allerdings gibt hier der Hydrogencarbonat-Vektor, der für die Kontrollgräben steht, und der Nitrat-Vektor, der für die RNH07-Gräben steht, zusammen mit dem Wasserlinsen-Vektor einen Hinweis auf eine mögliche Ursache. Werden durch eine Räummaßnahme Ammonium und auch Phosphat aus dem Sediment freigesetzt, so kommt es zum einen zum Abbau des Ammoniums zu Nitrat und zum anderen zu einer Pufferung des Phosphats durch Hydrogencarbonat und auch Calcium. Diese Sediment-Wasser-Dynamik deutet sich hier in der Diskriminanzanalyse an.

Auch die Grabenvegetation des **Werderlands** verlässt den Bereich seiner Eigencharakteristik durch die Räummaßnahmen nicht. Die DA ergibt zwar keine deutliche Gruppentrennung, aber eine gute Gruppenzugehörigkeit. Es zeigen sich deutliche Vektoren (Abb. 68). So werden die Kontrollgräben durch Röhrichte (F2, F1\_3) und Wasserfeder (C2\_2) bestimmt. In den Gräben mit Normalräumung dominieren *Lemna trisulca* (B2) und Laichkräuter (C1\_2). In intensiv geräumten Gräben dominiert der Froschlöffel (F1\_2).

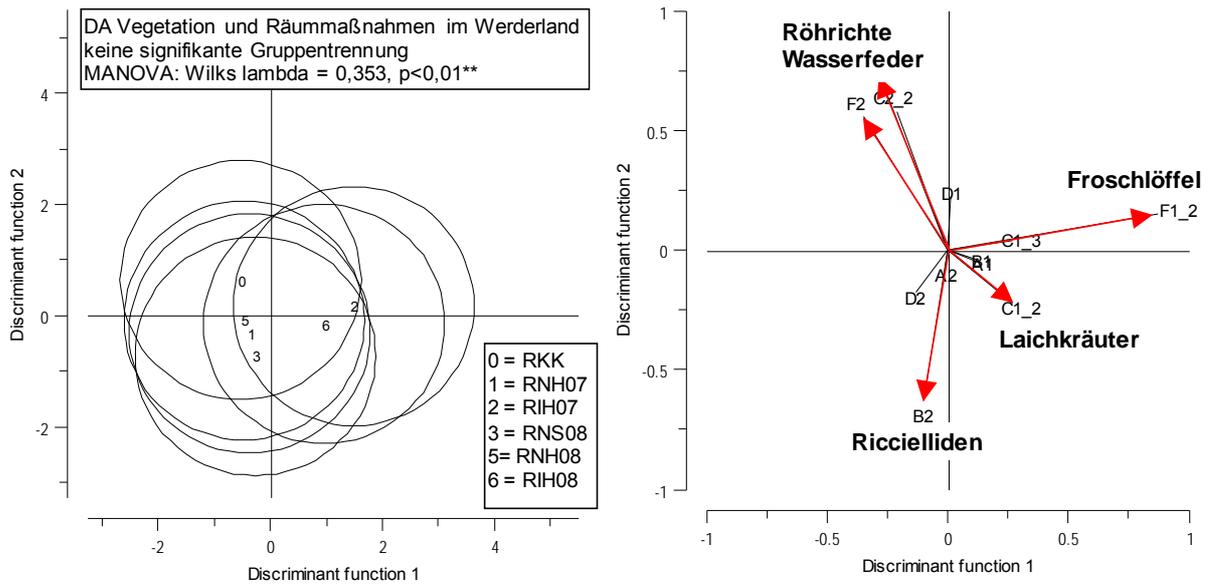


Abb. 68: Ergebnis der Diskriminanzanalyse von Vegetation und Räummaßnahmen im Werderland.

Die DA der Wasserparameter hingegen gibt keinerlei Hinweise auf signifikante Änderungen durch die Räummaßnahmen (Abb. 69). Von Bedeutung insgesamt sind die Parameter Eisen, pH, Phosphat und Nitrat, die durch die Räummaßnahmen verändert werden. Weder die Gruppenunterschiede noch die Gruppenzugehörigkeit sind signifikant, so dass daher von einer guten Pufferqualität (durch Eisen) des Grabensystems im Werderland ausgegangen werden kann. Allerdings geben auch der Phosphat- und der Nitratvektor einen ersten Hinweis auf mögliche Sedimentakkumulationen und hierdurch mögliche Gefährdungen im Werderland.

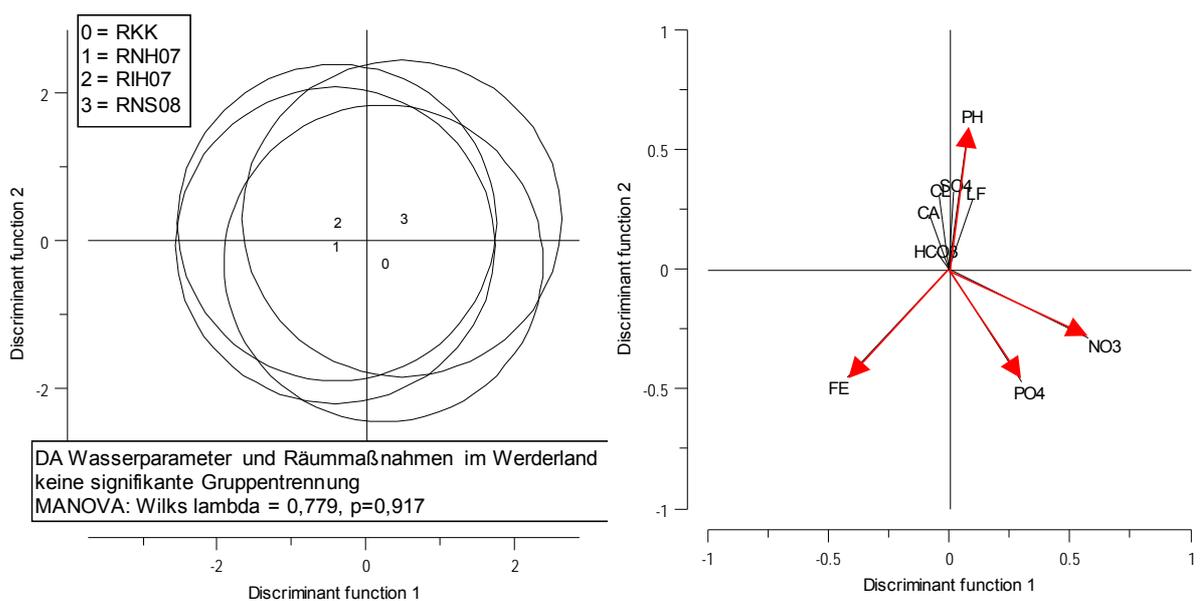


Abb. 69: Ergebnis der Diskriminanzanalyse der Wasserparameter in den verschiedenen Räummaßnahmen des Werderlands.

### 5.3.3.4 Zusammenfassung der Ergebnisse zur Entwicklung der Grabenvegetation

**Entwicklung der Grabenvegetation:** Jedes der drei Probegebiete zeigt eine Eigencharakteristik in seiner Grabenvegetation und den Wasserparametern, die es von den anderen unterscheidet. Das Hollerland kann als Röhricht-Wasserpest- und Nitratgebiet bezeichnet werden, wobei in der Initialphase Armluchteralgen, Laichkräuter, Nadelsimse und Froschbiss eine Rolle spielen. Das Niedervieland kann als Wasserlinsen-Wasserpest- und Phosphat-Gebiet bezeichnet werden, auch für die Initialphase. Das Werderland kann als Krebssscheren- und Elektrolyt-Gebiet mit Wasserfeder- und Froschlöffel-Initialphasen bezeichnet werden.

Die Vegetationszusammensetzung unterscheidet sich in den drei Untersuchungsjahren nicht wesentlich. Die Wasserparameter jedoch weisen eine deutliche Entwicklung auf, die im Hollerland in einem engen Zyklus verläuft. Im Niedervieland und Werderland zeigt sich jedoch ein weiter Zyklus, der sich von Ausgangszustand 2007 zu entfernen scheint. Es zeigen sich in der Analyse mögliche Gefährdungsparameter für die Gebiete: Nitrat für das Hollerland, Sulfat für das Niedervieland und Phosphat für das Werderland. Die in Frage kommenden Quellen wie Einträge und Sedimentakkumulationen bedürfen noch der weiteren Forschung.

Die durchgeführten **Räummaßnahmen** beeinflussen die Vegetationszusammensetzung in ihrer Gebietscharakteristik nicht grundsätzlich. Für das Hollerland zeigt sich eine starke Dynamik und ein größeres Potenzial möglicher mesotraphenter Initialentwicklungen, als dies für das Werderland und das Niedervieland der Fall ist. Im Niedervieland bieten nur die eutraphenten Wasserlinsen (Lemniden) eine mögliche Entwicklungsrichtung, im Werderland mesotraphente Laichkräuter, Froschlöffel und Wasserlinsen (Riccielliden).

### 5.3.4 Genetische Untersuchungen

#### 5.3.4.1 Zielsetzung

In diesem Teilprojekt sollen Daten zur genetischen Variabilität von ausgewählten Krebssscherebeständen gewonnen werden. Da *Stratiotes aloides* sich größtenteils vegetativ vermehrt, wird diskutiert, dass aus dem hohen Maß an Selbstklonierung eine mangelnde Anpassungsfähigkeit an sich ändernde Umweltbedingungen resultiert. Dies könnte einer der Gründe für die Bestandseinbrüche der Art sein. Insbesondere war von Interesse, ob sich in den drei Untersuchungsgebieten unterschiedliche Genotypen nachweisen lassen. Da bisher in der wissenschaftlichen Literatur keine Arbeiten zur genetischen Untersuchung von Krebssscherepflanzen publiziert sind, musste hierfür zunächst eine geeignete Methode erarbeitet beziehungsweise Standardmethoden entsprechend angepasst werden.

#### 5.3.4.2 Ergebnisse

Eine Standardmethode zur Untersuchung genetischer Differenzierungen bei Pflanzen ist die Random Amplification Polymorphic DNA Polymerase Chain Reaction (RAPD-PCR) (DOYLE & DICKINSON 1987).

An der Hochschule Bremen wurden genetische Untersuchungen von Krebscherenindividuen mit Hilfe der RAPD-PCR durchgeführt, die jedoch nicht zu reproduzierbaren Ergebnissen führten (WENDT 2007, NOVOTNY 2008, KÜNZEL 2008, PFEFFER & WILLIMZIK 2008). Da die RAPD-PCR sich auch bei anderen Forschergruppen bei der Differenzierung von Krebscheren nicht als geeignet erwies (SMOLDERS, Universität Nimwegen, NL, mündl. Mitt. 2009), wurde mit dem Test weiterer Methoden (Restriction Fragment Length Polymorphism (RFLP), Amplified Fragment Length Polymorphism (AFLP)) begonnen. Hierbei wurde eine Kooperation mit dem Leibniz-Institut für Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung (IPK) in Gatersleben (Dr. Frank Blattner, Leiter Experimentelle Taxonomie) aufgebaut, das eine in Deutschland führende Forschungsinstitution im Bereich der Pflanzengenetik ist.

Die AFLP-Analyse konnte erfolgreich im Rahmen einer Bachelorarbeit an der Hochschule Bremen in den Laboren des IPK angewandt werden (EBERSBACH 2010). Bei 26 Individuen von *Stratiotes aloides*, die aus den drei Bremer Untersuchungsgebieten (Hollerland, Werderland und Niedervieland) stammten, konnten Polymorphismen und damit genetische Unterschiede gezeigt werden. Sieben Primerkombinationen generierten 736 Banden, von denen 39 % polymorph waren. Die Werte für die mittlere genetische Ähnlichkeit lagen zwischen 0,87 und 0,94 und deuten geringe Unterschiede zwischen den untersuchten Individuen der Krebschere einschließlich von Vergleichsproben aus Brandenburg an. Es konnten mindestens zwei genotypische Gruppen unter den Individuen identifiziert werden, wobei ein Genotyp ausschließlich Proben aus dem Untersuchungsgebiet Werderland beinhaltete (Abb. 70). Alle anderen Proben wurden einem anderen Genotyp zugeordnet, der sich auch statistisch abgrenzen ließ. Eine Analysis of Molecular Variance (AMOVA) zeigte, dass die ermittelten genetischen Unterschiede zum Großteil auf Variabilität zwischen den Individuen zurückgehen. Nur 12 % der Unterschiede beruhten auf Variabilität zwischen Populationen, wodurch eine mangelnde Differenzierung der untersuchten Bestände angezeigt werden könnte.

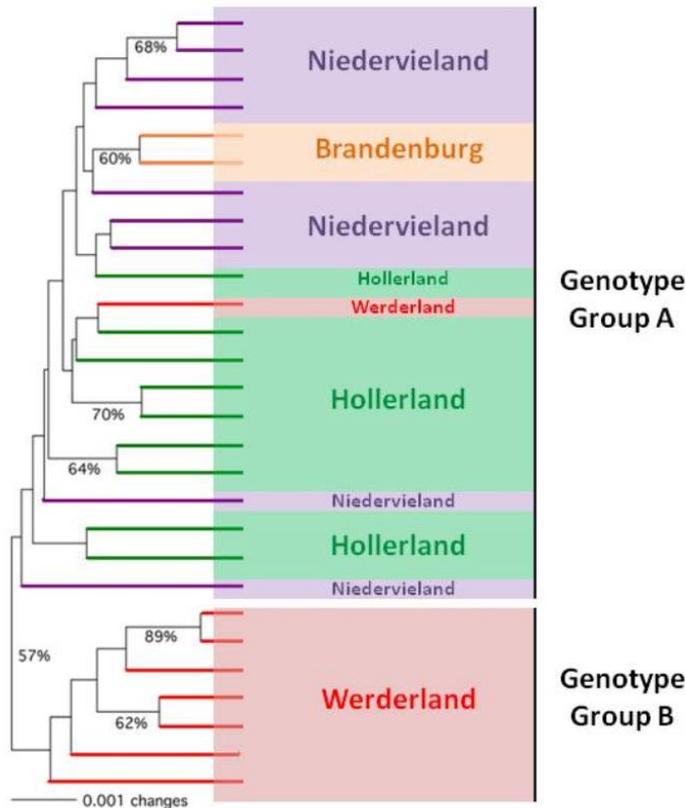


Abb. 70: Neighbor-joining Dendrogram von 28 Proben von *Stratiotes aloides*

Prozentuale Werte sind Ergebnisse der Bootstrapping Statistik. Basierend auf Paarweise Distanzen. Untersuchungsgebiete sind farbig hervorgehoben: WL (rot) = Werderland, NV (lilafarben) = Niederwieland, HL (grün) = Hollerland, BB (orange) = Brandenburg

### 5.3.4.3 Zusammenfassung der Ergebnisse zur genetischen Diversität

Es konnte erstmalig in Zusammenarbeit zwischen der Hochschule Bremen und dem Leibniz-Institut für Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung (IPK) in Gatersleben eine Methode für die Analyse genetischer Differenzierungen zwischen Individuen der Krebschere entwickelt und angewandt werden (EBERSBACH 2010). Dabei zeigte sich in Bezug auf die genetische Variabilität von *Stratiotes aloides* insgesamt eine hohe Ähnlichkeit der Krebschere-individuen der drei Untersuchungsgebiete. Bei insgesamt hoher genetischer Ähnlichkeit lassen sich Genotypengruppen klassifizieren, die auf das Auftreten sexueller Reproduktion hinweisen und von denen eine bisher nur mit Individuen aus dem Werderland belegt werden konnte. In der anderen Genotypenklasse waren Individuen aus allen drei Bremer Gebieten vertreten.

Um diese ersten Ergebnisse zu untermauern und zu klären, inwieweit die insgesamt geringe genetische Differenzierung artspezifisch für *Stratiotes aloides* ist oder ob hier eventuell eine relevante genetische Einengung vorliegt, müssen aufbauend auf das DBU-Projekt weitere genetische Untersuchungen durchgeführt werden. Diese sind gemeinsam von der Hochschule Bremen mit dem IPK konzipiert und für das laufende Jahr 2010 vorgesehen.

## 5.4 Wirkungskontrolle Gewässerqualität, Grabenmorphologie und Wasserhaushalt

### 5.4.1 Erfassung der chemisch-physikalischen Gewässerparameter

#### 5.4.1.1 Zielsetzung

Die wichtigsten chemisch-physikalischen Gewässerparameter der Grabensysteme wurden in Form von Messreihen eines Jahresganges von August 2007 bis Juli 2008 in jedem der drei Untersuchungsgebiete erfasst. Diese Daten bilden eine Grundlage, um die Auswirkungen der durchgeführten Managementmaßnahmen auf die Gewässer beurteilen zu können. Außerdem kann die Wasserqualität Hinweise auf limitierende Faktoren für das Vorkommen der Krebschere geben. Eine sich verändernde Wasserqualität hat unmittelbar Einfluss auf die Zusammensetzung und Entwicklung der Wasservegetation und kann sich auf die Vitalität und Reproduktion der Krebschere auswirken. Zudem ist mittels eines räumlich aufgespannten Messnetzes eine Lokalisierung möglicher positiver oder negativer Einflussquellen auf die Wasserqualität im jeweiligen Probegebiet möglich.

#### 5.4.1.2 Durchführung

##### Probennahme und Aufbereitung der Wasserproben

In den drei Untersuchungsgebieten Hollerland, Niedervieland und Werderland wurden insgesamt 300 Untersuchungspunkte für Leitfähigkeit und Temperatur festgelegt, wobei sich in jedem der drei Gebiete 100 Messpunkte befinden. An 106 von diesen Untersuchungspunkten wurden zusätzlich Wasserproben entnommen und auf chemische Parameter (pH,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{Cl}^-$ , Fe gelöst,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ) getestet. Die Anzahl chemischer Untersuchungspunkte betrug im Hollerland 52, im Niedervieland 28 und im Werderland 26. Die Messdurchgänge fanden im Zeitraum vom 27.08.2007 bis zum 06.08.2009 statt (Tab. 17:). Im Hollerland und Niedervieland wurden jeweils acht Messdurchgänge und im Werderland sieben Messdurchgänge durchgeführt. Im Februar 2008 wurde in allen drei Gebieten lediglich die Leitfähigkeit gemessen. Die chemisch-physikalischen Analysen wurden nach DIN bzw. EN ISO durchgeführt (Tab. 18:).

Tab. 17: Messdurchgänge, Parameter (CP= chemische Parameter, LF = Leitfähigkeit) und Zeitpunkt der Beprobung differenziert nach Untersuchungsgebieten

Messdurchgang	Hollerland	Niedervieland	Werderland
August 2007	CP, LF (27.08.2007)	CP, LF (29.08.2007)	CP, LF (28.08.2007)
November 2007	CP, LF (20.11.2007)	CP, LF (23.11.2007)	CP, LF (21.11.2007)
Februar 2008	- , LF (06.02.2008)	- , LF (08.02.2008)	- , LF (07.02.2008)
März 2008	CP, LF (27.02.2008)	CP, LF (29.02.2008)	CP, LF (28.02.2008)
Mai 2008	CP, LF (19.05.2008)	CP, LF (24.05.2008)	CP, LF (26.05.2008)
Juli 2008	CP, LF (24.07.2008)	CP, LF (26.07.2008)	CP, LF (25.07.2008)
November 2008	CP, LF (18.11.2008)	CP, LF (20.11.2008)	-
August 2009	CP, LF (04.08.2009)	CP, LF (05.08.2009)	CP, LF (06.08.2009)

Die Wasserproben wurden mittels 500 mL PET-Flaschen, ca. 10 cm unterhalb der Wasseroberfläche, in etwa Gewässermittle entnommen (Abb. 71).



Abb. 71: Wasserprobenentnahme

Fest verschlossen und in Kühltaschen aufbewahrt wurden die Wasserproben innerhalb von vier Stunden ins Labor der Hochschule Bremen gebracht und für die späteren Analysen aufbereitet. Zusätzlich wurden folgende Parameter für den Bereich 5 m rechts und links eines jeden Messpunktes über die Grabenbreite erfasst:

- Trübung des Wasserkörpers in einer einfachen Stufenskala:  
klar, schwach trüb, trüb, stark trüb.
- Die Vegetationsschicht, unterteilt in:  
Wasserlinsen, Schwimmblattdecke, Submersvegetation und Röhrlicht  
in einer jeweils dreistufigen Skala:  
nicht vorhanden,  $\leq 50\%$ ,  $>50\%$ .

Bei der Unterteilung der Vegetationsschichten wurden unter Wasserlinsen lediglich die Arten hinzugezählt, die auf der Wasseroberfläche schwimmen. Unter Schwimmblattdecke wurden alle Pflanzen zusammengefasst die auf der Oberfläche schwimmen, ausgenommen der Wasserlinsen. Als Submersvegetation wurden alle submersen Arten aufgenommen, inklusive *Lemna trisulca*. Zudem wurde Röhrlicht als Vegetationsschicht getrennt erfasst.

Zusätzlich wurden an jeder Probestelle das Krebscherevorkommen in einer dreistufigen Skala notiert: nicht vorhanden,  $\leq 50\%$ ,  $>50\%$ . Alle Angaben wurden je Messdurchgang jeweils nur ein Mal gemittelt über den 10 m-Grabenabschnitt um den Messpunkt angegeben.

Im Labor der Hochschule Bremen wurden die Proben für die chemischen Analysen vorbereitet. Als erstes erfolgte eine pH-Messung aller Proben mittels pH-Meter. Anschließend wurden die Proben in zwei Schritten mit Hilfe einer Vakuumpumpe filtriert. Im ersten Schritt wurden Glasfaserfilter mit einer Porenweite von ca. 10  $\mu\text{m}$  benutzt. Im zweiten Schritt erfolgte eine Filtration mit einem Membranfilter (Cellulosemischester) der Porengröße 0,45  $\mu\text{m}$ .

Für die Analyse des gelösten Eisens wurden ca. 5 mL der filtrierten Proben in Schnappdeckelgläser gefüllt und mit 50 µL 4,5 mol Schwefelsäure angesäuert. Das restliche Filtrat wurde im Kühlraum bei 4°C aufbewahrt und innerhalb von sieben Tagen analysiert.

## Chemische Analysen

Die chemischen Analysen wurden anhand von Ionenchromatographie, Atomabsorptionsspektrometrie, Photometrie und Titrimetrie durchgeführt (Tab. 18:). Alle Methoden wurden nach DIN, bzw. EN ISO durchgeführt. Eine detaillierte Beschreibung der Methoden lässt sich den entsprechenden Normen entnehmen.

Tab. 18: Analyseverfahren zur Bestimmung der chemisch-physikalischen Gewässerparameter

Parameter	Kürzel	Einheit	Vorschrift	Methode
Temperatur	T	[°C]	DIN 38404 C4	Konduktometer
Leitfähigkeit	LF	[µS/cm]	DIN EN 27888 C8	Konduktometer
pH -Wert	pH		DIN 38404 C5	ph-Meter
Phosphat gelöst	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	[mg/L]	EN ISO 6878	Photometrie
Sulfat	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	[mg/L]	EN ISO 10304-1	Ionenchromatographie
Eisen gelöst	Fe (gelöst)	[mg/L]	DIN 38406 E32	Atomabsorptionsspektrometrie
Hydrogencarbonat	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	[mg/L]	EN ISO 10304-1	Ionenchromatographie
Chlorid	Cl <sup>-</sup>	[mg/L]	EN ISO 10304-1	Ionenchromatographie
Nitrat	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	[mg/L]	Küvettestest LCK 339	Photometrie
Ammonium	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	[mg/L]	DIN 38406 E5-1	Photometrie
Calcium	Ca <sup>2+</sup>	[mg/L]	DIN 38406 E3	Titrimetrie

## Temperatur, Leitfähigkeit und pH-Wert

Die Temperatur- und Leitfähigkeitsmessungen wurden direkt vor Ort an jeder der Probenstellen vorgenommen. Die Sonde des Leitfähigkeitsmessgeräts (WTW Cond 340i mit TeraCon 325) wurde ca. 15 cm tief, ungefähr in der Mitte des Grabens eingetaucht und die Leitfähigkeits- und Temperaturwerte abgelesen.

Die pH-Messung wurde direkt nach Ankunft der Wasserproben im Labor mit einer pH-Messsonde durchgeführt.

## Sulfat, Hydrogencarbonat und Chlorid

Die Bestimmung von Sulfat (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>), Hydrogencarbonat (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) und Chlorid (Cl<sup>-</sup>) wurde im Institut für Umwelt- und Biotechnik an der Hochschule Bremen nach EN ISO 10304-1 durchgeführt.

Zum Einsatz kam ein Ionenchromatographiesystem ohne Suppressortechnik, basierend auf einer analytischen HPLC – Anlage namens Varian Pro Star 210 (Varian Inc., Palo Alto, USA) mit folgenden Komponenten:

- Zwei Pro Star 210 Pumpen mit 10 mL Pumpenkopf
- Autosampler Pro Star 410
- Säulenofen Pro Star 510
- Diodenarray-Detektor Pro Star PDA

Als Trennsäule wurde ein PRP X-100 / 10 µm mit einer Abmessung von 150 x 4 mm der Firma CS Chromatographie Service GmbH verwendet. Die Chromatographie wurde unter folgenden Bedingungen durchgeführt: Der Eluent bestand aus 97 % 2,5 mmol/L Kaliumhydrogenphthalat, pH 8,5, und 3 % Methanol (HPLC Grade). Der Durchfluss betrug 1,0 mL/min, die Säulentemperatur war 30 °C. Das Injektionsvolumen betrug 50 µL. Die Detektion erfolgte bei einer Detektionswellenlänge von 255 nm durch „indirekte UV-Absorption“. Zur Steuerung und Auswertung wurde die Chromatographie-Software „Galaxy“ von Varian Inc. eingesetzt.

### **Eisen (gelöst)**

Die Bestimmung des gelösten Eisens nach DIN 38406 E32 wurde an der Hochschule Bremen im Institut für Umwelt- und Biotechnik durchgeführt. Verwendet wurde dabei das Atomabsorptionsspektrometer-System Perkin Elmer Analyst 400 (Perkin Elmer, Waltham Massachusetts, USA) mit dem Autosampler AS-90. Gemessen wurde bei einer Wellenlänge von 248,33 nm und einer Spaltbreite von 1,8 nm. Als Brenngas wurde ein Gemisch aus Druckluft (hauseigene Kompressoranlage), – mit einem Fluss von 8,68 L/min und Acetylen (Westfalen AG 2.6, 99,6 Vol% rein) –, mit 2,6 L/min eingesetzt.

### **Phosphat, Ammonium, Nitrat, Calcium**

Die Bestimmungen des gelösten Phosphat und des Ammonium-Stickstoffgehalt wurden durch photometrische Verfahren nach EN ISO 6878:2004 (Phosphat) und nach DIN 38 406 – E5-1 (Ammonium) durchgeführt. Die Nitrat-Messungen wurden ebenfalls anhand eines photometrischen Verfahren durchgeführt. Hierbei kam der Küvettentest LCK 339 der Firma Lange zum Einsatz. Die Calcium-Konzentrationen wurden mit Hilfe einer Titration nach DIN 38406 – E 3-2 bestimmt.

#### **5.4.1.3 Ergebnisse**

Die Grabensysteme in den drei Untersuchungsgebieten Hollerland, Niedervieland und Werderland wiesen einen meso- bis eutrophen Zustand mit leicht sauren bis alkalischen pH-Werten im Wasserkörper auf.

Die pH-Messungen der Proben ergaben im Mittel Werte zwischen 6,5 und 7,3 in den drei Untersuchungsgebieten. Die pH-Werte lagen dabei insgesamt zwischen minimal 5,5 und maximal 9,5.

## Leitfähigkeit

Die Leitfähigkeit innerhalb der Untersuchungsgebiete (**Karte 20**) variierte von 65 bis 2480  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Für meso- bis eutrophe Fließgewässer in Mitteleuropa werden je nach Geologie Spannen von 150 bis 800  $\mu\text{S}/\text{cm}$  für die Leitfähigkeit angegeben (POTT & REMY 2000). Die große Spanne der in den Gebieten gemessenen Leitfähigkeiten kann als Indikator für den wechselnden, zum Teil großen Grundwassereinfluss auf den Wasserkörper und damit die Wasserqualität angesehen werden. Im Hollerland betrug die mittlere Leitfähigkeiten zwischen 350 und 600  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Im Nordosten, nahe der Bebauung Hollergrund, traten in nahezu jedem Untersuchungsmonat deutlich höhere Messwerte als im übrigen Gebiet auf, die bis zu 2.480  $\mu\text{S}/\text{cm}$  betrugten (Abb. 72:). Aus Gründen der Darstellung sind in den Diagrammen allerdings die Werte < 2000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  nicht dargestellt. Im Werderland lagen die Messwerte zwischen 600 und 900  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (Abb. 73:), während die Werte im Niedervieland zwischen 500 und 700  $\mu\text{S}/\text{cm}$  lagen (Abb. 74:).

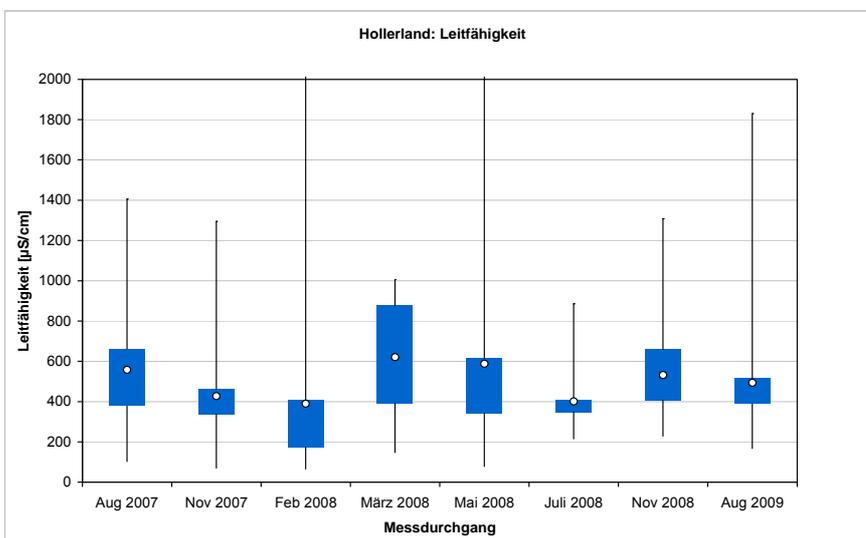


Abb. 72: Jahresverlauf der Leitfähigkeitsmessungen im Hollerland

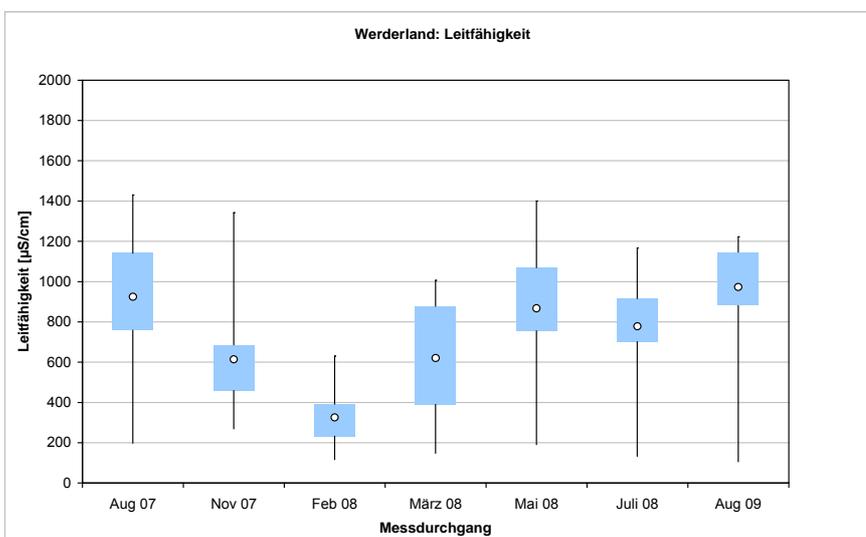


Abb. 73: Jahresverlauf der Leitfähigkeitsmessungen im Werderland

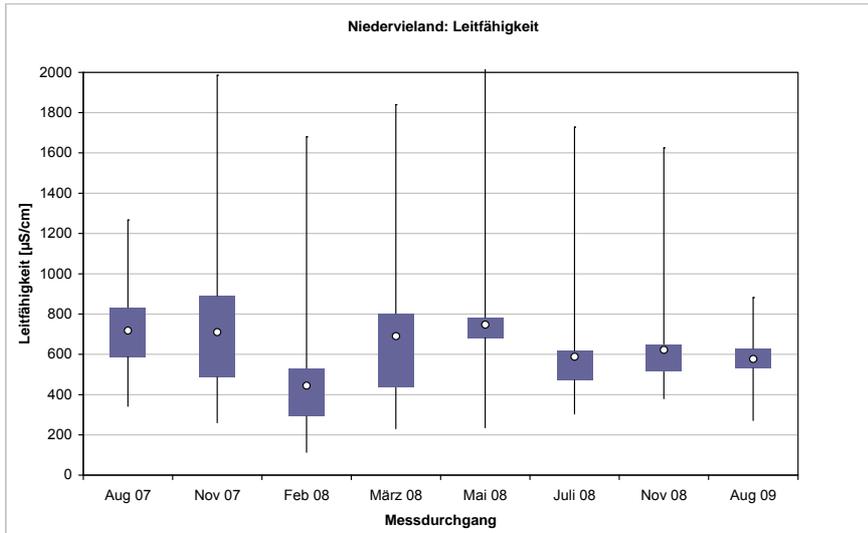


Abb. 74: Jahresverlauf der Leitfähigkeitsmessungen im Niedervieland

Die Mittelwerte der Messreihen folgen in den drei Gebieten einem Jahresverlauf mit niedrigerer Leitfähigkeit im Winter und höherer Leitfähigkeit im Sommer. Die durchschnittliche Leitfähigkeit sank im Werderland zwischen August 2007 und Februar 2008 von 925 auf 325  $\mu\text{S}/\text{cm}$  und stieg zum Juli 2008 wieder auf 778  $\mu\text{S}/\text{cm}$  an. Im Niedervieland sanken die mittlere Leitfähigkeit von 718  $\mu\text{S}/\text{cm}$  im August 2007 auf 445  $\mu\text{S}/\text{cm}$  im Februar 2008 und stiegen bis zum Juli 2008 wieder auf 589  $\mu\text{S}/\text{cm}$  an. Im Hollerland waren die Änderungen im Jahresverlauf der mittleren Leitfähigkeiten nicht so hoch, wie in den anderen beiden Gebieten. Im August 2007 betrug die mittlere Leitfähigkeit 558  $\mu\text{S}/\text{cm}$  und sank zum Februar 2008 auf 390  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , die auch etwa mit 401  $\mu\text{S}/\text{cm}$  im Juli 2008 erreicht wurde. Im März und Mai 2008 lag die mittlere Leitfähigkeit im Hollerland allerdings mit etwa 600  $\mu\text{S}/\text{cm}$  höher als im Juli. Im Vergleich zwischen August 2007 und August 2009 lagen die mittleren Leitfähigkeitswerte im Hollerland und Werderland in ähnlichen Bereichen (558  $\mu\text{S}/\text{cm}$  und 493  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , bzw. 925  $\mu\text{S}/\text{cm}$  und 975  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). Lediglich im Niedervieland lag die Leitfähigkeit mit 718  $\mu\text{S}/\text{cm}$  im August 2007 im Vergleich zu 578  $\mu\text{S}/\text{cm}$  im August 2009 niedriger. Es zeigt sich, dass die Leitfähigkeit über den gesamten Untersuchungszeitraum in allen drei Gebieten relativ konstant geblieben ist, während innerhalb eines Jahres mehr oder minder starke Schwankungen auftreten können.

Die Leitfähigkeit wird durch den Gehalt der im Wasser gelösten Ionen bestimmt (HÖLL 2002). Salzhaltige Grundwasserzuflüsse sind vermutlich in allen drei Gebieten für die höhere Leitfähigkeit verantwortlich. Das Hollerland grenzt an den Lilienthaler Salzstock und die unter dem Werderland verlaufende Bremer Rinne grenzt an den Lesumer Salzstock und führt mineralisiertes Grundwasser in die oberen Bodenschichten (ORTLAM 1989). Im Februar lag die gemessene Leitfähigkeit in allen Untersuchungsgebieten am niedrigsten (Abb. 72 bis Abb. 74). Dies lässt sich durch Niederschläge und die geringe Verdunstung im Winter erklären, die die Ionenkonzentration verdünnen (WIEDERMANN et al. 2008). Im Hollerland war die Leitfähigkeit nahezu durchgehend niedriger als in den anderen Untersuchungsgebieten.

## Chlorid

Der Chloridgehalt im Hollerland, Niedervieland und Werderland (**Karte 10**) umfasste eine Spannweite von 3 bis 560 mg/L. Die Grabensysteme wiesen insgesamt für limnische Systeme einen hohen Salzgehalt auf (POTT & REMY 2000). Erhöhte Chloridkonzentrationen, wie sie in den Untersuchungsgebieten auftreten, werden durch Salzlaken des Binnenlandes im Zusammenhang mit Salzstöcken verursacht. Im Hollerland umfassten die Chloridgehalte größtenteils Messwerte zwischen 50 und 100 mg/L (Abb. 75:) und lagen damit leicht über den in der zuwässernden Wümme auftretenden Konzentrationen von 34 bis 87 mg/L (SENATOR FÜR UMWELT, BAU, VERKEHR UND EUROPA BREMEN 2008). Die Chloridkonzentrationen nahe der Pannlake übertrafen zumeist die der anderen Untersuchungspunkte. Die unterhalb des Hollerlands verlaufende Borgfelder Rinne schneidet in den Lilienthaler Salzstock ein, was zu einer starken Mineralisierung des Grundwassers führt (ORTLAM & SAUER 1995). Die verringerte Süßwasserauflast im Bereich der Pannlake bedingt ein Aufsteigen des salzreichen Grundwassers (ORTLAM 1984). Auch im Niedervieland und Werderland wiesen gebietsinterne Unterschiede der Chloridkonzentrationen auf salzhaltige Grundwassereinflüsse hin. Insgesamt war der Chloridgehalt im Hollerland am niedrigsten, im Werderland am höchsten und im Niedervieland lagen die Werte zwischen diesen beiden Gebieten (Abb. 75: bis Abb. 77:).

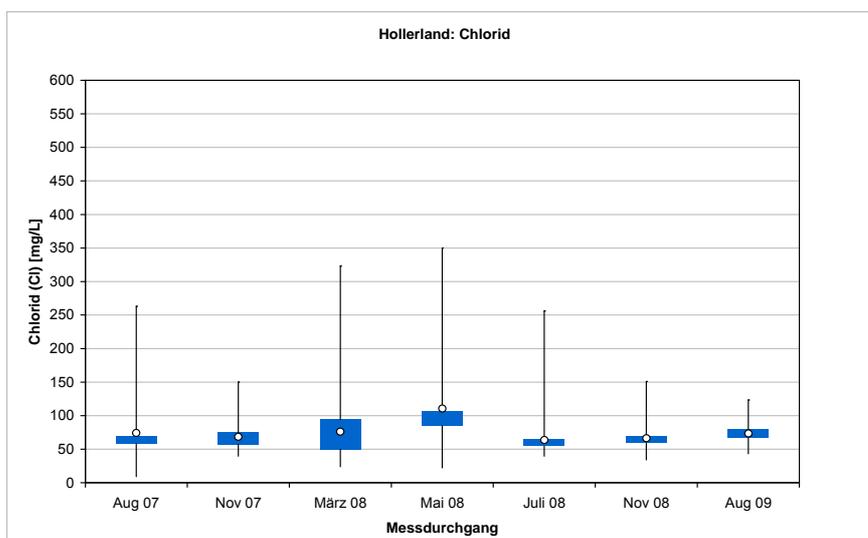


Abb. 75: Jahresverlauf der Chloridgehalte im Hollerland

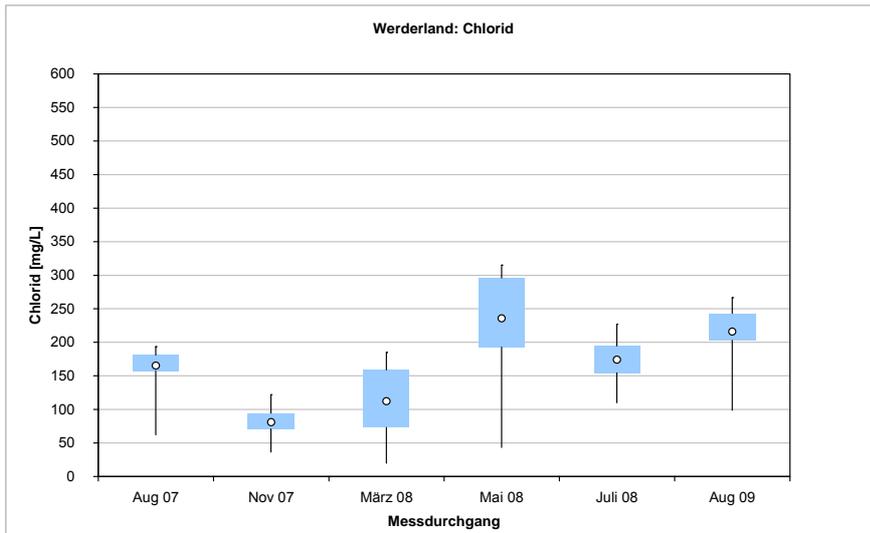


Abb. 76: Jahresverlauf der Chloridgehalte im Werderland

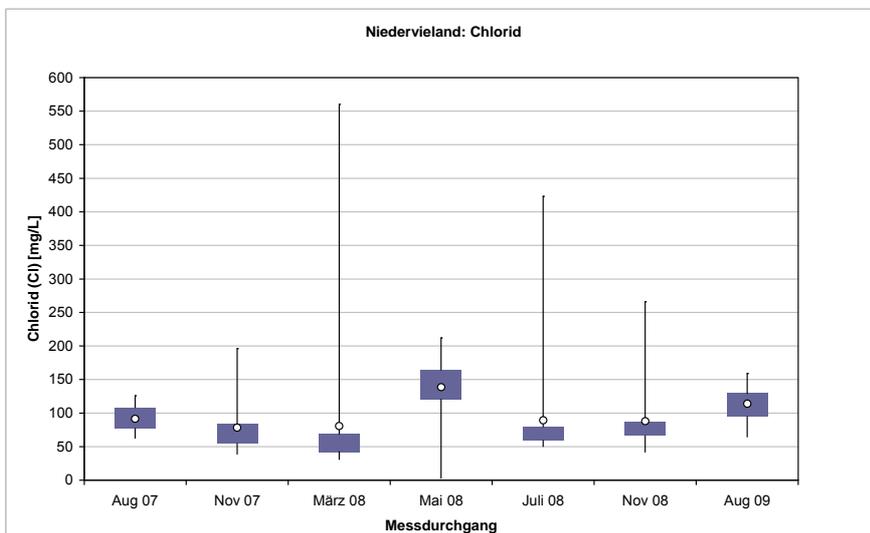


Abb. 77: Jahresverlauf der Chloridgehalte im Niedervieland

## Eisen

Der Gehalt an gelöstem Eisen in den drei Untersuchungsgebieten (**Karte 9**) lag in einem Bereich von 0,09 mg/L bis 18,2 mg/L und übertraf teilweise deutlich die für norddeutsche Oberflächengewässer üblichen geogenen Konzentrationen (POTT & REMY 2000). Das Grundwasser ist im Bereich der Moor- und Auenlehm-Marsch Bremens meistens stark mineralisiert und kann Gesamteisengehalte von bis zu 280 mg/L aufweisen (ORTLAM & SAUER 1995). Erhöhte Eisenkonzentrationen innerhalb einzelner Gebietsabschnitte können, wie auch höhere Chlorid- und Leitfähigkeitsmesswerte auf Grundwassereinflüsse hinweisen. Der Gehalt an gelöstem Eisen wies im Hollerland die höchsten Messwerte auf (Abb. 79: aus Darstellungsgründen Y-Skala auf maximal 8 mg/L begrenzt). Im Mittel lagen die Werte zwischen 0,56 mg/L im August 2007 und stiegen zum März 2008 auf 2,95 mg/L an. Im weiteren Jahresverlauf sank der Mittelwert zum November 2008 auf 1,42 mg/L ab. Im August 2009 lag die Konzentration an gelöstem Eisen bei 0,51 mg/L und damit im selben Bereich, wie im August

2007. In allen drei Gebieten zeigt sich ein jahreszeitlicher Verlauf der Messwerte, mit einem Anstieg der Konzentration von August 2007 bis März 2008 und einem anschließendem Absinken zum Juli bzw. November 2008 (Abb. 78:). Im Niedervieland lag die Eisenkonzentration tendenziell am niedrigsten und im Werderland im mittleren Bereich (Abb. 80: und Abb. 81:).

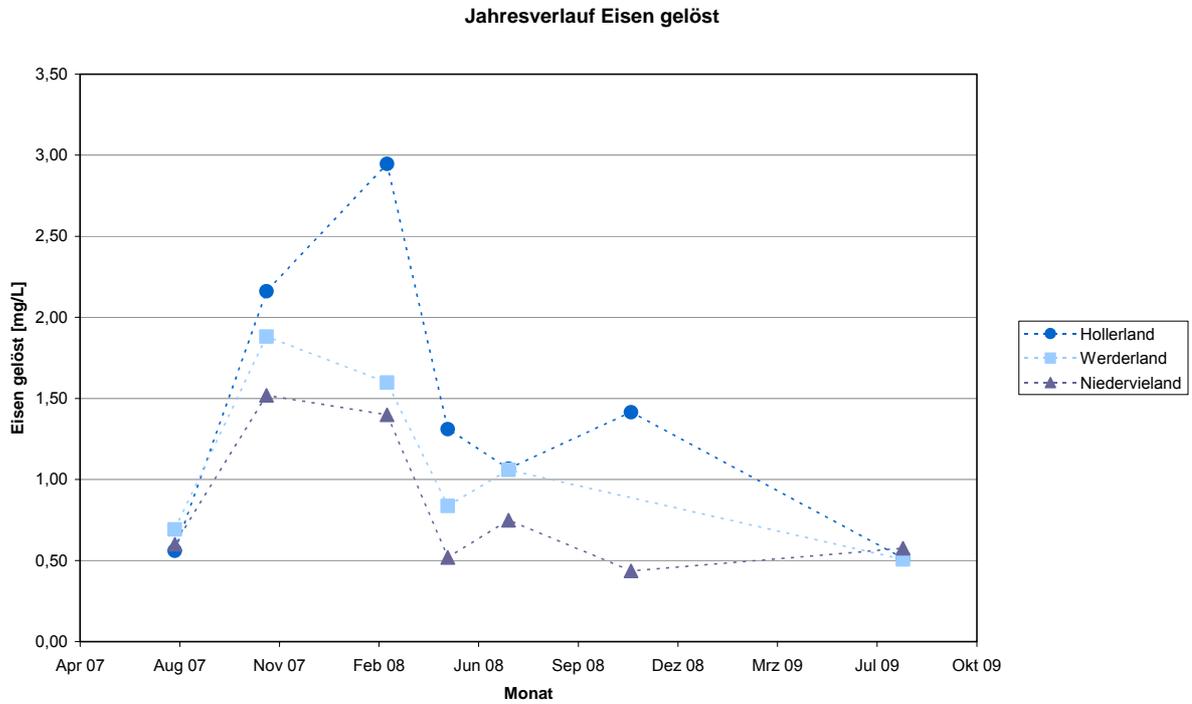


Abb. 78: Jahresverlauf der mittleren Eisengehalte (gelöst) im Vergleich aller drei Untersuchungsgebiete

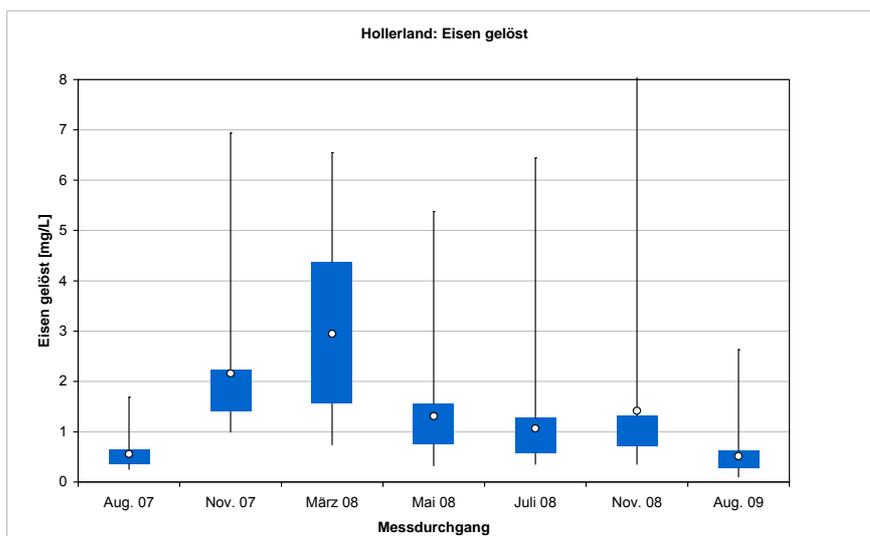


Abb. 79: Jahresverlauf des gelösten Eisen im Hollerland

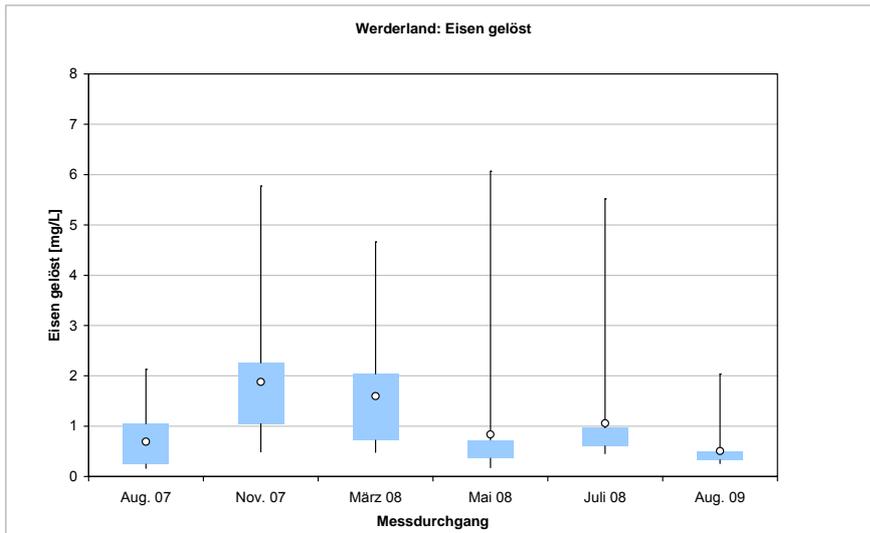


Abb. 80: Jahresverlauf des gelösten Eisen im Werderland

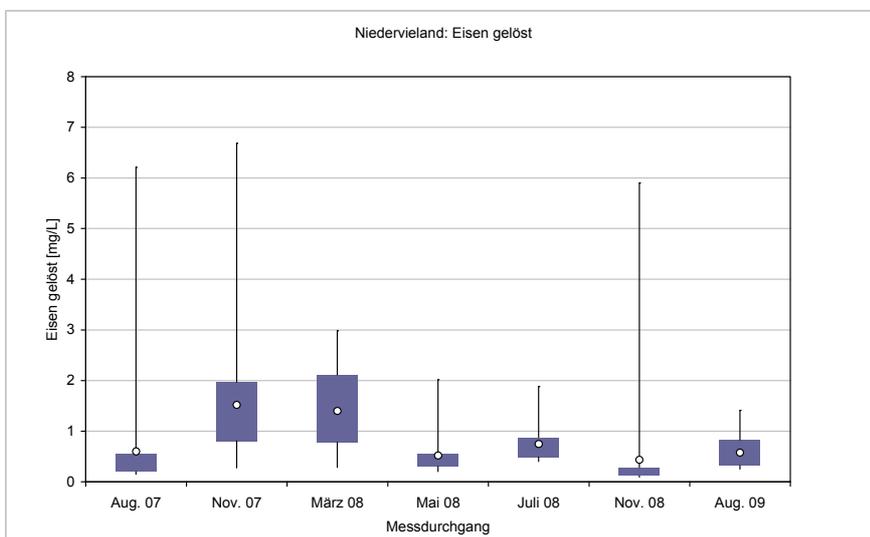


Abb. 81: Jahresverlauf des gelösten Eisen im Niedervieland

## Sulfat

Die Sulfatkonzentration im Hollerland, Niedervieland und Werderland (Abb. 82: bis Abb. 84:) lag bei 3 bis 560 mg/L (Ausreißer aus Darstellungsgründen im Diagramm nicht abgebildet). Im Hollerland wiesen die Messpunkte im Norden, nahe dem Wümme-Zulauf, tendenziell höhere Sulfatgehalte auf als die im Süden des Gebietes. Die lokal erhöhten Konzentrationen wurden vermutlich nicht durch einen Eintrag aus der Wümme verursacht, da der unmittelbar hinter dem Wümme-Zulauf gelegene Untersuchungspunkt tendenziell niedrigere Sulfatgehalte aufwies. Demnach liegt die Vermutung nahe, die höheren Sulfatwerte gehen auf gebietsinterne Quellen zurück. Im Niedervieland lagen im südöstlichen Gebietsabschnitt von November 2007 bis Juli 2008 durchgehend auffällig hohe Sulfatkonzentrationen von bis zu 342 mg/L vor. Insgesamt war der Sulfatgehalt im Hollerland mit 20 mg/L bis 35 mg/L deutlich niedriger als in den anderen beiden Untersuchungsgebieten. Das Werderland lag mit Sulfatgehalten zwischen 23 mg/L und 67 mg/L über denen des Hollerland und im Niedervieland lagen die mittleren Sulfatwerte zwischen 13 mg/L und 84 mg/L.

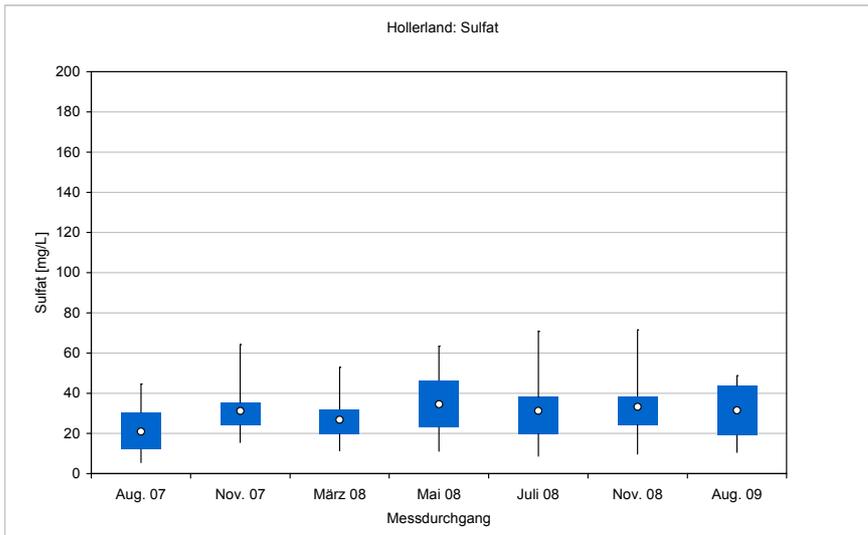


Abb. 82: Jahresverlauf der Sulfatgehalte im Hollerland

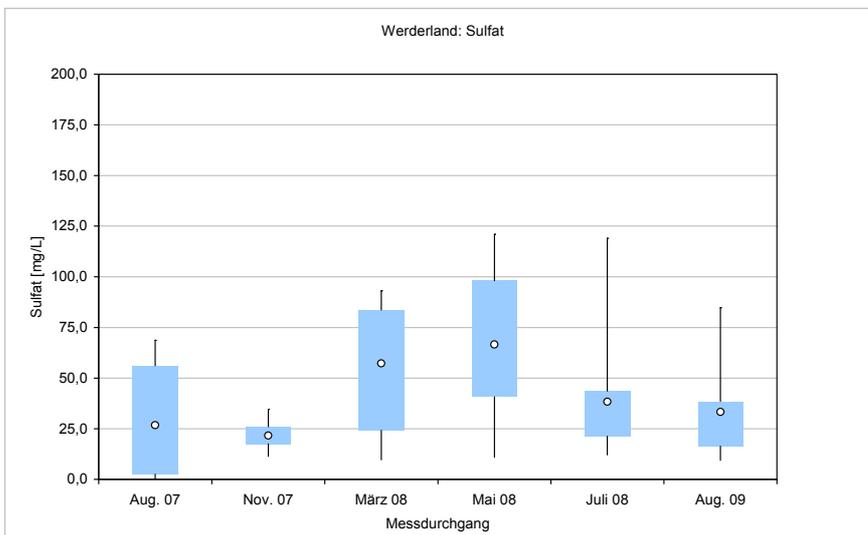


Abb. 83: Jahresverlauf der Sulfatgehalt im Werderland

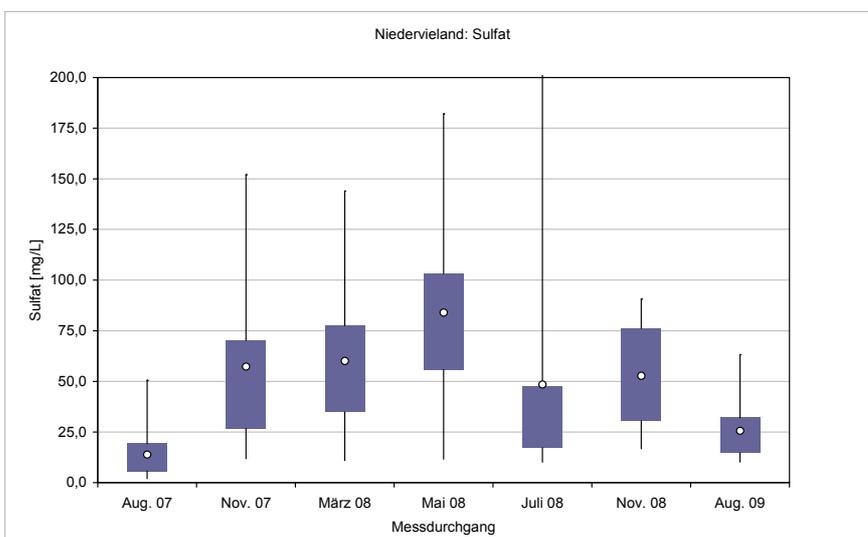


Abb. 84: Jahresverlauf der Sulfatgehalte im Niedervieland

## Phosphat

In den drei Untersuchungsgebieten wurden Phosphatkonzentrationen von  $< 0,005$  mg/L bis 0,373 mg/L gemessen. Die niedrigsten Phosphatkonzentrationen wies das Hollerland auf (Abb. 85:) und die höchsten Konzentrationen wurden im Werderland gemessen (Abb. 86:). Im Jahresverlauf zeigen sich niedrige Konzentrationen im Winter, die im Frühjahr ansteigen. In allen drei Gebieten lagen mit 0,008 mg/L bis 0,015 mg/L im Mittel die niedrigsten Phosphatkonzentrationen im November (2007 und 2008) vor. Im Juli 2008 wurden die höchsten Konzentrationen von im Mittel 0,041 mg/L im Hollerland, 0,086 mg/L im Werderland und 0,094 mg/L im Niedervieland gemessen. Nach Einteilung der Gebiet in die Güteklassen nach LAWA für Phosphat ist das Hollerland mäßig (II) und das Werderland und Niedervieland deutlich belastet (II-III).

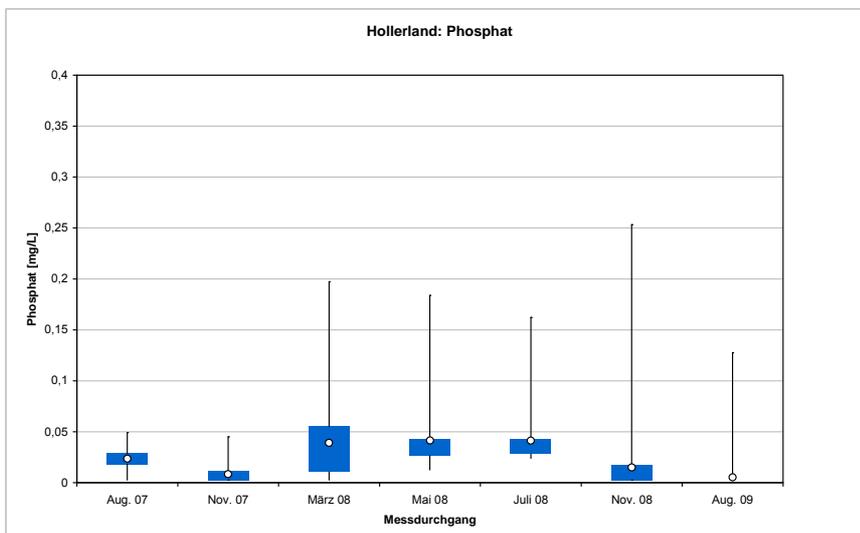


Abb. 85: Jahresverlauf der Phosphatgehalte im Hollerland

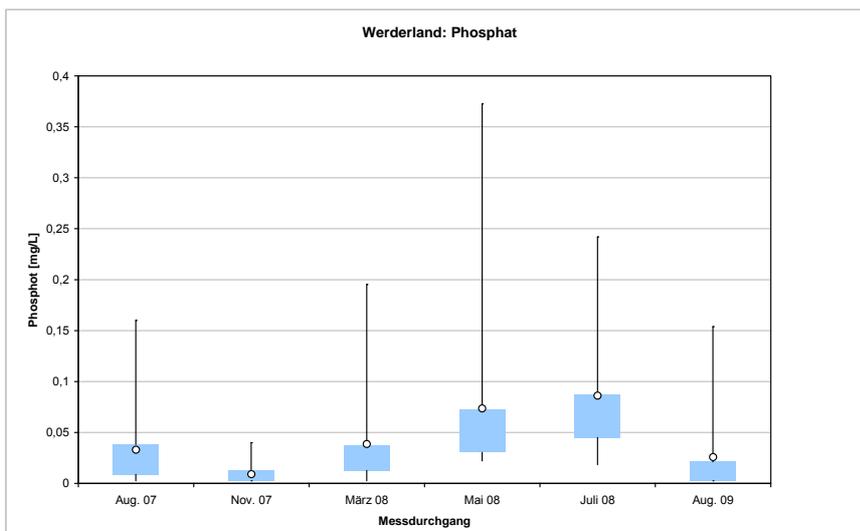


Abb. 86: Jahresverlauf der Phosphatgehalte im Werderland

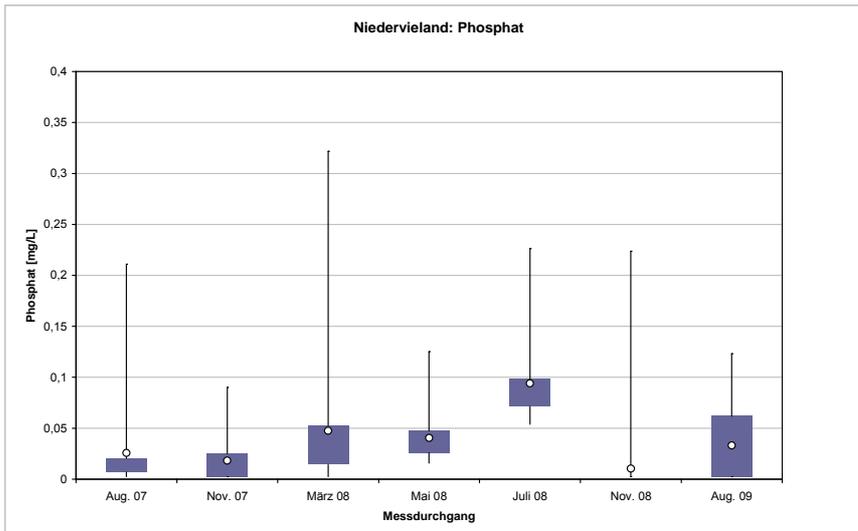


Abb. 87: Jahresverlauf der Phosphatgehalte im Niedervieland

## Ammonium

Die Messwerte für Ammonium lagen in den meisten Monaten unterhalb der Messwertgrenze von 0,03 mg/L. Im Hollerland konnten lediglich im November 2007 und November 2008 mit 0,14 mg/L Ammoniumwerte oberhalb der Messwertgrenze nachgewiesen werden (Abb. 88:). Im Werderland und Niedervieland wurden im November 2007 Mittelwerte von 0,11 mg/L gemessen (Abb. 89: und Abb. 90:). In allen drei Gebieten wurde ebenfalls im Juli 2008 Ammonium in den Wasserproben nachgewiesen, allerdings lag der Mittelwert lediglich im Niedervieland mit 0,05 mg/L über der Messwertgrenze. In allen anderen Messdurchgängen lagen nur einzelne Proben innerhalb des messbaren Bereichs. Nach der Einteilung in stoffbezogene chemische Güteklasse (nach LAWA) für Ammonium kann das Hollerland als mäßig belastet (II) eingestuft werden. Das Werderland und Niedervieland erhalten danach die Güteklasse sehr gering belastet (I-II).

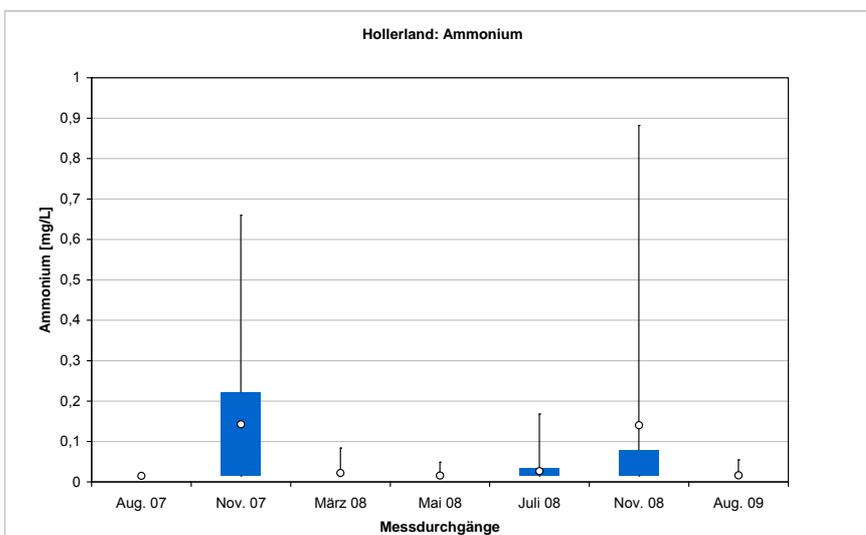


Abb. 88: Jahresverlauf der Ammoniumwerte im Hollerland

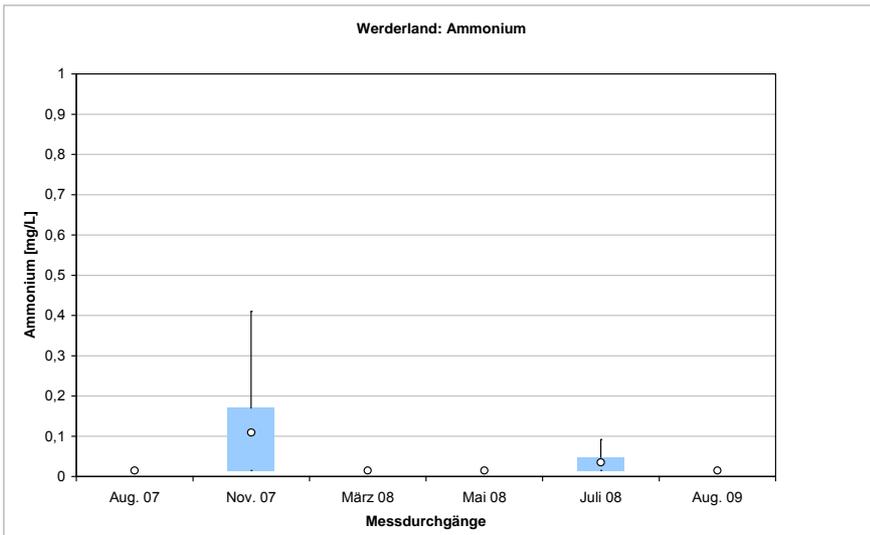


Abb. 89: Jahresverlauf der Ammoniumwerte im Werderland

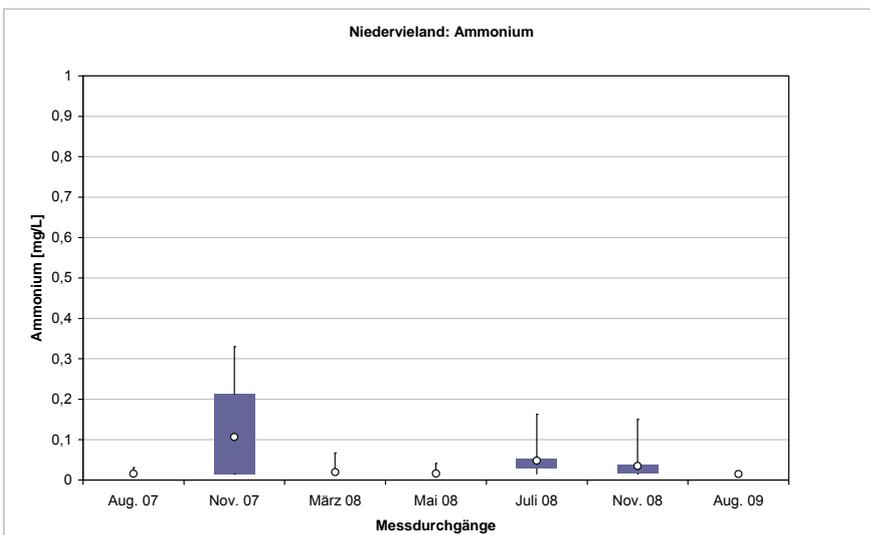


Abb. 90: Jahresverlauf der Ammoniumwerte im Niedervieland

### Nitrat

Die Nitrat-Werte lagen im Messzeitraum in allen drei Gebieten zwischen  $<1,0$  mg/L und  $12,8$  mg/L. Die niedrigsten Nitratkonzentrationen im Mittel wies das Niedervieland auf (Abb. 93:). Im Werderland lagen die Nitratwerte in einem ähnlichen Bereich, lediglich im März wurden hohe Konzentration von  $4,97$  mg/L gemessen (Abb. 92:). Insgesamt lagen im März 2008 im Werderland die höchsten Nitratkonzentrationen vor. Im Hollerland lagen die Nitratkonzentrationen zwischen  $<1,0$  mg/L und  $2,85$  mg/L und damit über den gesamten Messzeitraum etwas höher als in den andere beiden Gebieten (Abb. 91:). Das Hollerland und Niedervieland können nach der Einteilung der LAWA als deutlich belastet (II-III) eingestuft werden. Das Werderland erhält durch die hohen Nitratkonzentrationen im März 2008 nur die Güteklasse III (erhöhte Belastung).

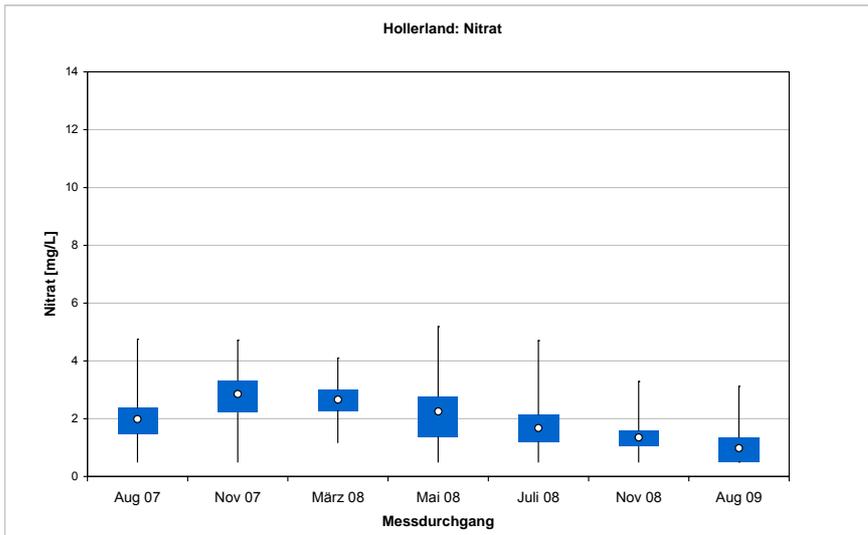


Abb. 91: Jahresverlauf der Nitratgehalte im Hollerland

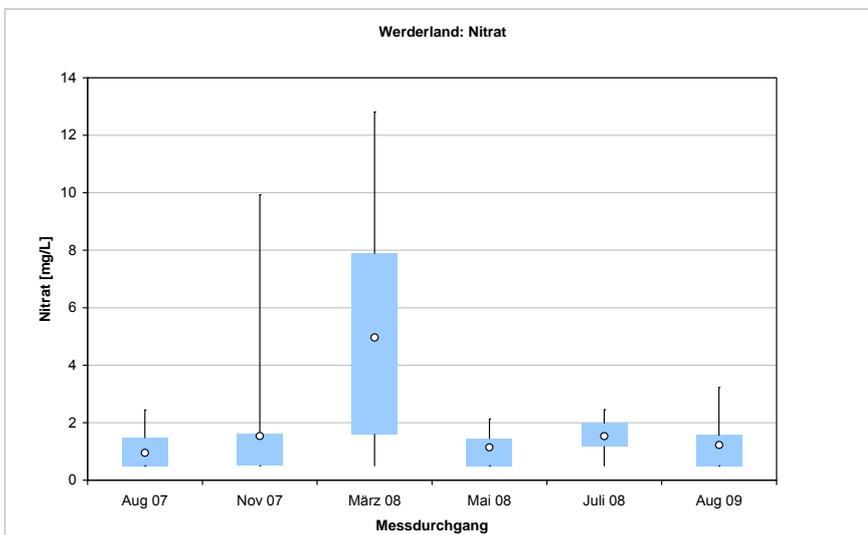


Abb. 92: Jahresverlauf der Nitratgehalte im Werderland

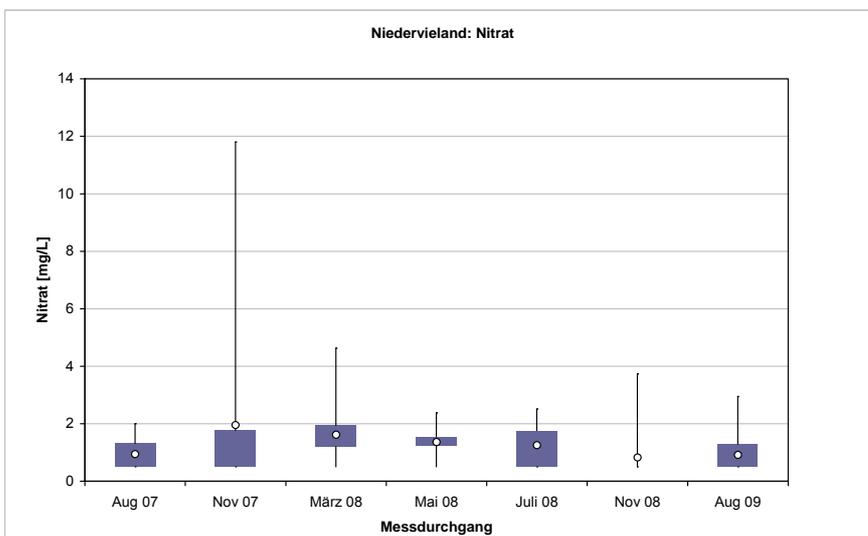


Abb. 93: Jahresverlauf der Nitratgehalte im Niedervieland

## Hydrogencarbonat

Die Hydrogencarbonatkonzentrationen lagen in den drei Untersuchungsgebieten zwischen 6 mg/L und 272 mg/L (Abb. 94: bis Abb. 96:). Während die Konzentrationen im Hollerland im gesamten Messzeitraum relativ stabil geblieben sind, zeigen sich in den anderen beiden gebieten stark Schwankungen. Im Frühjahr 2008 (März und Mai Messungen) war ein Anstieg der Hydrogencarbonatkonzentration im Werderland und Niedervieland zu verzeichnen. Im Werderland war ein weiterer Anstieg zur Messung im Juli 2008 zu beobachten, während die Konzentration im Niedervieland wieder sank. Im Niedervieland und Werderland wurden im Mittel mit bis zu 148 mg/L und 162 mg/L deutlich höhere Konzentrationen gemessen als im Hollerland mit bis zu 75 mg/L.

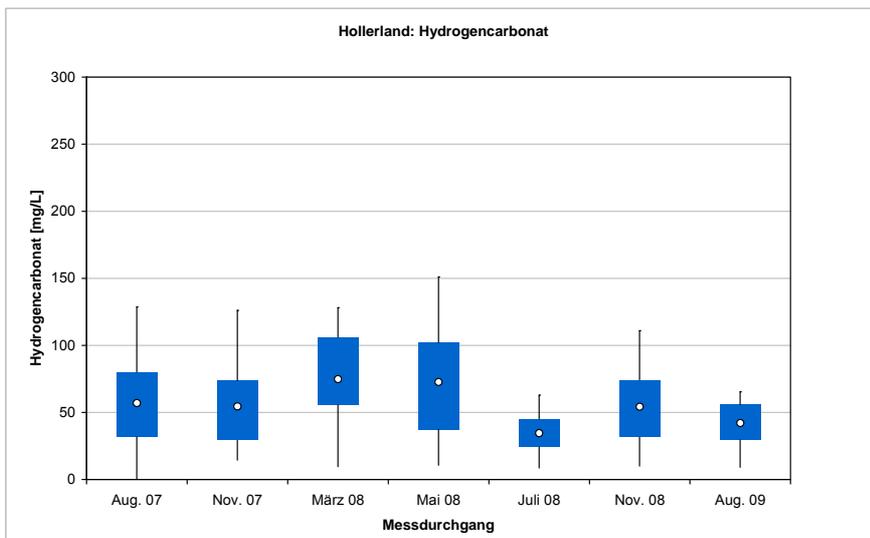


Abb. 94: Jahresverlauf der Hydrogencarbonatwerte im Hollerland

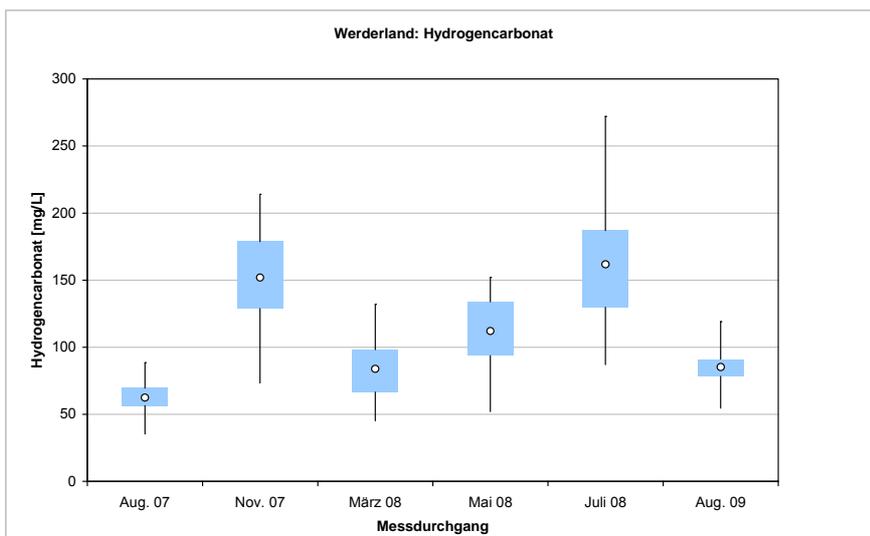


Abb. 95: Jahresverlauf der Hydrogencarbonatwerte im Werderland

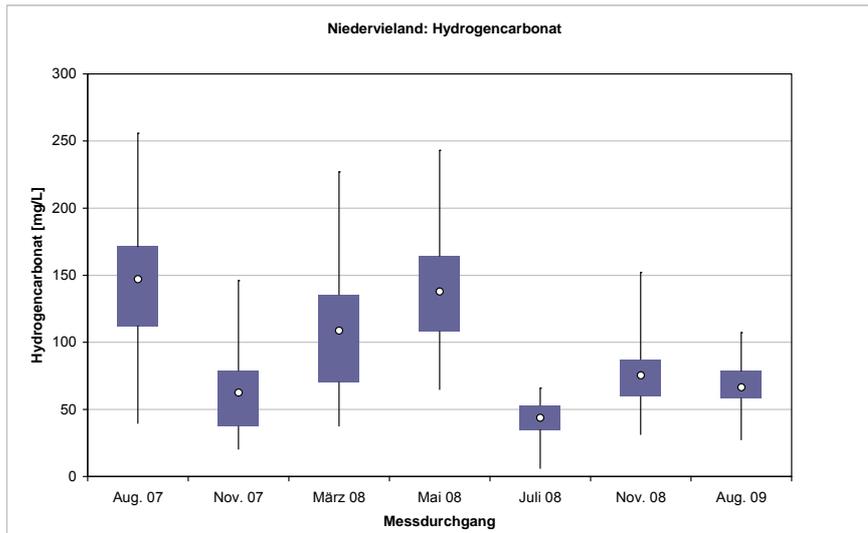


Abb. 96: Jahresverlauf der Hydrogencarbonatwerte im Niedervieland

## Calcium

Die mittleren Calciumgehalte lagen in allen drei Untersuchungsgebieten im Bereich zwischen 40 mg/L bis 60 mg/L. Der niedrigste Wert lag bei 9 mg/L im Hollerland und der höchste im Niedervieland mit 96 mg/L. Im Hollerland lagen mit 38 mg/L im Mittel die niedrigsten Calcium-Konzentrationen vor, während das Werderland mit 52 mg/L die höchste Konzentration aufwies. Das Niedervieland lag mit 46 mg/L dazwischen. Die aus den Calcium-Konzentrationen errechnete Gesamthärte des Wassers lag in allen drei Gebieten zwischen 1,0 mmol/L und 1,5 mmol/L und damit im erwarteten Bereich von weichem Wasser.

## Gewässergüte

Für die Übersicht und Einteilung der Gebiete und Stoffe nach den Güteklassen nach LAWA wurde für jeden Messdurchgang das 90. Percentil für Nitrat, Ammonium, Phosphat, Chlorid und Sulfat genommen. Anhand der festgelegten Grenzwerte wurden die Werte der einzelnen Durchgänge in die jeweilige Güteklasse eingeteilt (Tab. 19:). Eine Legende der Güteklassen befindet sich in Tab. 20. Die Güteklassen nach LAWA beziehen sich auf Fließgewässer. Die Gewässerqualität der Gräben der Untersuchungsgebiete kann hiermit orientierend bewertet werden. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass Gräben ökologisch gesehen eine Übergangsstellung zwischen stehenden und fließenden Gewässersystemen einnehmen. Aufgrund ihrer linearen Ausrichtung unterliegen sie ebenso wie Fließgewässer dem maßgeblichen Einfluss der angrenzenden Flächen als Einzugsgebiet. Die Durchströmung erfolgt allerdings nicht ganzjährig, es gibt lange Phasen, in denen der Wasserkörper mehr oder weniger stagniert.

Tab. 19: Einstufung der Gebiete anhand der Güteklassen Fließgewässer nach LAWA (1998) für die Gräben der drei Untersuchungsgebiete

	Aug 07	Nov 07	Mrz 08	Mai 08	Jul 08	Nov 08	Aug 09
<b>Nitrat</b>							
Hollerland	II-III	II-III	II-III	II-III	II-III	II	II
Werderland	II-III	II-III	III-IV	II-III	II-III	-	II-III
Niedervieland	II	II-III	II	II	II	II	II
<b>Ammonium</b>							
Hollerland	I	II	I	I	I	II-III	I
Werderland	I	III	I	I	I-II	-	I
Niedervieland	I	II	I	I	I-II	I-II	I
<b>Phosphat</b>							
Hollerland	I-II	I	II	II	II	I-II	I
Werderland	II	I-II	II-III	II-III	II-III	-	II
Niedervieland	II	II	II-III	II	II-III	I	II-III
<b>Chlorid*</b>							
Hollerland	II-III	II	II-III	III	II	II	II
Werderland	II-III	II-III	II-III	III	III	-	III
Niedervieland	II-III						
<b>Sulfat</b>							
Hollerland	I	I	I	I-II	I-II	I-II	I
Werderland	II	I-II	II	II-III	II	-	II
Niedervieland	I-II	II-III	II-III	II-III	II	II	I-II

\* Chlorid wird in den drei Gebieten, insbesondere im Hollerland und Werderland endogen durch Salzstöcke in das Grundwasser eingetragen und ist daher nicht primär als anthropogene Belastung einzustufen.

Tab. 20: Erläuterung der Güteklassen Fließgewässer nach LAWA (1998)

<b>Güteklassen</b> (nach LAWA 1998)	
<b>I</b>	anthropogen unbelastet
<b>I-II</b>	sehr geringe Belastung
<b>II</b>	mäßige Belastung
<b>II-III</b>	deutliche Belastung
<b>III</b>	erhöhte Belastung
<b>III-IV</b>	hohe Belastung
<b>IV</b>	sehr hohe Belastung

Insgesamt ist für die Wasserqualität der Gräben der drei Untersuchungsgebiete eine mittel gute, durch überwiegend geringe bis mäßige Belastung geprägte Situation gegeben. Dies schließt eine punktuelle oder zeitlich begrenzte stärkere Belastung nicht aus. Die Ergebnisse zeigen jedoch auch, dass innerhalb der Untersuchungsgebiete eine räumliche und zeitliche Heterogenität der Wasserqualität in den umfangreichen Grabensystemen festzustellen ist. Besonders deutlich wird dies im Hollerland, das für seine besondere Biotop- und Artenvielfalt des Gewässersystems bekannt ist.

Als wesentlicher Faktor für die Habitatqualität der Gräben muss zusätzlich zum Freiwasserkörper der Schlammkörper betrachtet werden, dessen Porenwasser sich erheblich in der Qualität des darüber befindlichen Freiwasserkörpers unterscheiden kann. Gerade für die Krebschere hat der Schlammkörper, in dem sie wurzelt und auf dem aufliegend sie überwintert, einen großen Einfluss.

### **Einflüsse der Wasserqualität auf das Vorkommen der Krebschere**

Der Mittelwertvergleich der gemessenen Parameter von Gräben ohne Krebschere und Gräben mit einer Krebscherendeckung von mindestens 50 Prozent zeigt im August im Hollerland und Niedervieland einen geringeren Sulfatgehalt in Gräben mit Krebscherenvorkommen. Im Niedervieland ist dies auch im November der Fall, allerdings ist der Sulfatgehalt in der Vegetationsperiode der Krebschere, also dem Frühjahr und Sommer, von größerer Relevanz. Diese Ergebnisse deuten auf einen negativen Einfluss hoher Sulfatgehalte auf das Vorkommen der Krebschere hin. Auch niederländische Studien verweisen auf den Sulfatgehalt als Schlüsselvariable bezüglich des Rückgangs der Krebschere. Ein Grund ist der Mechanismus der so genannten internen Eutrophierung, wobei Sulfat freies Eisen immobilisiert und bei geringen Eisenkonzentrationen als Eisenphosphat gebundenes Eisen aus dieser Verbindung löst. Dies führt zur Freisetzung von Phosphat, welches als limitierender Nährstoff das Wachstum von konkurrierenden Pflanzen, wie verschiedener *Lemna*-Arten und Fadenalgen, stark fördert. Die erhöhte Lichtkonkurrenz führt demnach zu einem Rückgang der Krebschere (SMOLDERS et al. 2003). Da in keinem der Untersuchungsgebiete im Freiwasserkörper stark erhöhte Phosphatwerte gemessen wurden und der Gehalt an freiem Eisen überwiegend relativ hoch ist, ist dieser Mechanismus als möglicher Grund für den Rückgang der Krebschere nicht wahrscheinlich. Allerdings kann es unter anaeroben oder eisenarmen Bedingungen im Sedimentporenwasser zur Bildung von toxischem Sulfid kommen (SMOLDERS & ROELOFS 1996). Dies könnte insbesondere in der Winterperiode, in der die Krebschere am Gewässergrund liegt, kritisch für die Art werden (COOK & URMI-KÖNIG 1982). Eine genaue Aussage diesbezüglich kann allerdings nur eine Bestimmung der Sulfidkonzentrationen im Sedimentporenwasser der Gräben zeigen, wozu derzeit zusätzlich zu dem Projekt Untersuchungen begonnen wurden.

Im Hollerland sind im August die freien Eisenkonzentrationen in den Krebscherengräben höher als in denen ohne Krebschere. Dies könnte auf einen lokalen, kurzzeitigen Eisenmangel mit daraus resultierender Sulfidbildung als Grund für das Fehlen der Krebschere in den eisenärmeren Gräben hindeuten. Bisherige Messungen weisen allerdings auf einen erheblich höheren Eisengehalt im Sedimentporenwasser als im freien Wasserkörper hin (HIMLER 2007). Es deutet sich jedoch an, dass die Krebschere Gräben mit höherem Grundwassereinfluss, und somit eisenreicherem Wasser, bevorzugt, was den Ergebnissen niederländischer Studien entspricht (SMOLDERS et al. 2003). Hier wird ebenfalls auf Ammoniumtoxizität hingewiesen. Im Hollerland ist die Ammoniumkonzentration in den Gräben mit über 50 % Krebscherendeckung, im Vergleich mit Gräben ohne Krebschere, niedriger. Allerdings zei-

gen alle drei Untersuchungsgebiete, auch das Werderland mit einem stabilen Krebscherenbestand, ähnliche mittlere Ammoniumkonzentrationen im Freiwasserkörper.

Für die in den drei Untersuchungsgebieten auftretenden Spannbreiten der analysierten Parameter Leitfähigkeit, Sulfat, Chlorid und gelöstes Eisen konnte nicht belegt werden, dass diese das Vorkommen der Krebschere grundsätzlich limitieren bzw. ausschließen. Im Niedervieland und Werderland zeigte ein Vergleich von Gräben mit hoher Krebscherendeckung (ab 90 %) mit der Gesamtheit aller Gräben, in denen die Krebscherendeckung aufgenommen wurde, keine Präferenz von *Stratiotes aloides* für bestimmte Parameterwerte. Lediglich für das Hollerland ließ sich eine Tendenz der Krebschere ausmachen, bei geringem Sulfatgehalt und hohem Gehalt an gelöstem Eisen vermehrt in hohen Deckungswerten (ab 90 %) aufzutreten (Abb. 97: und Abb. 98:). Für das Hollerland bestätigte ein Vergleich der Gewässerparameter von Krebscherengräben (ab 90 % Deckung) und Gräben ohne Krebscherenvorkommen die Präferenz von *Stratiotes aloides* für geringe Sulfatkonzentrationen. Im Mai und Juli 2008 war der Sulfatgehalt in Gräben ohne Krebscherenvorkommen signifikant höher ( $p = 0,01$ ) als in Krebscherengräben. Es zeigte sich jedoch keine Beschränkung der Krebschere auf bestimmte Konzentrationen einzelner Parameter. Hohe *Stratiotes*deckungen von bis zu 100 % traten bei allen Spannweiten der Messwerte auf. Die Qualität des Oberflächenwassers in Bezug auf die Parameter Leitfähigkeit, Sulfat, gelöstes Eisen und Chlorid scheint in den drei Untersuchungsgebieten generell für das Überleben der Krebschere geeignet zu sein, was einen negativen Einfluss durch die Kombination bestimmter Parameter jedoch nicht ausschließt.

Nach niederländischen Studien ist der Rückgang von *Stratiotes aloides* auf multiple Umweltstressfaktoren zurückzuführen. Dabei sind Eisen und Sulfid als limitierende Faktoren im Sedimentporenwasser von Bedeutung, da Eisen durch das Eingehen einer Verbindung mit Sulfid dessen Toxizität schwächen kann (SMOLDERS et al. 2003). Der Sulfatgehalt gilt als Indiz für den Umfang der Sulfidumsetzung, da Sulfat unter anoxischen Bedingungen im Schlammkörper zu Sulfid reduziert wird. Aus diesem Grund wurde neben den Parametern gelöstes Eisen und Sulfat auch das Eisen-Sulfat Verhältnis näher untersucht. Dieses unterschied sich zwischen den Untersuchungsgebieten signifikant und nahm vom Hollerland zum Werderland und Niedervieland deutlich ab. In den drei Untersuchungsgebieten konnte jedoch keine signifikante lineare Korrelation zwischen der Krebscherendichte und dem Verhältnis von Eisen zu Sulfat nachgewiesen werden. Für die drei Gebiete konnte über die Analyse des Oberflächenwassers kein Nachweis über die Auswirkungen von Sulfid und Eisensulfid im Schlammkörper auf das Vorkommen der Krebschere erbracht werden. Aussagen zu dem Sedimentporenwasser können im Rahmen der von der Hochschule durchgeführten Untersuchungen bislang nicht gemacht werden, da für das schlammige Sediment nur vereinzelt Daten zur Verfügung stehen (HIMLER 2007). Bei weiterführenden Untersuchungen sollte daher ein besonderes Augenmerk auf die Qualität des Schlammkörpers in den Gräben gelegt werden, der von den Krebscheren durchwurzelt wird und somit Teil ihres Habitates ist. Entsprechende Untersuchungen wurden durch die Hochschule Bremen begonnen.

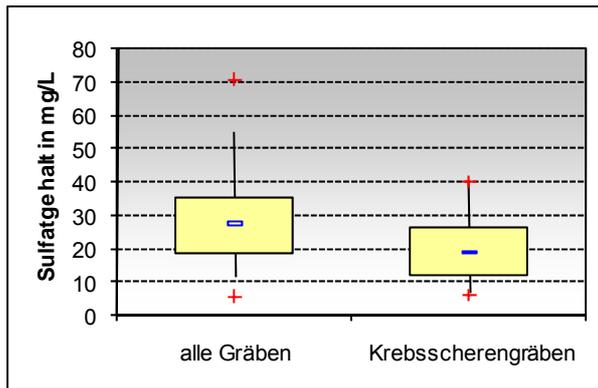


Abb. 97: Sulfatgehalt in allen Gräben und Krebsscherengräben (ab 90 % Deckung der Art) im Hollerland

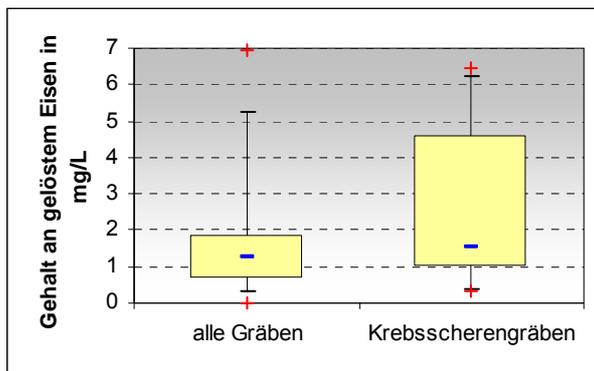


Abb. 98: Gehalt an gelöstem Eisen in allen Gräben und Krebsscherengräben (ab 90 % Deckung der Art) im Hollerland

### Auswirkungen der Managementmaßnahmen auf die Gewässerparameter

Die Auswertung der Messwerte zeigt lediglich punktuell bzw. phasenweise Auswirkungen der Maßnahmen auf die Wasserqualität. Im Hollerland konnte eine Auswirkung der Grabenräumung im Herbst 2007 ausschließlich für den Sulfatgehalt festgestellt werden. Dieser war in geräumten Gräben neun Monate nach der Räumung (Juli 2008) höher als in nicht geräumten Gräben. Bei der Entnahme des Schlammes kann Sulfid in Kontakt mit dem sauerstoffreichen Oberflächenwasser kommen und zu Sulfat oxidiert werden. Dieser Sulfatanstieg hätte jedoch schon im November 2007, einen Monat nach der Grabenräumung, erkennbar sein müssen und nicht erst neun Monate später im Juli 2008. Doch im November 2007 unterschied sich der Sulfatgehalt von nicht geräumten zu geräumten Gräben nicht. Der sommerliche Sulfatanstieg lässt sich vermutlich dadurch erklären, dass fast ausschließlich Gräben mit einer geringen Krebsscherendeckung geräumt wurden und diese, wie im vorherigen Abschnitt „Einflüsse der Wasserqualität auf das Vorkommen der Krebsschere“ erläutert wurde, ohnehin im Sommer höhere Sulfatkonzentrationen aufwiesen. Des Weiteren ließ sich für das Niedervieland und Werderland keine Veränderung der Gewässerparameter Leitfähigkeit, Sulfat, Chlorid und gelöstes Eisen durch die Grabenräumung nachweisen. Im Hollerland konnte keine Verringerung der Nährstoffe Sulfat, Phosphat, Nitrat und Ammonium durch die Röhrichtklärstrecken belegt werden. Hierbei ist zu beachten, dass im Hollerland nur drei Röhrichtklärstrecken mit jeweils zwei Untersuchungspunkten zu Beginn und am Ende dieser

vorliegen, so dass die Nützlichkeit der Röhrichtklärstrecke für das Grabensystem bei dem niedrigen Stichprobenumfang schwer zu beurteilen ist.

#### **5.4.1.4 Zusammenfassung der Ergebnisse zur Gewässerqualität**

Insgesamt ist für die Qualität des Oberflächenwassers der als meso- bis eutroph einzustufenden Gräben der drei Untersuchungsgebiete eine im Mittel gute, durch überwiegend geringe bis mäßige Nährstoffbelastung geprägte Situation festgestellt worden. Dies schließt eine punktuelle oder zeitlich begrenzte stärkere Belastung, belegt durch punktuelle Messwerte, nicht aus.

Für die jeweiligen Untersuchungsgebiete wurde sowohl im jahreszeitlichen Verlauf als auch räumlich verteilt eine große Spannbreite der physikalisch-chemischen Parameter ermittelt, welche die unterschiedlichen Einflüsse von Niederschlagswasser, Oberflächen- und Grundwasser sowie Zuwässerungswasser auf den Grabenwasserkörper widerspiegelt.

Auswirkungen der Managementmaßnahmen auf die Wasserqualität sind für die „Wassermaßnahmen“ Einrichtung von Klärstecken und Zufuhr von Grundwasser bereits im Abschnitt 5.3. dargestellt. In Verbindung mit den Räumungsmaßnahmen konnten keine nachhaltigen Veränderungen der gemessenen Wasserqualitäten festgestellt werden.

Innerhalb der in den drei Untersuchungsgebieten auftretenden Spannbreiten der analysierten physikalisch-chemischen Parameter wurde an den Messstellen eine Besiedlung mit *Stratiotes aloides* festgestellt. Hieraus lässt sich schließen, dass das Vorkommen der Krebschere bei den gegebenen Wasserqualitäten im Oberflächenwasser grundsätzlich möglich ist. Es kann somit davon ausgegangen werden, dass die auftretenden Konzentrationen der Einzelparameter nicht limitierend für die Art sind.

#### **5.4.2 Wirkungskontrolle: Erfassung der morphologischen Gewässerparameter**

##### **5.4.2.1 Zielsetzung**

Durch die Grabenräumungen wird Schlamm und Grabenvegetation entfernt und ein offener Graben mit ausreichend Wuchsraum für die Krebschere und andere Pflanzenarten erzeugt. Durch den Mähkorb oder den Grabenlöffel kann dabei auch die Grabenmorphologie bzw. der Grabenquerschnitt mehr oder weniger stark verändert werden. Der Erhalt des typischen Kastenprofils ist im Rahmen der Gewässerunterhaltung vorgegeben. Durch die Erfassung der morphologischen Gewässerparameter soll dieser Effekt der Grabenräumung auf die Krebscherebestände nachvollzogen werden. Weitere für die Krebschere wichtige Standortparameter (s. u.) ergänzen die Analyse.

##### **5.4.2.2 Durchführung**

In 2007 vor der Räumung sowie 2008 und 2009 zu den vegetationskundlichen Sommeruntersuchungen wurden an allen Probestrecken in allen drei Gebieten folgende Parameter erfasst: Grabenbreite (Wasserbereich), Biotoptypen der Uferzonen mit ihren Beschattungsef-

fekten, Wassertiefe über Sediment und Sedimenttiefe (in der Grabenmitte). Die Erfassung steht in direkter Abhängigkeit von der Stauhaltung und dem jeweiligen Witterungsverlauf. Ein Bezug zu den konkreten Stauhaltungszielen konnte bei der weiträumigen Verteilung der Probestellen nicht hergestellt werden. Die Ermittlung der Sedimentmächtigkeit erfolgte nach den Sichtbedingungen mit einfacher Stabpeilung.

#### 5.4.2.3 Ergebnisse

Die Erfassung der morphologischen Gewässerparameter (Tab. 21) ergab, dass die Grabenmorphologie durch die Räumung durchschnittlich kaum verändert wird. Im Werderland und Niedervieland wurden die vorhandenen Kastenprofile, mit steilen bzw. fast senkrechten Seitenwänden wiederhergestellt. Im Hollerland entstehen durch den weicheren Niedermoorboden halbrunde Wannensprofile, die in der Form dem Mähkorb folgen. Die Erprobungsmaßnahmen haben nur unwesentlichen Einfluss auf die Grabenbreite und -tiefe (< 10 cm); die Gräben im Hollerland sind ca. 0,4 m breiter als in den Flussmarschengebieten Werderland und Niedervieland.

Bei der Wassertiefe wurden im Hollerland die geringsten sommerlichen Schwankungen festgestellt; hier zeigte das Niedervieland in den Jahren 2008 und 2009 besonders niedrige Wasserstände (< 30 cm) bis hin zu annäherndem Trockenfallen einzelner Gräben und Probestrecken. Der freie Wasserkörper ist im Niedervieland in allen Jahren am geringsten. Nach GROENHART (1980) liegen optimale Wasserstände für emerse Krebscheren-Bestände zwischen 50 und 60 cm. In allen Gebieten ergeben sich in dieser Hinsicht negative Abweichungen. Die (wechselhaften) hydrologischen Voraussetzungen waren im Niedervieland im Projektzeitraum – und vermutlich auch in den Vorjahren – für die Krebschere häufiger pessimal.

Hinsichtlich der mit einfacher Stabpeilung feststellbaren Sedimentmächtigkeiten sind im Werderland um ca. 10 cm geringere mächtige Schlammkörper ausgebildet als im Hollerland und Niedervieland. Ungeachtet von Räumungen sind im Werderland die Sedimentschichten um ca. 8 cm in zwei Jahren angewachsen. Auch in Hollerland und Niedervieland war die durchschnittliche Substratmächtigkeit zum Ende der Untersuchungen wieder höher als in der Ausgangssituation 2007. Im Werderland kann bei der Räumung optimaler Krebscheren-Gräben offenkundig nicht mehr Schlammmenge entfernt werden, als nach Ausfällen von Trübstoffen, Ablagerung organischer Substrate und Nachlieferung von breiigen Substraten aus dem festen Untergrund innerhalb eines Jahres vor Ort neu entsteht. Im Hollerland scheint besonders das Einschwemmen torfiger Schwebstoffe aus den Seitenräumen des Grabens eine Rolle zu spielen – es entsteht schnell neuer Schlamm. In allen Fällen können mit der einfachen Stabpeilung nur kurzzeitige Effekte durch den Schlammaustrag bei der Räumung gemessen werden. Um den Aufbau und die Veränderung des Sedimentkörpers zu erfassen, sind weiterführende und aufwändigere Probennahmen notwendig, die im Rahmen des Projekts nicht durchgeführt werden konnten.

Tab. 21: Durchschnittliche Grabenbreite, Gewässer- und Sedimenttiefe an untersuchten Graben-Probestrecken im Hollerland (HL), Werderland (WL) und Niedervieland (NV).

Gebiet	Breite [dm]			Wassertiefe [cm]			Substrattiefe [cm]		
	2007	2008	2009	2007	2008	2009	2007	2008	2009
HL (n=50)	2,0	2,1	2,1	38,8	37,9	35,0	34,4	34,8	42,9
WL (n=29)	1,6	1,7	1,7	46,0	38,3	41,7	22,0	27,8	30,8
NV (n=27)	1,6	1,7	1,7	32,9	25,0	22,5	37,4	33,1	38,8

Durch die Grabenräumung sind große Veränderungen an der Grabenmorphologie ausgeblieben. Beschattungseffekte durch die Ufervegetation mit negativen Wirkungen auf Krebschere lassen sich aus den Erhebungen nicht ableiten. Zu berücksichtigen ist dabei, dass hochwüchsige Schilfbestände an den Be- und Entwässerungsgräben selten vorkommen und auch nicht von Räumungen profitieren. Der Grabenaushub hatte auf die Grabenmorphologie keinen Einfluss, da im Rahmen der Untersuchungen weitestgehend oder vollständig verlandete Gräben nicht mit in die Untersuchungen einbezogen wurden und die Aushubmengen die Ufer nur flach abdeckten.

#### 5.4.2.4 Zusammenfassung der Ergebnisse zu den morphologischen Gewässerparametern

Im Werderland sind die im Vergleich tiefsten und schlammärmsten Gräben zu finden. Das Niedervieland hat die flachsten Gräben und das Hollerland die breitesten und vergleichsweise schlammreichsten Gräben. Für das Niedervieland und das Hollerland besteht dadurch bei ungünstigem Witterungsverlauf die Gefahr des Trockenfallens. Die Räummaßnahmen verändern das Grabenprofil nur unwesentlich.

#### 5.4.3 Analyse externer Daten zur Gewässer- und Grundwasserqualität

##### 5.4.3.1 Zielsetzung

Der Hauptgrund für die Initiierung des Forschungs- und Kooperationsvorhabens war die Beobachtung des Rückgangs der Krebschere in den Gebieten Hollerland und Niedervieland bei gleichzeitigen bzw. vermuteten Veränderungen im gebietsspezifischen Wasserhaushalt. Um die Veränderungen im Wasserhaushalt identifizieren und Bezüge und Kausalitäten zum Krebschere rückgang herstellen zu können, ist eine detaillierte Analyse der verfügbaren Daten zum Wasserhaushalt, auch aus weiter zurück liegenden Zeiten, sinnvoll.

Die Auswertung der Hydrologiedaten fokussiert sich auf Vorkommnisse und Wasserqualitäten, die sich günstig oder ungünstig auf die Krebschere mit ihren spezifischen Standortansprüchen auswirken können. Dazu gehören Trockenfallereignisse, vor allem in der Vegetationsperiode, die Salz- und Carbonatversorgung mit der Leitfähigkeit als Leit-Parameter, und die Verhältnisse bezüglich Sulfat und Eisen, die bei hohen Werten eher günstig sind, sowie

von Nitrat, Ammonium und Phosphat, die bei hohen Werten eher ungünstig auf die Krebschere wirken.

#### 5.4.3.2 Durchführung

Zu den Wasserhaushaltsdaten zählen Daten der in den Gebieten vorhandenen Grundwassermessstellen, der Grabenwasserstandspegel, Angaben zur Zuwässerungen aus Wümme, Ochtum und Lesum sowie zur Wasserqualität an den Gewässergütemessstellen. Hierzu ist 2007/2008 eine Recherche bei bremischen Dienststellen (SUBVE, DVR, DVL, HANEG) bzw. im Internet (Gewässerüberwachungsnetz Niedersachsen) durchgeführt worden. Zusätzlich sind die Niederschlagsdaten für Bremen vom Deutschen Wetterdienst (DWD) berücksichtigt. (s. Tab. 22). Hinzugekommen sind 2008 weitere Daten aus Messstellen zur Überwachung der Baggergutdeponie im Niedervieland. Alle Daten wurden zur Auswertung in das Tabellenkalkulationsprogramm Excel überführt und grafisch aufbereitet.

Für die Auswertung des Wasserhaushalts standen die in Tab. 22 zusammengestellten Daten zur Verfügung. Die Lage der Messstellen ist in den **Karte 24 bis Karte 26** dokumentiert.

Tab. 22: Liste der verfügbaren Datensätze zum Wasserhaushalt.

Erläuterung der Quellen: SUBVE = Senator für Umwelt, Bau, Verkehr und Europa; DVR = Bremischer Deichverband am rechten Weserufer; Haneg = Hanseatische Naturentwicklung GmbH; C-Bericht = EG-WRRL C-Bericht 24 (Wümme) und 23 (Weser/Ochtum); GÜN = Gewässerüberwachungsnetz Niedersachsen; DWD = Deutscher Wetterdienst

Parameter:	Gebiet: Hollerland			Gebiet: Niedervieland			Gebiet: Werderland			Quelle	Daten verfügbar ab
	Probegebiet	außerhalb	Wümme	Probegebiet	Außerhalb	Ochtum	Probegebiet	außerhalb	Lesum		
Grundwasserpegel	2	4	-	4	1	-	1	2	-	SUBVE	1975/1974/1981
Zuwässerung	1	-	-	-	-	-	-	-	-	DVR	1999
Grabenpegel	-	-	-	4	2	-	5	-	-	Haneg	2003/2005
Wasserqualität	1	5	4	6	2	-	4	-	1	SUBVE	1995
Oberflächen- gewässer	-	-	2	-	-	1	-	-	1	C-Bericht	2002-2005
	-	-	2	-	-	2	-	-	2	GÜN	1985
Wasserqualität Grundwasser	-	1	-	2	-	-	1	-	-	SUBVE	1997
Niederschläge	Bremer Flughafen, für alle Gebiete									DWD	1890

#### 5.4.3.3 Ergebnisse

##### Wetterbedingungen im Untersuchungszeitraum 2007-2009

Die Wetterbedingungen, also Temperaturen und Niederschläge, spielen eine wichtige Rolle im Wasserhaushalt der Gräben, bestimmen sie doch die Wassernachlieferung und die mehr oder weniger starke Wasserabnahme im Grabensystem durch hohe Verdunstungsraten bei hohen Temperaturen. Auch die Zuleitungsmengen regeln sich mehr oder weniger direkt durch dieses natürliche Wasserhaushaltsgeschehen. Die Wetterverhältnisse in Bremen sind

für die Untersuchungsjahre in einem Klimadiagramm nach Walter & Lieth dargestellt (Abb. 99).

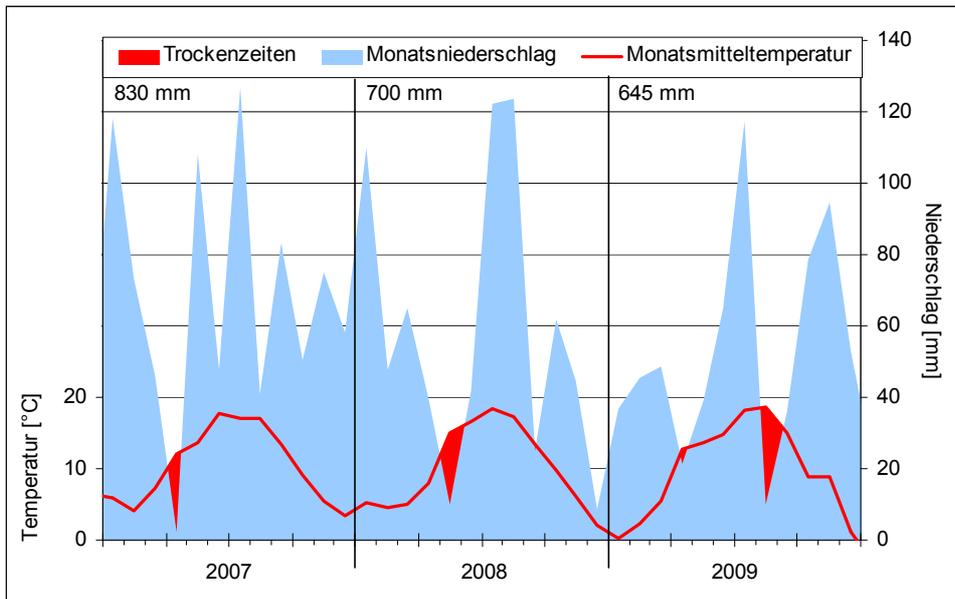


Abb. 99: Klimadiagramm für Bremen im Untersuchungszeitraum 2007-2009.

Quelle: Wetterdaten des DWD für Station 10224 Bremen-Flughafen ([www.dwd.de](http://www.dwd.de)).

Erläuterung: Klimadiagramm nach Walter & Lieth 1967. Dargestellt sind die mittlere Monatstemperatur (rote Linie) und die monatlichen Niederschlagsmengen in mm (blaue Fläche), im Verhältnis 1:2 aufgetragen. Die blauen Flächen über der Temperaturkurve ergeben so den Wasserüberschuss, die unter der Temperaturkurve das von der Vegetation verbrauchte Wasser. Sinkt die Niederschlagskurve unter die Temperaturkurve, ergibt sich ein Wasserdefizit für die Vegetation (Trockenzeiten, rote Flächen).

Die Jahresmitteltemperatur lag in jedem der 3 Jahre mehr als 1°C höher als im langjährigen Mittel (1961-1990 = 8,8°C), 2007 sogar fast 2°C. Auch die Niederschlagsmenge war 2007 mit 830 mm um 136 l/m<sup>2</sup> höher als im langjährigen Mittel (=694 mm). In 2008 fiel dann etwa diese Menge an Regen, während 2009 ein Defizit von 50 l/m<sup>2</sup> aufwies. In jedem der 3 Jahre kam es im Frühjahr zu einer unterschiedlich langen Trockenperiode mit Niederschlagsdefizit, 2007 im gesamten April, 2008 im gesamten Mai und 2009 in der ersten Aprilhälfte. Im August und September 2009 ereignete sich zudem eine ca. 2-monatige Trockenperiode. Vor allem die Sommertrockenperioden können nachteilige Auswirkungen auf Krebscherebestände haben, wenn dadurch Gräben trocken fallen. Mit dem tendenziellen Temperaturanstieg sind Verschiebungen im Konkurrenzgefüge und in den chemischen Kreisläufen und Abbau- oder Akkumulationsraten der aquatischen Systeme zu erwarten.

### Hollerland: Zuwässerung

Mit der Einleitung von gebietsfremden Wasser besteht immer die Gefahr, die Standortbedingungen für Wasserpflanzen nachhaltig zu verändern. Wurde der Wasserkörper vorher in der Hauptsache durch Niederschläge und zuströmendes salzreiches Grundwasser gespeist, so kann die Wasserchemie des Grabensystems durch das zufließende Flusswasser nachteilig

verändert werden durch höhere Stickstoff-, Phosphor- und Sulfatfrachten direkt und durch die Unterbindung des Salzwasseraufstiegs durch die größere Süßwasserauflast indirekt. Beide Einflüsse sind umso stärker in ihren Auswirkungen, je mehr und häufiger Flusswasser zugewässert wird.

Die Zuwässerung von Wümmewasser ins Hollerland erfolgt über das Kuhweidesiel bei Tidehochwasser über einen sog. Schönungsteich und von dort über ein nicht regelbares Einlassbauwerk in das Deichfleet im Hollerland und verteilt sich von dort gemäß der Darstellung in **Karte 2**. Das Kuhweidesiel wird geöffnet, wenn am Pegel beim Stau Schelenkampsfleet/Kuhgraben ein Pegelstand von 55 cm ü. NN unterschritten wird, und schließt sich bei einem Wasserstand von 65 cm ü. NN. Diese Steuerung ist automatisiert über einen Computer beim Bremischen Deichverband am rechten Weserufer. Der Verlauf des Pegelstands und der errechneten Zuwässerungsmengen sind in Abb. 100 dokumentiert, die Jahreszuwässerungsmengen in Tab. 23.

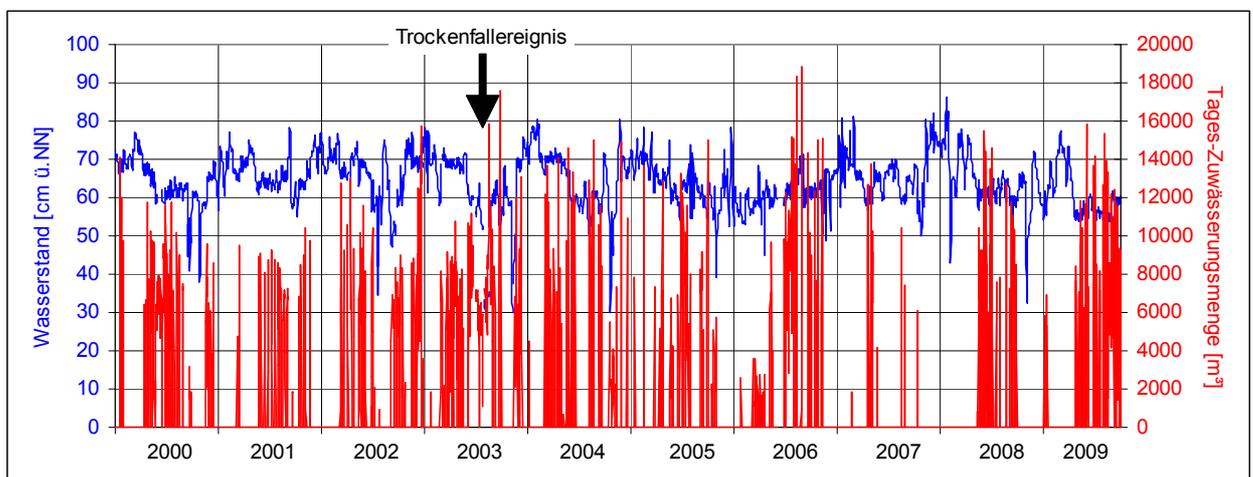


Abb. 100: Wasserstandsverlauf im Schelenkampsfleet am Stau zum Kuhgraben (blaue Kurve, Tagesmittel, linke Skala, in cm ü. NN) und Zuwässerungsmengen (rote Kurve, Tagessummen, rechte Skala, in cbm) aus der Wümm ins Hollerland.

Bereits im ersten (Halb-)Jahr 1999 wurde der Gesamtwasserkörper der Gräben des Hollerlandes von ca. 250.000 cbm mit einer Jahreszuwässerungssumme von über 600.000 cbm rechnerisch mehr als zweimal durch Wümmewasser ersetzt (s. Tab. 23). Diese Tendenz setzte sich in den meisten Folgejahren fort, lediglich in 2001, 2005 und vor allem 2007 lagen die Jahressummen niedriger. Veränderungen in der Artenzusammensetzung der Gräben waren zu erwarten und wurden auch beobachtet, so vor allem der Rückgang der Laichkrautbestände und auch Veränderungen in den Krebscherenbeständen. Im Jahr 2003 wurde mit einer Jahreszuwässerungsmenge von über 1.000.000 cbm der Wasserkörper des Hollerlands rechnerisch viermal ersetzt. Dies ist die Folge des trockenen Sommers, in dem einzelne Hollerlandgräben für einige Tage trocken gefallen waren und innerhalb eines Monats (August) der gesamte Wasserkörper (theoretisch) mit Wümmewasser erneuert wurde (vgl. Abb. 100). Starke Auswirkungen auf die Krebscherenbestände waren zu erwarten. Ins darauf folgende Jahr fällt dann der starke Rückgang der Krebscherenbestände.

Tab. 23: Jahreszuwässerungsmengen ins Hollerland

Jahr	Kubikmeter
1999	632,920
2000	677,784
2001	335,855
2002	640,529
2003	1,037,441
2004	582,345
2005	411,722
2006	535,754
2007	121,265
2008	419,529
2009	608,355

### Hollerland: Grundwasserstände

Für die Beschreibung des Grundwasserstandverlaufs im Hollerland wird die Grundwassermessstelle 122 herausgegriffen, die im tiefstgelegenen Bereich im Südwesten des Untersuchungsgebiets liegt (s. **Karte 24**). Die Grundwasserstände liegen bis 1986 etwa bei 0,4 m ü. NN, um dann nach Anhebung der Grabenwasserstände ab 1987 auf ca. 0,6 m ü. NN steigen. Dieser hohe Stand fiel parallel mit der Absenkung der Grabenwasserstände ab 1996 wieder auf ca. 45 cm ü. NN und steigt nur in regenreichen Jahren wieder an (vgl. Abb. 101).

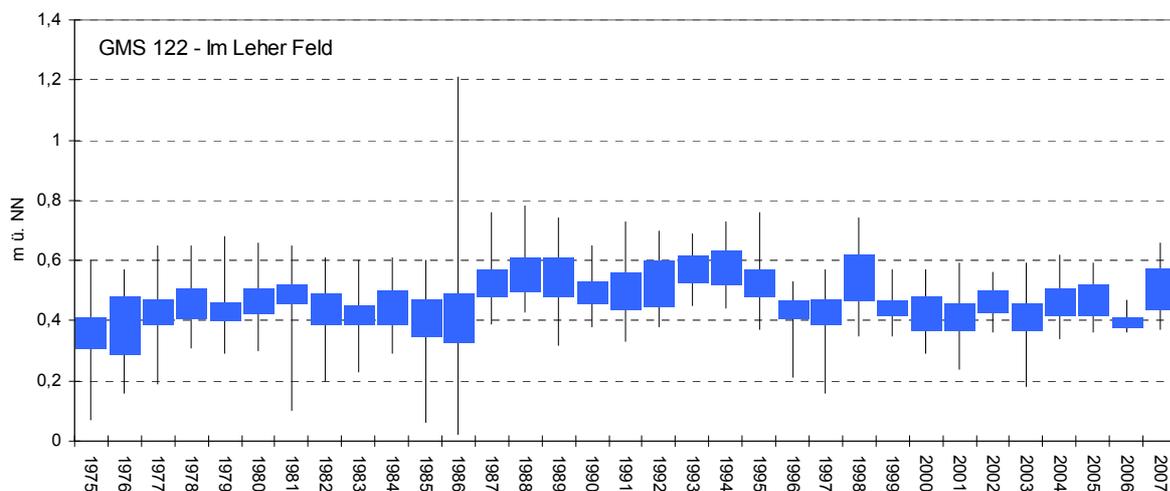


Abb. 101: Verlauf des Grundwasserpegels in der Grundwassermessstelle im Südwesten des Hollerlands.

Erläuterung der Box-Whisker-Grafiken: 50 % der Werte befinden sich innerhalb der blauen Box, die Whisker geben die jeweilige 25 %-Streubreite nach oben und unten an.

Von entscheidendem Einfluss auf die Krebscherebestände sind Trockenfallereignisse der Gräben. Nimmt man den Grundwasserstand des Jahres 2003 als Maßstab dafür, so stellt die 0,25 m-Linie etwa die Trockenfallgrenze dar. Demnach war es in den Jahren (mit 12 Tagen im August) zwischen 1975 und 2002 vermutlich 11-mal zu Trockenfallereignissen gekommen zu sein (Abb. 102).

Alle Trockenfallperioden mit Ausnahme von 2003 liegen in den Winter- (9 davon) oder Herbstmonaten (2 davon). Diese niedrigen Wasserstände scheinen den Krebscherenbeständen nicht geschadet zu haben, vermutlich weil die Pflanzen in diesen Zeiten in der Winterruhe auf dem Gewässergrund liegen oder gerade absinken (im November). Das Sommerereignis in 2003 hingegen dürfte die Krebscheren, die sich zu der Zeit in ihrer Hauptwachstumsphase (Ausbildung der Ableger und Turionen sowie der Samenstände) befinden, stark geschädigt haben. Auch das herbstliche Trockenfallen im Oktober 1985 könnte Auswirkungen auf die Krebscheren gehabt haben.

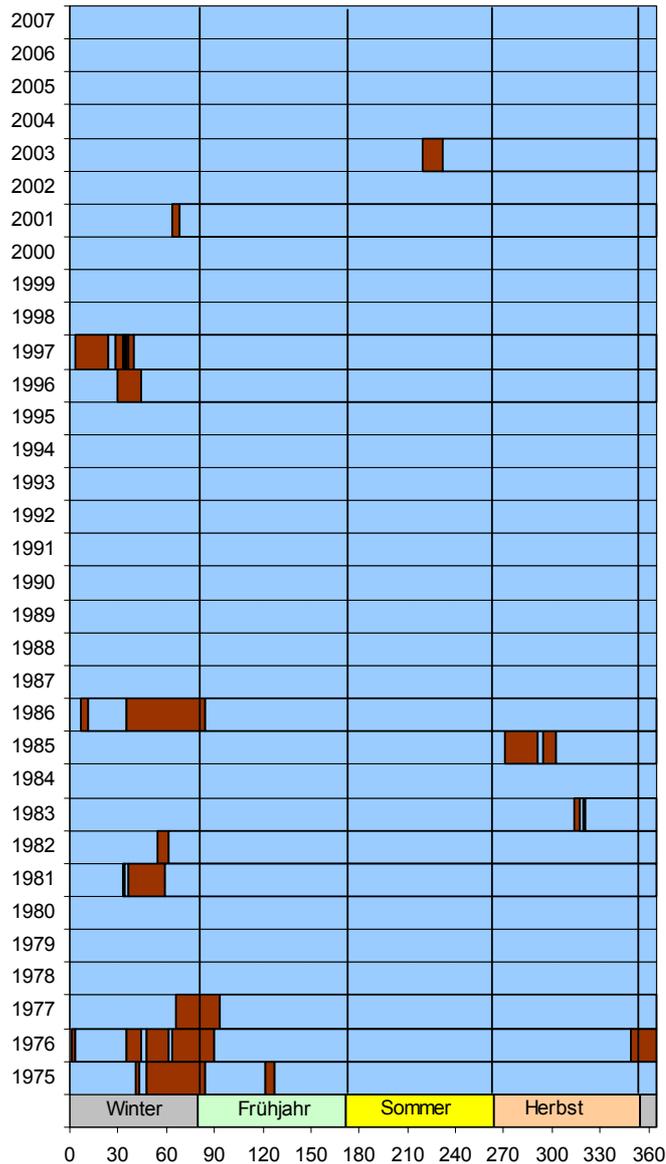


Abb. 102: Verteilung der angenommenen Trockenfallperioden im Hollerland (GWS <0,25 m ü. NN) in den Jahren 1975 bis 2007.

## Hollerland: Gewässergüte Oberflächengewässer

Von den Gewässergüte-Messstellen liegt nur die im Schelenkampsfleet in der Nähe des Jan-Reiners-Weges im Untersuchungsgebiet. Für die Beschreibung wurden die drei für die Krebschere möglicherweise wichtigen Parameter Eisengehalt, Leitfähigkeit und gelöster organischer Kohlenstoff herausgegriffen.

Aufgrund der nur einmal im Jahr zu unterschiedlichen Jahreszeiten erfolgten Messungen sind die nachfolgenden Ergebnisse nur eingeschränkt gültig. Sie dienen daher nur als Hintergrundinformationen zu den im Rahmen des Vorhabens direkt erfassten Messreihen.

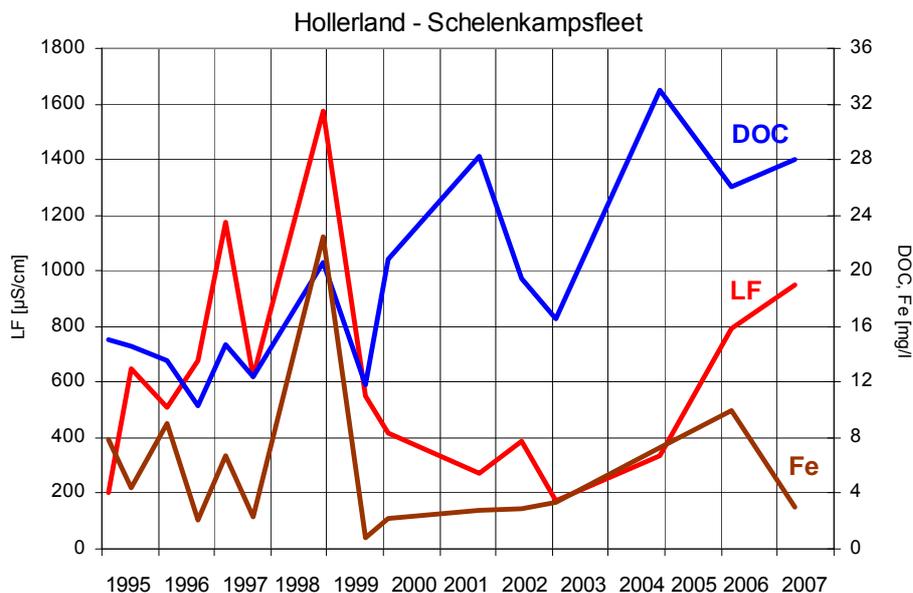


Abb. 103: Entwicklung der Gewässergüte-Parameter Eisen (Fe), Leitfähigkeit (LF) und gelöster organischer Kohlenstoff (DOC) an der Messstelle Schelenkampsfleet im Hollerland in den Jahren 1995 bis 2007.

Die Leitfähigkeit zeigt bis 1998 eine ansteigende Tendenz in den Salzwasserbereich ( $>1000 \mu\text{S}/\text{cm}$ ), die dann 1999 – nach Inbetriebnahme der Zuwässerung aus der Wümmе – stark abfällt und erst 2006 und 2007 wieder höhere Werte aufweist. Geht man davon aus, dass die Krebschere höhere Leitfähigkeiten bevorzugt oder sogar benötigt, so sind die Verhältnisse ab 1999 als ungünstig zu bezeichnen.

Der Verlauf des Eisengehalts zeigt eher eine gleich bleibend schwankende Tendenz, sieht man von der Spitze 1998 ab. Der Vergleich der Verläufe von Fe und LF zeigt aber auch, dass es einen Zusammenhang zwischen den beiden Faktoren gibt. Dieser weist darauf hin, dass beide weitgehend aus derselben Quelle stammen müssen – vermutlich aus dem Grundwasser. Dies könnte bedeuten, dass sich die Zuwässerung auf den Grundwasseraufstieg im Hollerland dämpfend ausgewirkt hat. Erst in den letzten Jahren zeigt sich mit der Rücknahme der Zuwässerungsmengen eine Erholung der Werte.

Der Verlauf der Werte des gelösten organischen Kohlenstoffs (DOC) weist eindeutig auf die Quelle „Wümme“ hin. Bewegt sich der DOC bis 1998 auf einem normalen Niveau (im Vergleich mit den anderen verfügbaren Daten, z.B. bei 12 mg/l im Grundwasser), so steigt mit der Zuwässerung der Wert im Schelenkampsfleet kontinuierlich an und weist mittlerweile den höchsten Wert aller verfügbaren Gewässerdaten in allen Gebieten auf. Hohe Gehalte an organischem Kohlenstoff deuten auf ein erhöhtes Wachstum frei schwebender Algen (Plankton) im Gewässer hin. Diese Algen können sich durchaus schädigend auf die Krebschere auswirken. Dieser Vorgang soll in einer späteren Analyse weiter beleuchtet werden.

### Hollerland: Gewässergüte Grundwasser

Auf Grund eines vermuteten Messfehlers bei den ersten drei Leitfähigkeitswerten (Chlorid- und Leitfähigkeitswerte passen nicht zusammen) aus den Jahren 1997 bis 1999 kann eine eindeutige Auswirkung der Zuwässerung auf das Grundwasser nicht abgeleitet werden (vgl. Abb. 104). Erschwert wird die Interpretation zudem aufgrund der Lage der Messstelle östlich des Untersuchungsgebietes und der Grundwasserstrom fließt i. d. R. von dort in westlicher Richtung ins Gebiet.

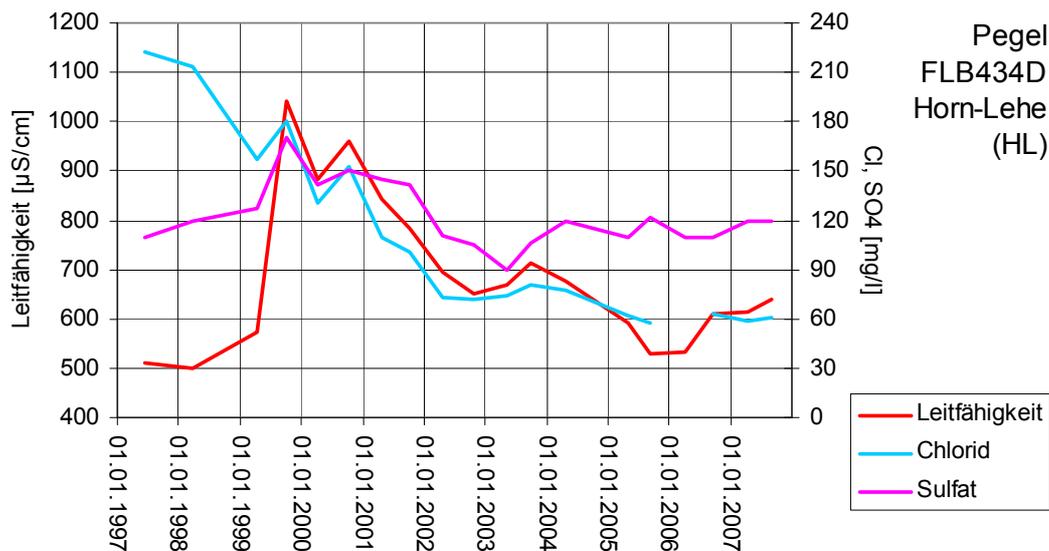


Abb. 104: Verlauf der Parameter Leitfähigkeit, Chlorid (Cl) und Sulfat (SO<sub>4</sub>) im Grundwasser des Hollerlands (Messstelle FLB434D) in den Jahren 1997 bis 2007.

Die ersten drei niedrigen Leitfähigkeitswerte sind im Vergleich zum Chlorid und den Parametern der Abb. 105 unwahrscheinlich und vermutlich ein Messfehler.

Der Sulfatgehalt der in Abb. 104 dargestellten Messpunkte zeigt einen Verlauf auf relativ hohem Niveau über 100 mg/l und relativ unabhängig vom Verhalten der Salze (Abb. 105). Es ist daher von einem Sulfateintrag aus dem Grundwasser sowie auch aus weiteren Quellen auszugehen. Die Vegetationsanalyse zeigt, dass Sulfat eher negativ auf das Vorkommen der Krebschere wirkt. Auch das Hydrogencarbonat und das Kalium erscheinen zunächst unabhängig von den Salzfrachten zu sein. Diese Mechanismen im Zusammenwirken mit dem Sulfat und auch dem Eisen sowie den Salzionen (Abb. 105) müssen noch weiter analysiert wer-

den. Im Vergleich mit der Leitfähigkeit im Oberflächenwasser (Abb. 103) zeigt sich eine gewisse Übereinstimmung im Verlauf. Von daher kann wahrscheinlich von einer Salznachlieferung aus dem Grundwasser im Hollerland ausgegangen werden.

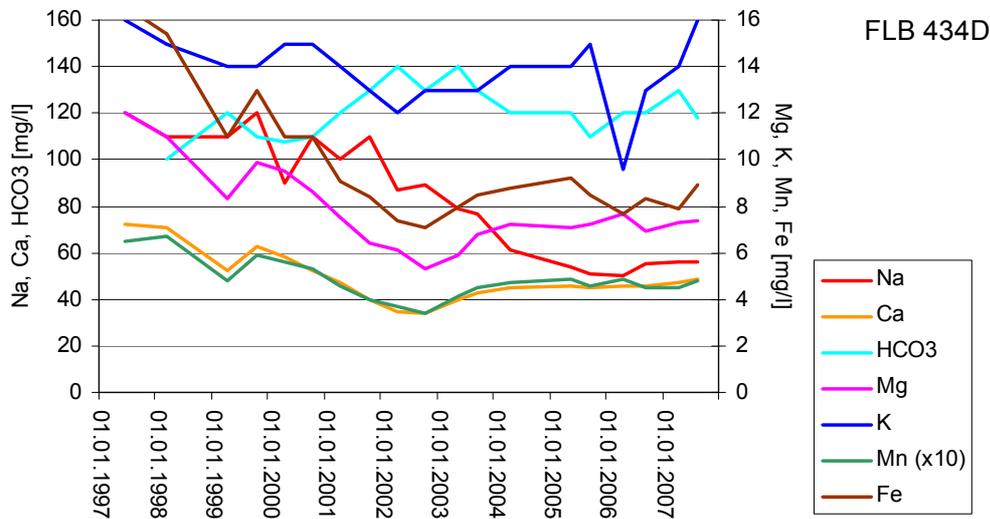


Abb. 105: Verlauf der Messparameter Natrium (Na), Calcium (Ca), Hydrogencarbonat (HCO<sub>3</sub>) (alle linke Skala), Magnesium (Mg), Kalium (K), Mangan (Mn) und Eisen (Fe) (alle rechte Skala) im Grundwasser des Hollerlandes (Messstelle FLB 434D).

### Hollerland: Gewässergüte Wümme (Zuwässerungsquelle)

Die Gewässergüte-Messdaten der Wümme an der Messstelle Kuhsiel, also in direkter Nähe der Zuwässerung, liegen seit 1995 vor und zeigen eine Zunahme des Eisengehalts, zeigen eher gleich bleibende Nitratgehalte. Nach 1999 steigen die Ammoniumgehalte leicht an und die Phosphatgehalte leicht ab. Sulfat wurde nicht gemessen.

Aus den Daten ist kein nachteiliger Einfluss auf die Wasserqualität im Hollerland abzulesen. Am ehesten könnte von einer Phosphatarmut gesprochen werden, die das Wachstum der Krebschere limitieren könnte, sofern nicht noch andere Phosphorquellen im Gebiet bestehen. Hierzu werden weitere Auswertungen, insbesondere in Verbindung mit den im Vorhaben selbst erhobenen Daten, vorgenommen.

Im Vergleich zu den anderen Zuwässerungsquellen (Ochtum und Lesum) zeigt die Wümme die geringsten Leitfähigkeiten und die höchsten DOC- und Ammonium-Gehalte (Abb. 106). Nitrat, Phosphat und Eisen liegen im Bereich zwischen Ochtum und Lesum. Die geringe Leitfähigkeit und die relativ hohen Ammonium- und DOC-Gehalten weisen auf eine Entwicklung zu eher ungünstigen Verhältnissen in der Wasserchemie des Hollerlandes hin.

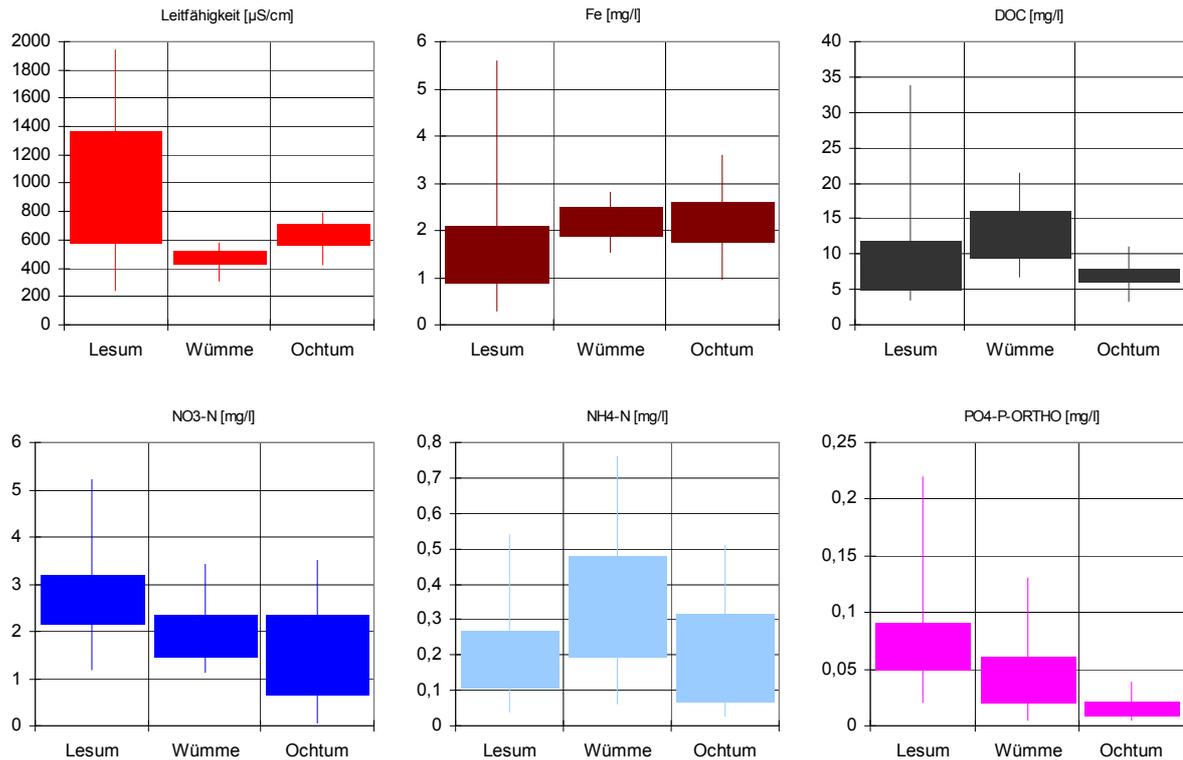


Abb. 106: Messergebnisse im Vergleich der 6 Hauptfaktoren Leitfähigkeit (LF, rot), Eisen (Fe, braun), DOC (schwarz), Nitrat (NO<sub>3</sub>-N, blau), Ammonium (NH<sub>4</sub>-N, hellblau) und Phosphat (PO<sub>4</sub>-P-ORTHO, violett) in den Zuwässerungsquellen Lesum (Sperrwerk, Daten 1995-2007), Wümme (Kuhziel, Daten 1995-2007) und Ochtum (Köhlerbrücke, Daten 2000-2008).

### Niedervieland: Grundwasserstände

Für die Beschreibung des Grundwasserstandverlaufs im Niedervieland wird die Grundwassermessstelle an der Weißenfeldstraße (GMS 63) zur weiteren Beschreibung herausgegriffen (s. **Karte 25**). Die Grundwasserstände bewegen sich relativ konstant zwischen 0,8 und 1,0 m ü. NN und erreichen nur zwischen 1994 und 2000 höhere Mittelwerte über 1,1 m ü. NN (Abb. 107). Der Bau des Ochtum-Sperrwerks 1971/72 macht sich im Grundwasserstandverlauf nicht bemerkbar. Die Ursache für die Extremwerte 1966 und 1967 ist unklar.

Geht man von 0,5 m ü. NN als Wasserstandsgrenze im Niedervieland aus, so ist nur 1966 ein sommerliches (64-tägiges) Trockenfallereignis aufgetreten. Dies war ein sicheres Negativereignis für die Krebschere. Beobachtungen aus der Zeit liegen nicht vor, auch die Ursache ist bisher unklar. Insgesamt zeigen die Grundwasserstände im Niedervieland ab 1968 eine günstige und gleich bleibende Wasserversorgung für die Krebschere an.

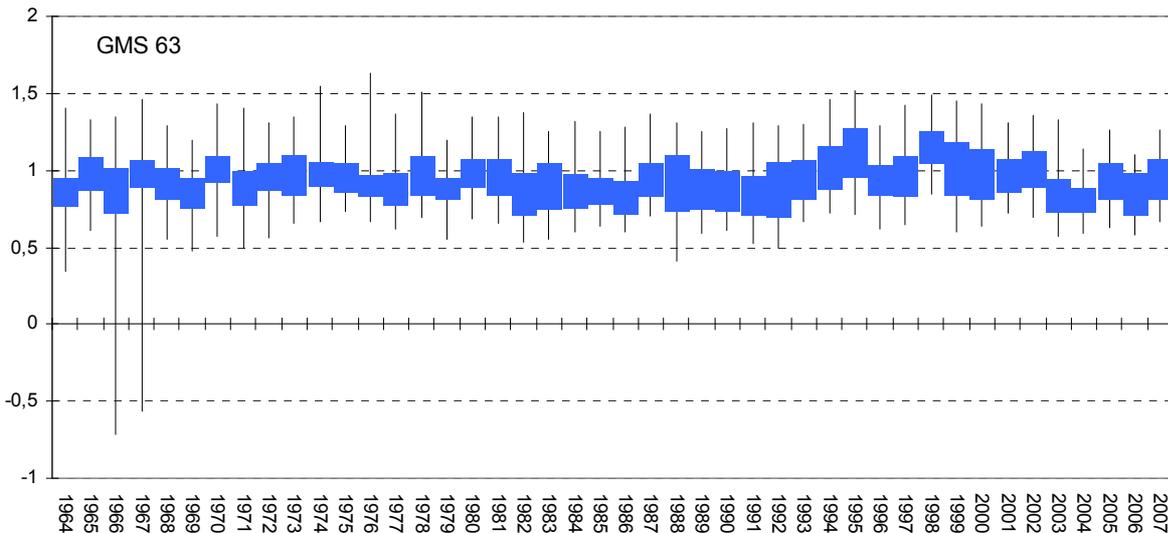


Abb. 107: Verlauf der Grundwasserstände [m ü. NN] an der Messstelle 63 Weißenfeldstraße zw. 1964 und 2007.

### Niedervieland: Gewässergüte Oberflächengewässer

Die Messstelle Reepenfleet befindet sich im Zentrum des Untersuchungsgebiets Niedervieland und wird daher für die Beschreibung des Zustands des Grabenwassers herangezogen.

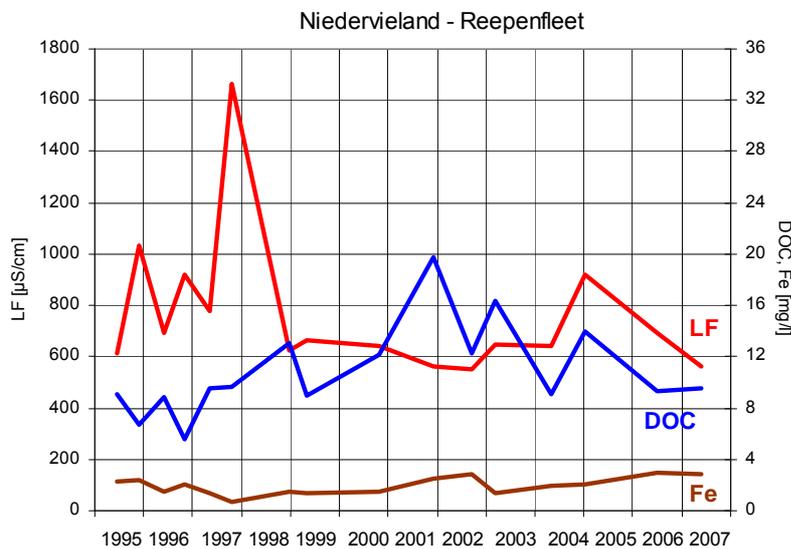


Abb. 108: Entwicklung der Gewässergüte-Parameter Eisen (Fe), Leitfähigkeit (LF) und gelöster organischer Kohlenstoff (DOC) an der Messstelle Reepenfleet im Niedervieland in den Jahren 1995 bis 2007.

Die Leitfähigkeit bewegt sich mit Ausnahme des Spitzenwertes im Herbst 1997 zwischen 600 und 800  $\mu\text{S/cm}$  und damit im Süßwasserbereich ( $<1000 \mu\text{S/cm}$ ). Die Belastungen mit gelöstem organischem Kohlenstoff und die Eisengehalte bewegen sich im für Kleiboden-Marschgewässer normalen bis eher niedrigen Bereich (Abb. 108). Die Bedingungen können

auf Grund der niedrigen Leitfähigkeit als eher ungünstig für die Krebschere eingestuft werden. Allerdings liegen für die Jahre vor 1995, in denen bereits ein Rückgang der Krebschere zu beobachten war, keine Daten vor.

### Niedervieland: Gewässergüte Grundwasser

Die Messstelle liegt im Süden des Untersuchungsgebiets und gibt Auskunft über das das Gebiet durchströmende Grundwasser. Der Grundwasserstrom wird vom Südosten des Gebiets nach Nordwesten angenommen. Der Leitfähigkeitswert liegt während der gesamten dargestellten Periode auf hohem Niveau über 1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (Abb. 109), sieht man von den vermutlich auf Messfehler zurück zu führenden niedrigen Werten der Jahre 1997 und 1998 ab.

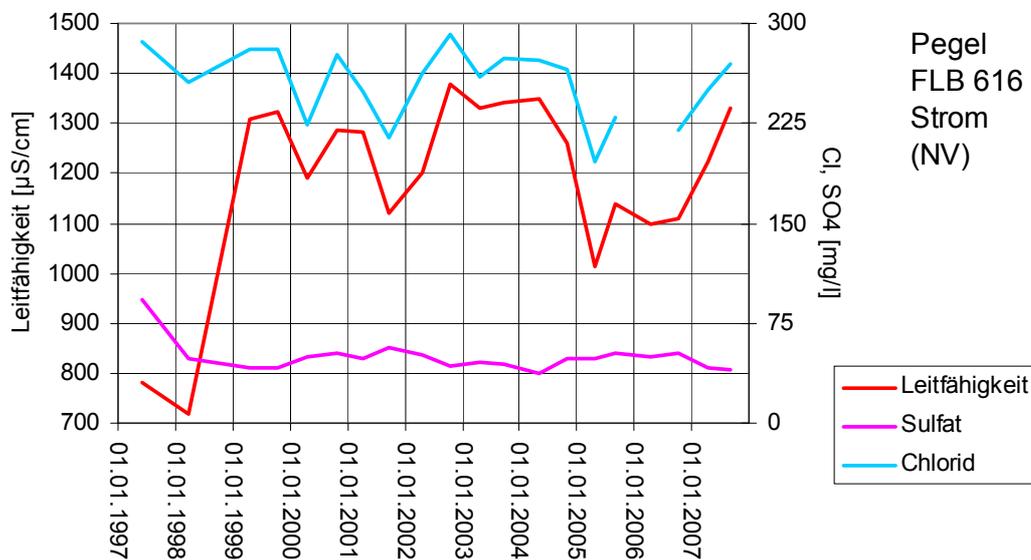


Abb. 109: Verlauf der Parameter Leitfähigkeit, Chlorid (Cl) und Sulfat (SO<sub>4</sub>) im Grundwasser des Niedervielands (Messstelle FLB616) in den Jahren 1997 bis 2007.

Sowohl das Chlorid als auch das Hydrogencarbonat sowie die anderen in Abb. 33 dargestellten Parameter bewegen sich auf einem mehr oder weniger gleich bleibend hohem Niveau, so dass von einer durchgehend guten Salz- und Carbonatversorgung des Grundwassers im Niedervieland gesprochen werden kann.

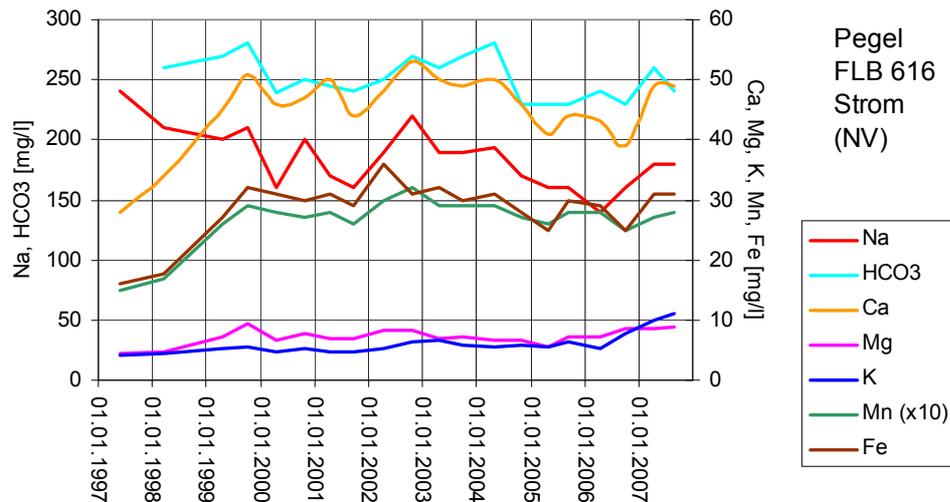


Abb. 110: Verlauf der Messparameter Natrium (Na), Hydrogencarbonat (HCO<sub>3</sub>) (alle linke Skala), Calcium (Ca), Magnesium (Mg), Kalium (K), Mangan (Mn) und Eisen (Fe) (alle rechte Skala) im Grundwasser des Niedervielands (Messstelle FLB 616) in den Jahren 1997 bis 2007.

Der vergleichsweise hohe Gehalt an Salzionen im Grundwasser scheint sich allerdings kaum auf die Situation im Oberflächenwasser auszuwirken, wie der Vergleich mit Abb. 108 zeigt. Dies würde die These des geringen Salzwasseraufstiegs bestätigen.

### Niedervieland: Gewässergüte Ochtum (Zuwässerungsquelle)

Für die Gewässergüte der Ochtum, aus der ins Niedervieland zugewässert wird, liegen Messdaten von der Köhlerbrücke vor. Abb. 106 zeigt, dass die Ochtum im Vergleich mit den anderen Zuwässerungsquellen die niedrigsten Nitrat- und vor allem Phosphat-Gehalte sowie die höchsten Eisengehalte aufweist. Leitfähigkeit und DOC liegen eher im unteren Bereich. Die geringe Versorgung mit Salzen und Phosphat könnte sich ungünstig auf die Krebschere auswirken.

### Niedervieland: Gewässergüte Einleitungen aus Baggergutdeponie

Ergänzend zu den dargestellten Auswertungen werden im Folgenden Daten für eine am Ost- rand des Probestandes Niedervieland liegende Deponie für Baggergut aus Unterhaltungsbaggerungen in der Weser und den stadtbremischen Häfen analysiert.

Für die Auswertung liegen Daten zur Beweissicherung der integrierten Baggergutentsorgung Bremen Seehausen vor, die vom Limnologischen Institut Dr. Nowak in Ottersberg im Auftrag der bremenports GmbH & Co. KG in den Jahren 1996 bis 2003 durchgeführt wurden. Dargestellt werden hier Ergebnisse aus Gräben im Umfeld der Deponie und aus dem Hilfspumpwerk, über das mit Genehmigung der Wasserbehörde ein Teil des Oberflächenwassers aus dem Deponiebereich in das Reepenfleet (vgl. **Karte 3** im Zwischenbericht 2007/2008) abgeschlagen wird und damit in das Bewässerungssystem des Niedervielands gelangt.

Die Messungen an fünf Messstellen in den Oberflächengewässern im Umkreis der Deponie zeigen für die drei für die Krebschere wichtigen Parameter Leitfähigkeit, Sulfat und Gesamt-Phosphor zeitweise beträchtlich erhöhte Werte (Abb. 111).

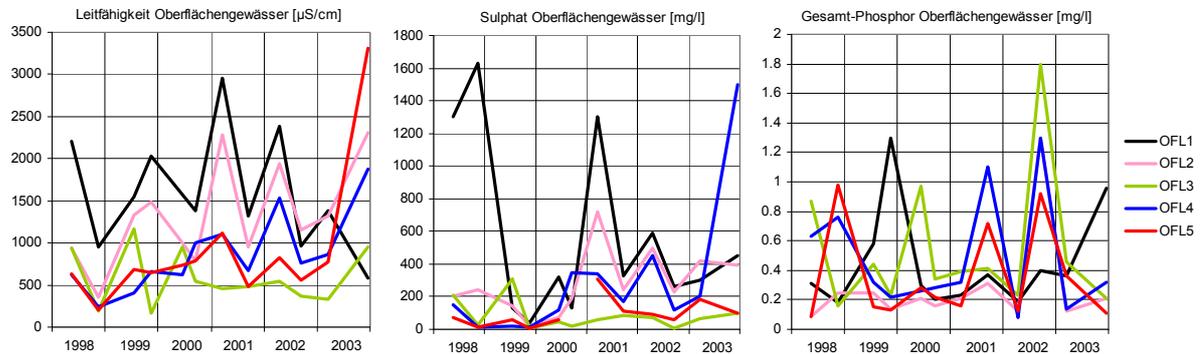


Abb. 111: Entwicklung der Wasserparameter Leitfähigkeit, Sulfat und Gesamt-Phosphor in Gräben im Umkreis der Baggergutdeponie Seehausen zwischen 1998 und 2003.

Während Leitfähigkeiten von 3000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  allerdings per se noch nicht schädlich für die Krebschere sein müssen (KESEL et al. 2001), können Sulfatwerte über dem Entwicklungsziel der LAWA (Länderarbeitsgemeinschaft Wasser) von 100 mg/l (Güteklasse II, s. Tab. 24) bereits erhebliche schädliche Auswirkungen auf die Grabenbiozönose entfalten (ROELOFS 1991, 1996).

Tab. 24: Güteklassen der LAWA für Gesamt-Phosphor, ortho-Phosphat-Phosphor/ortho-Phosphat, Sulfat und Nitrat-Stickstoff/Nitrat in Oberflächengewässern.

Entwicklungsziel für die EU-WRRL ist die Güteklasse II (gelb unterlegt).

Güteklasse		Gesamt-P [ mg/l ]	PO <sub>4</sub> -P PO <sub>4</sub> [ mg/l ]	SO <sub>4</sub> [ mg/l ]	NO <sub>3</sub> -N NO <sub>3</sub> [ mg/l ]
I	Anthropogen unbelastet	$\leq 0,05$	$\leq 0,02$ $\leq 0,06$	$< 25$	$\leq 1$ $\leq 4,4$
I-II	Sehr gering belastet	$> 0,05 - 0,08$	$> 0,02 - 0,04$ $> 0,06 - 0,12$	$> 25 - 50$	$> 1 - 1,5$ $> 4,4 - 6,6$
II	Mäßig belastet	$> 0,08 - 0,15$	$> 0,04 - 0,1$ $> 0,12 - 0,3$	$> 50 - 100$	$> 1,5 - 2,5$ $> 6,6 - 11$
II-III	Deutlich belastet	$> 0,15 - 0,3$	$> 0,1 - 0,2$ $> 0,3 - 0,6$	$> 100 - 200$	$> 2,5 - 5$ $> 11 - 22$
III	Erhöht belastet	$> 0,3 - 0,6$	$> 0,2 - 0,4$ $> 0,6 - 1,2$	$> 200 - 400$	$> 5 - 10$ $> 22 - 44$
III-IV	Hoch belastet	$> 0,6 - 1,2$	$> 0,4 - 0,8$ $> 1,2 - 2,5$	$> 400 - 800$	$> 10 - 20$ $> 44 - 89$
IV	Übermäßig belastet	$> 1,2$	$> 0,8$ $> 2,5$	$> 800$	$> 20$ $> 89$

Vergleichbares trifft für den Gehalt an Gesamt-Phosphor zu, für welchen das Entwicklungsziel der LAWA bei 0,15 mg/l liegt. Hier liegen aus den Messreihen Spitzenwerte von 1,8 mg/l vor, die auch als Einzelereignis bereits zum Absterben ganzer Krebscherepopulationen führen können (ROELOFS 1991).

Ein ähnliches Bild zeigt sich in den Messwerten aus dem Hilfspumpwerk, dessen Wasser direkt ins Bewässerungssystem des Niedervielands gelangt (Abb. 112).

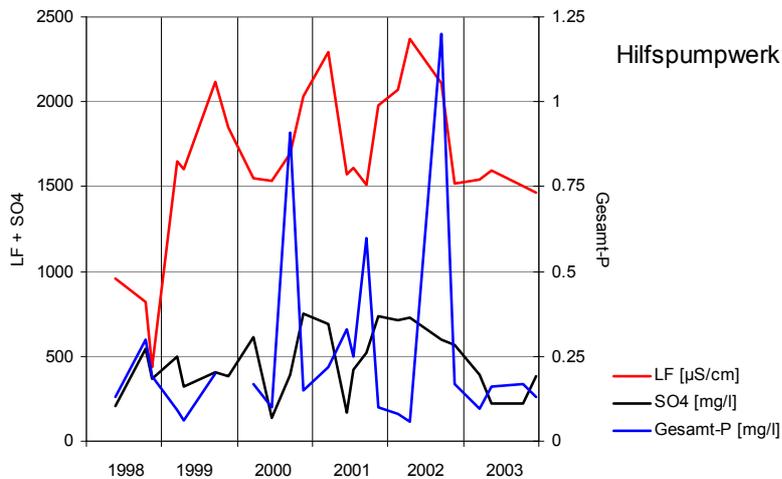


Abb. 112: Entwicklung der Wasserparameter Leitfähigkeit, Sulfat und Gesamt-Phosphor im Hilfspumpwerk, dessen Wasser ins Reepenfleet und damit ins Bewässerungssystem des Niedervielands abgeschlagen wird.

Auch hier treten Phosphor-Spitzenwerte in den Jahren 2000, 2001 und 2002 auf und die Sulfatwerte liegen mit einem Mittelwert von 460 mg/l alle über dem LAWA-Entwicklungsziel von 100 mg/l.

Aus der international publizierten Fachliteratur ergeben sich eine Reihe von Hinweisen für die ungünstigen Auswirkungen erhöhter Sulfat- und Phosphat-Werte. Ausschlaggebend sind die Freisetzungs- und Bindungsvorgänge im Grabensediment, an denen Sulfat, Eisen, Phosphat, Nitrat, und Calcium beteiligt sind und die abhängig von Temperatur und pH-Wert verlaufen.

Durch den Eintrag von Sulfat mit dem Wasser kommt es im Niedermoor-Sediment zu hohen Sulfatkonzentrationen und unter bestimmten Bedingungen zur Freisetzung von toxischen Sulfiden. Hohe Eisengehalte puffern diese Umsetzung ab. Das Eisen wird dabei gebunden bis es nicht mehr zur Verfügung steht und Sulfide entstehen können. Aufgrund der Konkurrenz um das Eisen können auch Phosphat und später Ammonium freigesetzt werden (LAMERS et al. 1998). Hohe Nitrat-Werte verhindern wiederum die Sulfat- und Phosphat-Freisetzung (LUCASSEN et al. 2004). Wird zusätzlich Phosphat zugeführt, so wird diese Konkurrenz um das puffernde Eisen verstärkt und es können schädliche Mengen an Phosphat freigesetzt werden. Auch die Gewässertrübung erhöht sich durch die Prozesse der Sedimentumsetzung. Trockenfallereignisse verstärken diesen Mechanismus noch bei der Wiedervernässung (LUCASSEN ET AL. 2005). Bei Zuleitung alkalischen, sulfat- und hydrogencarbonatreichen Wassers, wie Ende der 1980er Jahre am niederländischen Rhein geschehen, wird der Sedimentab- und -aufbau verändert. Phosphat, Sulfat, Ammonium und Methan werden freigesetzt und reichern sich in der weichen Sedimentschicht an, in denen die Krebschere überwintert. Vor allem die während des winterlichen Abbaus entstehenden

Sulfid- und Ammoniumkonzentrationen können dann schnell einen toxischen Level erreichen. So starben dadurch in der Rheinaue während des Winters große Krebscherenbestände ab (ROELOFS 1991; SMOLDERS ET AL. 1995). Die Zuleitung und Freisetzung von Phosphat in die Gräben verändert vor allem das Konkurrenzgefüge der Wasserpflanzen. Es kommt dadurch häufig zur Ausbildung von geschlossenen Wasserlinsendecken oder Fadenalgenwatten, da diese das Phosphat schneller und effektiver aufnehmen können. Andere Wasserpflanzen wie die Krebsschere werden dabei durch den verminderten Lichteinfall unterdrückt und verdrängt. Die Zuleitung von Sulfat verstärkt die Phosphatfreisetzung aus dem Sediment und die Sulfat-Reduzierung im Sediment, wobei dieser Prozess bei höheren Temperaturen verstärkt wird (ZAK et al. 2006). Einige Wasserpflanzen wie die Wasserpest sind dabei in der Lage, das Phosphat zu neutralisieren, indem sie ihre Wurzeln mit einem Eisenmantel umgeben, der auch Phosphat bindet und für die Pflanzen unverfügbar macht (HUPFER & DOLLAN 2003). Inwieweit die Krebsschere auch über einen solchen Schutzmechanismus verfügt, ist ungeklärt.

Es wäre möglich, dass mit dem Abschlagswasser aus dem Deponiebereich erhöhte Sulfat- und Phosphormengen in das Grabensystem des Niedervielands gelangt sind. Es ist noch unklar, ob davon negative Wirkungen auf die Krebscheren ausgingen.

### Werderland: Grundwasserstände

Für die Beschreibung der Grundwasserstände im Werderland wird die Grundwassermessstelle 243 in der Nähe des Dunger Sees und des Ökopfades beispielhaft herausgegriffen (s. **Karte 26**).

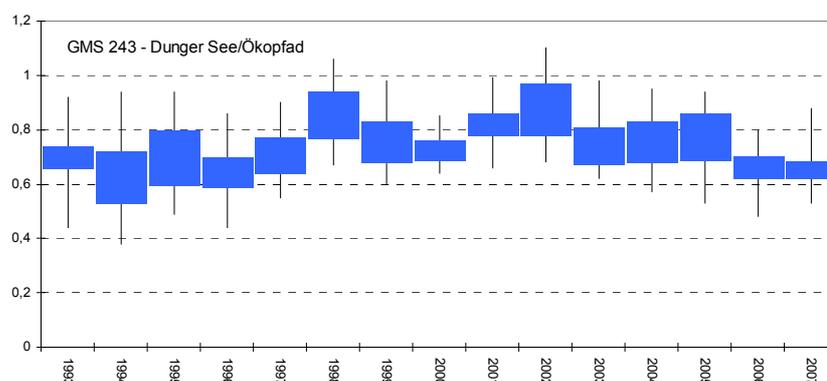


Abb. 113: Verlauf der Grundwasserstände an der Messstelle 243 im Werderland in den Jahren 1993 bis 2007.

Die Grundwasserstände schwanken zwischen etwa 0,6 und 0,9 m ü. NN mit höheren Werten in den nassen Jahren 1998 und 2002 (Abb. 113). Die Trockenfallgrenze in den Gräben dürfte im Werderland im Bereich von 0,0 bis 0,2 m ü. NN liegen. Bei dieser Annahme ist es in der dargestellten Messperiode zu keinen Trockenfallereignissen im Werderland gekommen. Dies ist als günstige Voraussetzung für die Ausbildung großer Krebscherenbestände anzunehmen.

## Werderland: Gewässergüte Oberflächengewässer

Die Messstelle Mittelfleet befindet sich im Zentrum des Untersuchungsgebiets Werderland und wird für die Beschreibung des Zustands des Grabenwassers herangezogen.

Die Leitfähigkeit bewegt sich im Salzwasserbereich oberhalb 1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , mit Ausnahme der Niedrigwerte im Winter 1998/99 und 2001/02. Die Gehalte an gelöstem organischem Kohlenstoff sowie die Eisengehalte bewegen sich im für Flussmarschgewässer normalen und eher niedrigen Bereich (Abb. 114). Die Bedingungen können als eher günstig für die Krebschere eingestuft werden.

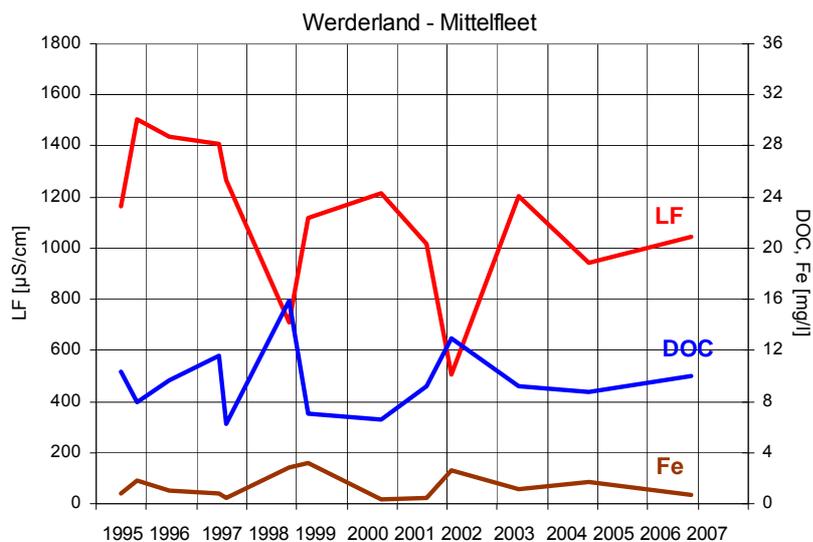


Abb. 114: Entwicklung der Gewässergüte-Parameter Eisen (Fe), Leitfähigkeit (LGF) und gelöster organischer Kohlenstoff (DOC) an der Messstelle Mittelfleet im Werderland in den Jahren 1995 bis 2007. (keine Messung 2007 wegen Nichtbefahrbarkeit).

## Werderland: Gewässergüte Grundwasser

Für die Beschreibung der Grundwassergüte im Werderland liegen Daten aus den Jahren 1997 bis 2001 sowie ab 2006 von der Messstelle im Zentrum des Gebiets in der Nähe des Landweges vor. Die Daten zeigen jeweils hohe Werte für Leitfähigkeit, Chlorid und vor allem Sulfat (Spitzenwert 440 mg/l im Nov. 2006) (Abb. 115).

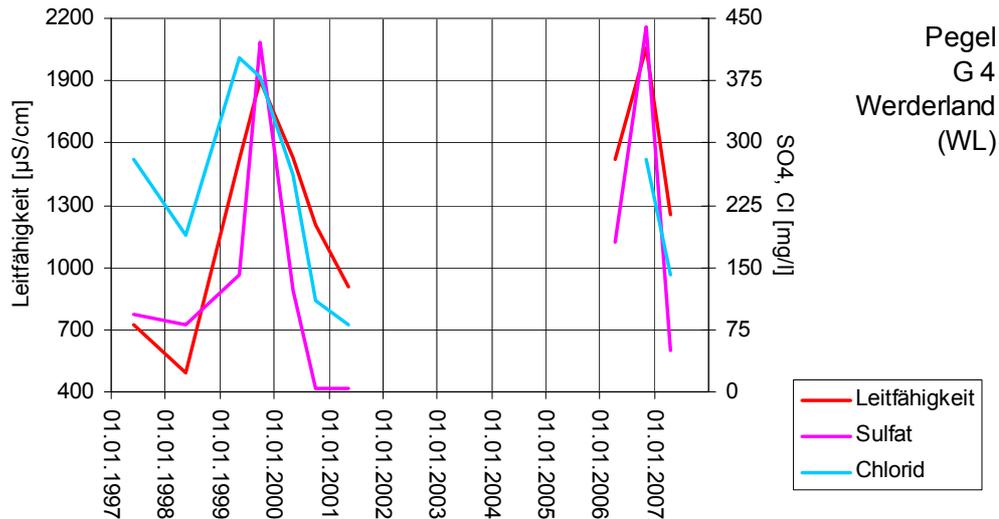


Abb. 115: Messergebnisse der Parameter Leitfähigkeit, Chlorid (Cl) und Sulfat (SO<sub>4</sub>) im Grundwasser des Werderland (Messstelle G4). Zwischen 2001 und 2006 wurden keine Messungen durchgeführt.

Auch die Werte für Hydrogencarbonat, Eisen und Calcium (Abb. 116) sind als hoch im Vergleich mit den anderen Gebieten zu bewerten. Es kann daher von einer guten bis sehr guten Versorgung mit den für die Krebschere als wichtig angesehenen Wasserinhaltsstoffen im Werderland ausgegangen werden, aber auch von vermutlich nachteilig hohen Spitzen in der Sulfatversorgung.

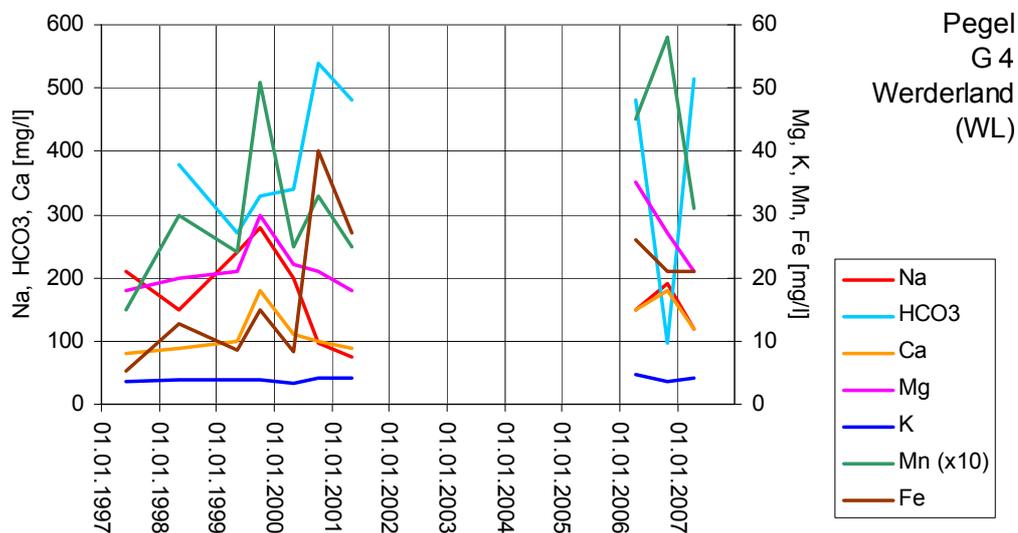


Abb. 116: Verlauf der Messparameter Natrium (Na), Hydrogencarbonat (HCO<sub>3</sub>), Calcium (Ca) (alle linke Skala), Magnesium (Mg), Kalium (K), Mangan (Mn) und Eisen (Fe) (alle rechte Skala) im Grundwasser des Werderland (Messstelle G4).

Hohe Sulfatgehalte führen zwar zu einer verstärkten Phosphat-Mobilisierung im Grabensediment, vor allem bei hohen Sedimenttemperaturen >20°C, aber nicht notwendigerweise im darüber stehenden Grabenwasser (ZAK et al. 2006). Vor allem in Niedermoorböden kann

Sulfat zu Sulfid reduziert werden, welches schon bei geringen Konzentrationen von 50 µmol/l auf Wasserpflanzen und auch die Krebschere toxisch wirken kann. Eisen wiederum bindet das Sulfid und demobilisiert es, so dass bei gleichzeitig hohen Eisengehalten das Sulfat bzw. Sulfid nicht zur Wirkung kommt (VAN DER WELLE et al. 2006; 2007). Allerdings kann Nitrat das in Torfböden gebundene Sulfid wieder anaerobisch zu Sulfat mobilisieren (VAN DER WELLE 2008). Die entsprechende Auswertung der Gewässerdaten und der Literatur steht hier als nächster Schritt an.

### **Werderland: Gewässergüte Lesum (Zuwässerungsquelle)**

Das Werderland wird zur Verstetigung der Grabenwasserstände über den Dunger Sielgraben aus der Lesum zugewässert.

Die vorliegenden Messwerte von der Messstelle am Lesumsperrwerk zeigen im Vergleich mit den beiden anderen Zuwässerungsquellen für das Hollerland (Wümme, Messstelle Kuhsiel) und das Niedervieland (Ochtum, Köhlerbrücke) die höchste Leitfähigkeit sowie den höchsten Nitrat- und Phosphatgehalt (Abb. 106). Der Eisengehalt ist am geringsten. Die Ammoniumwerte sowie der gelöste organische Kohlenstoff sind denen der Ochtum vergleichbar. Diese Messwerte in Verbindung mit den hohen Leitfähigkeitswerten weisen auf eine günstige Gewässergüte des Zuwässerungswassers für die Krebscherebestände im Werderland hin.

### **Zusammenfassende Bewertung der hydrologischen Gebietsdaten**

Eine zusammenfassende Bewertung der Analyse der hydrologischen Daten externer Institutionen ist Tab. 25 zu entnehmen.

Tab. 25: Zusammenfassende Bewertung der hydrologischen Gebietsdaten

Erläuterung: die Spalte Bedeutung bezieht sich auf die Krebschere; +++ = hohe Bedeutung, ++ = mäßige Bedeutung, + = geringe Bedeutung, -- = ohne Bedeutung

Faktor	Kritische Folgen und Ereignisse	Bedeutung
<b>Hollerland</b>		
Zuwässerungsmenge	Trockenfallereignisse im Sommer	+++
	Hohe Zuwässerungsmengen = Veränderung der Gebietshydrologie, Verringerung des Salzwasseranstiegs	++
(Grund-)Wasserstände	Trockenfall-Ereignisse im Sommer	+++
Gewässergüte Oberflächengewässer	Hoher Gehalt an gelöstem organischen Kohlenstoff = hohes Algenwachstum = Beeinträchtigung der Makrophyten	+
Gewässergüte Grundwasser	Hohe Sulfatgehalte (Gefahr der Sulfid-Akkumulation im Grabensediment)	+*
Gewässergüte Zuwässerung Wümme	Ammonium- und Nitrateinträge ins Gebiet	+
<b>Niedervieland</b>		
(Grund-)Wasserstände	Trockenfall-Ereignisse im Sommer	++
Gewässergüte Oberflächengewässer	Belastungen durch Landwirtschaft (Gülle, Düngung) Akkumulation von Ammonium im Grabensediment	++*
Gewässergüte Grundwasser	Geringe Eisenfrachten (= geringe Pufferkapazität für Sulfid)	++*
Gewässergüte Zuwässerung Ochtum	Zu geringe Phosphatzufuhr für Wasservegetation (wachstumshemmend)	+
Gewässergüte Einleitungen aus Baggergutdeponie	Einleitungsereignisse mit hohen Sulfat- und Phosphatfrachten (Akkumulation im Grabensediment mit Sulfid-Bildung)	+++*
<b>Werderland</b>		
(Grund-)Wasserstände	ausreichende Wasserstände, keine kritischen Folgen erkennbar	--
Gewässergüte Oberflächengewässer	keine kritischen Parameter erkennbar	--
Gewässergüte Grundwasser	Sulfatspitzen (Akkumulation von Sulfid im Grabensediment)	++*
Gewässergüte Zuwässerung Lesum	Einleitung von Nitrat und Phosphat ins Grabensystem, geringe Eisenfrachten (= geringe Pufferkapazität)	++
* die Vorgänge im Grabensediment bezüglich Ammonium/Nitrat, Sulfat/Sulfid und den Puffersubstanzen (Eisen, Calcium, Hydrogencarbonat u.a.) bedürfen der weiteren Forschung		

## 5.4.4 Untersuchungen zum Einfluss des Grabensedimentes und des Porenwassers im Schlamm

### 5.4.4.1 Durchführung und Ergebnisse

Die Ergebnisse der physikalisch-chemischen Untersuchungen des Oberflächenwassers der Gräben im Niedervieland, Hollerland und Werderland lieferten keine Hinweise auf das großflächige Auftreten eines oder mehrerer Parameter, die das Wachstum der Krebschere grundsätzlich limitieren und die somit eine Erklärung für den z. B. im Niedervieland flächendeckenden Rückgang der Krebschere sein können.

Da die Krebschere im Frühjahr und Sommer im Schlammkörper wurzelt und mehrere Monate untergetaucht auf dem Schlamm überwintert, kann neben der Qualität des Oberflächenwassers auch die Schlammbeschaffenheit einen großen Einfluss auf ihre Vitalität ausüben. Aus diesem Grund wurden Untersuchungen des Schlammkörpers und des Porenwassers konzipiert und begonnen (WILFERT & ZANTOUT 2010), von denen erste Ergebnisse hier vorgestellt werden.

In den Niederlanden wurde der Rückgang der Krebschere unter anderem mit hohen Sulfid-, Ammonium- und Phosphatkonzentrationen im Schlamporenwasser in Verbindung gebracht (ROELOFS 1991, SMOLDERS et al. 2003, VAN DER WELLE 2007). Zur Charakterisierung der Schlammkörper in den Untersuchungsgebieten Niedervieland, Hollerland und Werderland wurden Porenwasser- und Schlammkerne an ausgewählten Probestellen, innerhalb des Messnetzes der physikalisch-chemischen Untersuchungen des Oberflächenwassers (s. 5.4.1.2 und **Karte 27**) entnommen und analysiert. Von den Schlammproben wurden Trockensubstanz und Glühverlust bestimmt, im Porenwasser wurden die Konzentrationen von Sulfid ( $S^{2-}$ ), Ammonium ( $NH_4^+$ ), Orthophosphat ( $PO_4^{3-}$ ) und die Alkalinität gemessen.

### Trockensubstanz und Glühverlust der Schlammproben

Das Niedervieland und das Werderland sind sich als Gebiet der Flussmarsch mit einem Wassergehalt im Schlamm von durchschnittlich 74 % bzw. 75 % (Abb. 117) und einem organischen Anteil in der Trockensubstanz von 17 % bzw. 15 % relativ ähnlich (Abb. 118). Dem gegenüber steht das Hollerland mit seinem Niedermoorcharakter, der durch den organischen Anteil von 60 % in der Trockensubstanz und einem Wassergehalt von 85 % zum Ausdruck kommt. Die ermittelten Werte für den Glühverlust unterscheiden sich im Vergleich zwischen dem Hollerland und den anderen beiden Untersuchungsgebieten hoch signifikant. Der Glühverlust der Schlammproben des Werderlands und Niedervielands unterscheiden sich trotz ihrer ähnlichen Geologie signifikant von einander (WILFERT & ZANTOUT 2010).

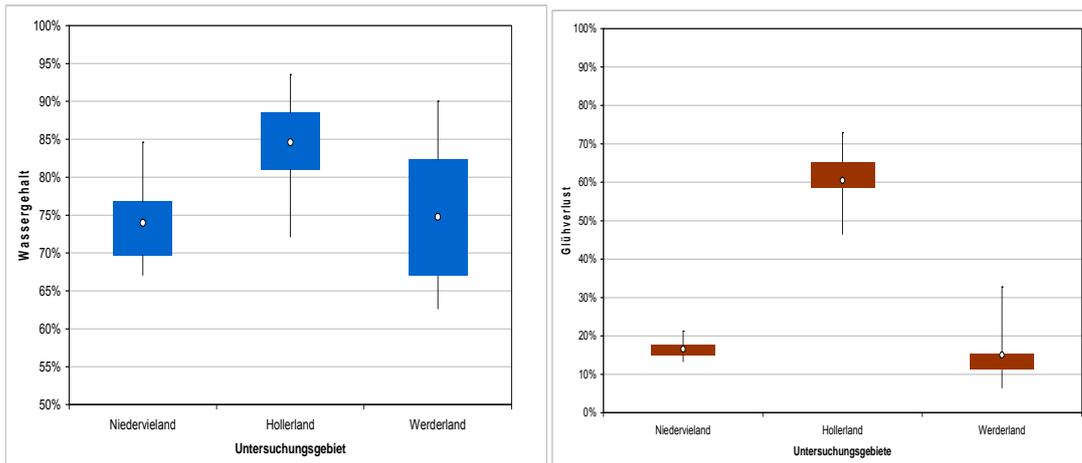


Abb. 117: Wassergehalt der Schlammproben    Abb. 118: Glühverlust der Schlammproben  
Dargestellt sind Mittel-, Minimal- und Maximalwerte sowie der Bereich zwischen 25. und 75. Perzentil.

## Porenwasseranalyse

### Sulfid

Im Niedervieland wurde eine mittlere Sulfid-Konzentration von 0,24 mg/L nachgewiesen. Sie liegt damit etwa doppelt so hoch wie der Mittelwert für das Werderland mit 0,13 mg/L (Abb. 119). Im Niedervieland lagen die gemessenen Sulfidwerte zwischen 0,13 mg/L und 0,37 mg/L (Minimal- und Maximalwert). Im Werderland wurde mit 0,46 mg/L zwar die höchste Sulfid-Konzentration aller Proben gemessen, allerdings lagen 50 % (2. und 3. Quartil) der gemessenen Sulfidwerte zwischen 0,07 mg/L und 0,12 mg/L. Im Hollerland lagen die ermittelten Sulfid-Konzentration bei allen Proben unterhalb der Messwertgrenze von 0,03 mg/L und sind deshalb für die statistische Auswertung auf 0,016 mg/L (~0,02 mg/L) gesetzt worden. Anhand der statistischen Auswertung der Daten (Wilcoxon-Mann-Whitney-Tests) zeigt sich, dass sich alle drei Gebiete hochsignifikant von einander unterscheiden (WILFERT & ZANTOUD 2010). Die durchschnittlichen Messwerte liegen in allen Gebieten unterhalb der von SMOLDERS et al. (1996) ermittelten toxischen Werte für die Wurzeln der Krebschere von 0,32 mg/L.

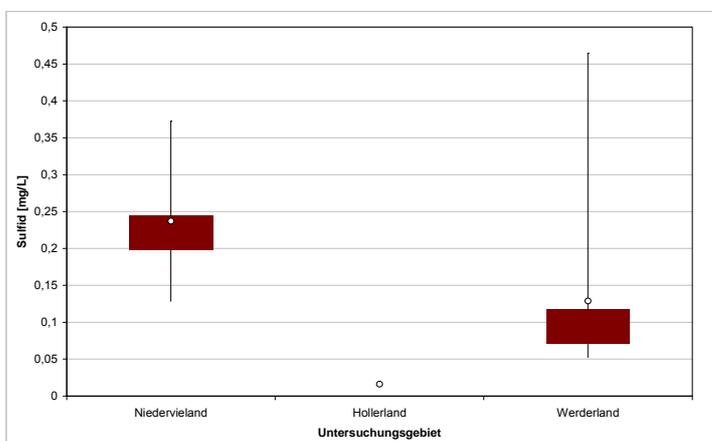


Abb. 119: Sulfid-Konzentrationen in den drei Untersuchungsgebieten.

Dargestellt sind Mittel-, Minimal- und Maximalwerte sowie der Bereich zwischen 25. und 75. Percentil. Im Hollerland lagen alle Messwerte unterhalb der Messwertgrenze.

## Ammonium

Im Niedervieland wurden mittlere Ammonium-Konzentrationen von 9,7 mg/L im Porenwasser gemessen. Im Hollerland und Werderland lagen die Konzentrationen mit 2,3 mg/L und 2,6 mg/L im Mittel deutlich darunter (Abb. 120). Die im Porenwasser gemessenen Werte liegen damit deutlich über dem im freien Wasserkörper nachgewiesenen Maximalwert von 0,9 mg/L (s. 5.4.1.3). ROELOFS (1991) beobachtete in einem ex situ Versuch, dass 80 % der Krebssschere-Biomasse bei einer Ammonium-Konzentration von 1,8 mg/L im Oberflächenwasser nach zehn Wochen abgestorben waren. Weitere Untersuchungen in den Niederlanden ergaben in gut erhaltenen Krebssscherebeständen einen mittleren Ammoniumgehalt im Porenwasser von 3,8 mg/L und in schlecht erhaltenen Krebssscherebeständen von 7,0 mg/L (SMOLDERS et al. 1996).

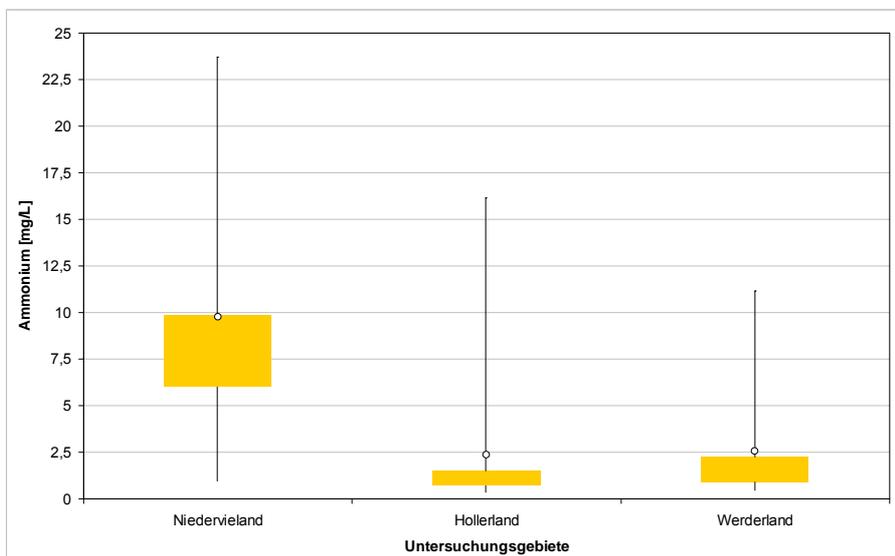


Abb. 120: Ammonium-Konzentrationen im Porenwasser in den drei Untersuchungsgebieten. Dargestellt sind Mittel-, Minimal- und Maximalwerte sowie der Bereich zwischen 25. und 75. Percentil.

## Phosphat

Die Phosphat-Konzentrationen im Porenwasser lagen im Hollerland und Werderland im Mittel in einem relativ niedrigen Bereich von 0,8 mg/L (Hollerland) und 0,3 mg/L (Werderland), während das Niedervieland deutlich höhere Konzentrationen zeigte. Im Mittel lagen die Phosphat-Konzentrationen bei 12 mg/L, mit Maximalwerten von bis zu 37,6 mg/L (Abb. 121). Diese Werte übersteigen den gemessenen Maximalwert im Oberflächenwasser des Niedervieland von 0,32 mg/L um das bis zu 100-fache (s. 5.4.1.3). Die Phosphat-Konzentrationen im freien Wasserkörper, die von der Krebssschere bevorzugt werden, werden in der Literatur mit etwa 0,5 mg/L angegeben (SMOLDERS et al. 2003). Die Toxizität für Pflanzen durch hohe Phosphatwerte wird zwar als gering angesehen (THROM 2001), allerdings können hohe Phosphatwerte zu einer zusätzlichen Eutrophierung führen, mit der Folge einer für die Krebssschere ungünstigen Sukzession.

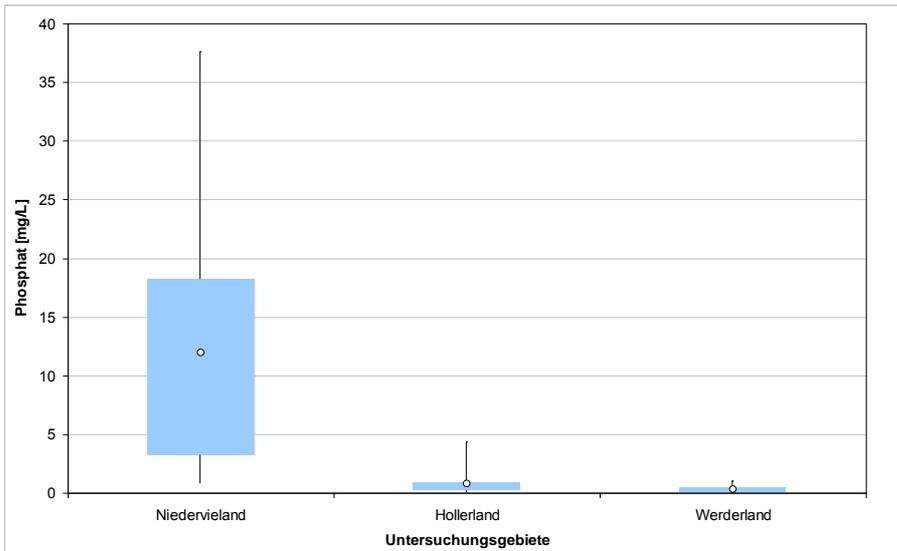


Abb. 121: Phosphat-Konzentrationen im Porenwasser in den drei Untersuchungsgebieten. Dargestellt sind Mittel-, Minimal- und Maximalwerte sowie der Bereich zwischen 25. und 75. Perzentil.

### Alkalinität

Anhand der gemessene Gesamtalkalinität im Porenwasser lässt sich die Konzentration von Hydrogencarbonat ( $\text{HCO}_3^-$ ) errechnen. Diese lag im Mittel ebenfalls im Niedervieland mit 519 mg/L am höchsten (Abb. 122). Das Werderland und Hollerland wiesen mit 318 mg/L und 202 mg/L signifikant niedrigere Werte auf (WILFERT & ZANTOUT 2010). Die Hydrogencarbonat-Konzentrationen im Porenwasser übersteigen die gemessenen Konzentrationen im Oberflächenwasser ebenfalls.

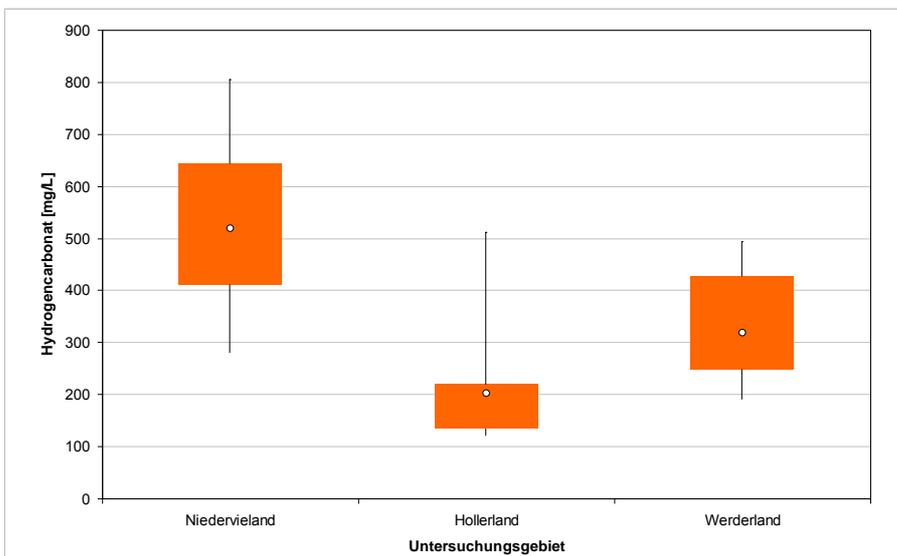


Abb. 122: Hydrogencarbonat im Porenwasser in den drei Untersuchungsgebieten. Dargestellt sind Mittel-, Minimal- und Maximalwerte sowie der Bereich zwischen 25. und 75. Perzentil.

#### **5.4.4.2 Zusammenfassung der Ergebnisse zum Einfluss des Grabensedimentes und des Porenwassers im Schlamm**

Die Ergebnisse der physikalisch-chemischen Untersuchungen des Oberflächenwassers der Gräben im Niedervieland, Hollerland und Werderland lieferten keine Hinweise auf das Auftreten eines oder mehrerer Parameter, die für sich das Wachstum der Krebschere grundsätzlich limitieren.

Im Gegensatz dazu zeigten die Resultate der Untersuchungen des Schlamm-porenwassers deutliche Unterschiede zwischen den Untersuchungsgebieten. Im Niedervieland sind die Konzentrationen von Hydrogencarbonat, Sulfid, Ammonium und Phosphat signifikant höher als in den beiden anderen Gebieten. Die Sulfid- und Ammoniumkonzentrationen erreichen dabei Werte, die nach Ergebnissen aus der Literatur schädigende Einflüsse auf die Krebschere vermuten lassen. Hohe Alkalinität und Phosphatgehalte können im Niedervieland weiterhin zu Sukzessionen im Zuge einer Eutrophierung führen, bei der die Krebscherenbestände durch andere Vegetationstypen, insbesondere Schwimmdecken von Lemniden, verdrängt werden können.

### **5.5 Wirkungskontrolle der Grabenfauna**

#### **5.5.1 Erfassung der Grabenfische**

##### **5.5.1.1 Zielsetzung**

Die Grünlandgebiete Hollerland, Werderland und Niedervieland sind in Teilbereichen oder vollständig als FFH-Gebiete speziell auch für den Schutz der Fischfauna ausgewiesen. Im Rahmen des Forschungs- und Kooperationsvorhabens Krebschere fanden maßnahmenbegleitende Wirkungskontrollen der Fischfauna statt. Zielsetzung war, dass von den durchgeführten Maßnahmen keine negativen Auswirkungen auf die Fischfauna ausgehen. Ein besonderes Augenmerk wurde bei den Untersuchungen auf die Auswirkungen der Grabenräumungen, die kurzfristig gesehen einen starken Eingriff in die Habitate der Fische darstellen, gelegt. Denn der Großteil der Fische kann nicht selbständig zurück in den Graben gelangen, so dass die Gefahr des Verendens und der Tod durch Fressfeinde bestehen. Langfristig sind die Grabenräumungen jedoch auch für die Fische unerlässlich, da es ohne diese Maßnahme zu einer Verlandung der Gräben kommen würde und diese damit zwangsläufig keinen geeigneten Lebensraum für Fische mehr darstellen würden.

Ein besonderes Augenmerk wurde bei den Untersuchungen auf die FFH Anhang II-Arten Steinbeißer und Schlammpeitzger, die im Bremer Feuchtgrünlandgürtel überregional bedeutsame Populationen aufweisen, gelegt. Denn vor allem für benthisch lebende Fische wie Schlammpeitzger und Steinbeißer sind Grabenräumungen drastische Eingriffe in deren Lebensraum. Schlammpeitzger und Steinbeißer, deren ursprüngliche Lebensräume Auenlandschaften darstellen (BRUNKEN & MEYER 2005, SCHOLLE et al. 2003), können in Graben-

Grünlandgebieten geeignete Ersatzlebensräume finden. Untersuchungen aus den Jahren 1983 bis 1997 zeigen auf, dass das Bremer Becken für Schlammpeitzger eines der Hauptverbreitungsgebiete in Deutschland darstellt (SCHOLLE 2001). Die Bedeutung des Hollerlandes für die Verbreitung des Schlammpeitzgers konnte durch Untersuchungen im Jahre 1999 und 2004 bestätigt werden (BIOCONSULT 1999, 2005). Auffällige Bestandsveränderungen wurden zwischen 1999 und 2004 nicht festgestellt. Es wurde lediglich eine Verschiebung der Besiedlungsschwerpunkte innerhalb des Gebietes sichtbar, die auf Veränderungen der Habitatbedingungen aufgrund vorangeschrittener Sukzessionsprozesse zurückzuführen ist.

### 5.5.1.2 Durchführung

Die Erfassung der Fische in den Untersuchungsgebieten Hollerland, Niedervieland und Werderland erfolgte im Sommer 2008 und 2009 mittels Elektrofischungen. Im Hollerland und Werderland wurden zusätzlich Aushubkontrollen während der Sommer-Grabenräumungen 2008 durchgeführt. Ergänzende Elektrofischungen und Aushubkontrollen fanden im Hollerland im Herbst 2008 statt (s. **Karte 28**). Die systematischen Untersuchungen zu der Graben-Fischfauna wurden im Sommer 2008 im Zeitraum 22.07. bis 25.08.2008 durchgeführt, im Sommer 2009 fanden die Elektrofischungen zwischen dem 04.08. und 25.08.2009 statt. Aushubkontrollen bei den Sommer-Grabenräumungen im Hollerland und Werderland wurden zwischen dem 09. und 11. September durchgeführt. Die ergänzenden Elektrofischungen im Hollerland im Herbst 2008 erfolgten im Zeitraum 17.10. bis 24.11.2008, Aushubkontrollen während den Grabenräumungen in diesem Gebiet wurden zwischen dem 27.10. bis 03.11.2008 ausgeführt (s. Tab. 26).

Tab. 26: Untersuchungszeiträume der Elektrofischungen im Sommer 2008 und 2009 sowie der Aushubkontrollen während der Grabenräumungen im Sommer und Herbst 2008 in den drei Untersuchungsgebieten Hollerland, Werderland und Niedervieland.

Art der Untersuchung	Hollerland	Werderland	Niedervieland
Sommer			
Elektrofischung	22.-24.07.2008 31.07.2008 21.08.2008	08.08.2008 25.08.2008	05.08.2008 06.08.2008
Aushubkontrolle bei Grabenräumung (ergänzend)	09.-10.09.2008	11.09.2008	-
Herbst			
Elektrofischung (ergänzend)	17.10.2008 21.10.2008 10.11.2008 24.11.2008	-	-
Aushubkontrolle bei Grabenräumung (ergänzend)	27.-30.10.2008 03.11.2008	-	-
Sommer			
Elektrofischung	04.-06.08.2009 10.-11.08.2009 17.08.2009 21.08.2009 24.08.2009	12.08.2009 14.-15.08.2009 20.08.2009	07.08.2009 13.08.2009 19.08.2009
Elektrofischung Fleet (ergänzend)	-	18.08.2009	25.08.2009

Die Standardmethode zur Erfassung der Fischfauna war die Elektrobefischung, die von den Grabenrandbereichen oder von dem Arbeitsboot aus durchgeführt wurde. Befischt wurde dabei über eine Gewässerstrecke von jeweils 100 m Länge. Im Sommer 2008 wurden im Hollerland zwei Fleete jeweils 200 m befischt. Zum Einsatz kamen das batteriebetriebene Elektrofischereigerät IG 200-2 (tragbar, Fa. Hans Grassl, Schönau Berchtesgaden) und EFGI 4000 (aus dem Arbeitsboot, Fa. Bretschneider Spezialelektronik, Grüna). Bei den Aushubkontrollen während der Grabenräumung wurde der am Grabenrand abgelegte Schlamm auf Fische untersucht. Die gefangenen bzw. aufgesammelten Fische wurden nach Zwischenhälterung bis zur Art bestimmt und die Körperlänge (Totallänge TL) auf den unteren Zentimeter genau gemessen (cm *below*). Während der zusätzlichen Untersuchungen im Herbst 2008 wurden die Arten Schlammpeitzger, Steinbeißer und Karausche mm-genau vermessen. Bei den Befischungen im Sommer 2009 wurden Schlammpeitzger und Steinbeißer pro 50 m der befischten Gewässerstrecke gehältert und mm-genau vermessen. Anschließend wurden die Fische am Fangort in das Gewässer zurückgesetzt. Da in einigen Fällen die Arten Brassen und Güster nicht unterschieden werden konnten, wurden sie bei den Ergebnissen zusammengefasst.

Die Vorgehensweise bei der Erfassung der Fische bei den Aushubkontrollen im Hollerland unterschied sich im Sommer und Herbst 2008. Im Sommer erfolgte eine Vermessung der Fische jeweils am Ende einer durchgehend geräumten Grabenstrecke (die Individuenzahlen bezogen sich damit auf Streckenlängen von meist deutlich mehr als 100 m). Im Herbst wurden die Fische jeweils nach 100 m Räumstrecke vermessen, um eine bessere Vergleichbarkeit der Abundanzwerte zu gewährleisten.

Die Gräben J8 im Niedervieland und S5.3 im Werderland konnten im Jahr 2009 aufgrund des stark verlandeten Zustandes nicht befischt werden.

Die Auswirkung der verschiedenen Maßnahmen auf die Fischfauna wurde durch einen Vergleich der Zönosen bei fortschreitenden Sukzessionen (Maßnahmen RNH, RIH, WG, WR und WA) bzw. einem Vergleich der Zönosen jeweils vor und nach den Räumungen (Maßnahmen RNS, RIS, RNH2, RIH2, RKK) ermittelt. In Übersichts-Tabellen wurden die Parameter Individuen- und Artenzahlen sowie das Vorkommen der Arten Schlammpeitzger und Steinbeißer aus dem Jahr 2008 und 2009 verglichen und verschieden farbig markiert. Die Zunahme der einzelnen Parameter wurde grün, die Abnahme rot gekennzeichnet. In Fällen, in denen keine Veränderungen nachgewiesen werden konnten, wurden die Parameter grau hinterlegt.

### **5.5.1.3 Ergebnisse**

#### **Fischfauna in den drei Untersuchungsgebieten**

Die Fischzönose in den Gräben des Hollerlandes, des Werderlandes und des Niedervielandes unterschied sich nur geringfügig. In allen drei Untersuchungsgebieten wurde in den Gräben eine insgesamt individuenarme Fischfauna festgestellt, die sich aber überwie-

gend aus grabentypischen, in hohem Maße spezialisierten und zum Teil gefährdeten Arten wie Schlammpeitzger, Steinbeißer und Karausche zusammensetzte.

Die meisten Arten wurden im Niedervieland (S = 12) erfasst, dicht gefolgt vom Hollerland mit insgesamt elf Arten, am artenärmsten war die Fischfauna in den Gräben des Werderlandes (S = 8) (Tab. 27). Die Arten Brasse, Güster, Hecht, Karausche, Moderlieschen, Schleie und Steinbeißer konnten in allen drei Gebieten nachgewiesen werden. Aale, Flussbarsche und Schlammpeitzger fehlten im Werderland. Während Rotaugen und Rotfedern ausschließlich in den Gräben im Hollerland nachgewiesen werden konnten, wurde der Karpfen (Schuppen-/ Zuchtform) lediglich im Niedervieland angetroffen.

Tab. 27: Erfasste Fischarten in den Gräben der drei Untersuchungsgebiete Hollerland, Werderland und Niedervieland in den Untersuchungsjahren 2008 und 2009.

Art	Hollerland	Werderland	Niedervieland
Aal <i>Anguilla anguilla</i>	x	-	x
Brasse/Güster <i>Abramis brama/Blicca bjoerkna</i>	x	x	x
Dreistachliger Stichling <i>Gasterosteus aculeatus</i>	-	x	x
Flussbarsch <i>Perca fluviatilis</i>	x	-	x
Hecht <i>Esox lucius</i>	x	x	x
Karausche <i>Carassius carassius</i>	x	x	x
Karpfen, Schuppen- / Zuchtform <i>Cyprinus carpio</i>	-	-	x
Moderlieschen <i>Leucaspis delineatus</i>	x	x	x
Neunstachliger Stichling <i>Pungitius pungitius</i>	-	x	x
Rotaugen <i>Rutilus rutilus</i>	x	-	-
Rotfeder <i>Scardinius erythrophthalmus</i>	x	-	-
Schlammpeitzger <i>Misgurnus fossilis</i>	x	-	x
Schleie <i>Tinca tinca</i>	x	x	x
Steinbeißer <i>Cobitis taenia</i>	x	x	x
Gesamtartenzahl [S]	11	8	12

Steinbeißer kamen in allen drei Gebieten vor, Schlammpeitzger hingegen konnten im Werderland nicht erfasst werden. Ein Verbreitungs-Schwerpunkt in den einzelnen Gebieten konnte für keine der beiden Arten festgestellt werden. Die Verbreitung dieser FFH-relevanten Fischarten in den Erprobungsgebieten im Sommer 2009 ist in **Karte 28** dargestellt.

## Vergleich der Jahre 2008 und 2009

Die drei Untersuchungsgebiete zeigten in den zwei Jahren Veränderungen in der Fischfauna auf. Während sich die Artenzusammensetzung über diesen Zeitraum lediglich geringfügig verändert hat, konnten teils stärkere Veränderungen der Individuenzahl festgestellt werden. Im Hollerland und Werderland wurden bei den Wiederholungsuntersuchungen im Sommer 2009 jeweils drei Arten mehr erfasst als im Vorjahr. Des Weiteren nahm in beiden Gebieten die Gesamt-Individuenzahl zu – im Hollerland verdoppelte sie sich, im Werderland konnten mehr als das Dreifache an Individuen im Gegensatz zum Vorjahr erfasst werden. Im Niedervieland wiederum kam es sowohl zu einer Abnahme der Individuenzahl als auch zu einer Reduzierung der Artenzahl (Tab. 28).

Tab. 28: Erfasste Fischarten in den drei Untersuchungsgebieten Hollerland, Werderland und Niedervieland in den Jahren 2008 und 2009 (ohne Fleete).

Art	Hollerland Anzahl Individuen (n) an 34/35 Probestrecken		Werderland Anzahl Individuen (n) an 24 Probestrecken		Niedervieland Anzahl Individuen (n) an 14 Probestrecken	
	2008	2009	2008	2009	2008	2009
Aal <i>Anguilla anguilla</i>	-	1	-	-	-	1
Brasse/Güster <i>Abramis brama/Blicca bjoerkna</i>	5	2	-	1	4	-
Dreistachliger Stichling <i>Gasterosteus aculeatus</i>	-	-	3	104	-	2
Flussbarsch <i>Perca fluviatilis</i>	24	21	-	-	1	-
Hecht <i>Esox lucius</i>	20	45	1	4	4	11
Karassche <i>Carassius carassius</i>	4	25	14	4	25	5
Karpfen, Schuppen- / Zuchtform <i>Cyprinus carpio</i>	-	-	-	-	13	5
Moderlieschen <i>Leucaspius delineatus</i>	97	48	-	1	15	-
Neunstachliger Stichling <i>Pungitius pungitius</i>	-	-	61	248	172	48
Rotaugen <i>Rutilus rutilus</i>	36	54	-	-	-	-
Rotfeder <i>Scardinius erythrophthalmus</i>	-	126	-	-	-	-
Schlammpeitzger <i>Misgurnus fossilis</i>	-	8	-	-	3	8
Schleie <i>Tinca tinca</i>	12	42	5	8	7	2
Steinbeißer <i>Cobitis taenia</i>	5	51	-	4	5	-
<b>Summe Individuen [N]</b>	203	423	84	374	249	82
<b>Artenanzahl [S]</b>	8	11	5	8	10	8

Die zahlenmäßig dominierende Art im Werderland und Niedervieland war in beiden Jahren der Neunstachlige Stichling. Im Hollerland hingegen dominierten in den beiden Untersu-

chungsjahren unterschiedliche Arten - im Sommer 2008 wurde das Moderlieschen mit einer Abundanz von fast 50 % am häufigsten angetroffen. Des Weiteren traten Rotaugen und der Flussbarsch als Hauptarten auf. Im darauf folgenden Jahr wurden Rotfedern am häufigsten erfasst, die im Vorjahr in den Gräben nicht nachgewiesen werden konnten. Bei den zum Teil stark gefährdeten Arten Schlammpeitzger, Steinbeißer und Karausche konnte ein Zuwachs verzeichnet werden. Im Werderland dominierte der Neunstachlige Stichling in beiden Jahren die Fischfauna – 2008 mit einem relativen Anteil von ca. 73 % und im darauf folgenden Jahr mit knapp 67 %. Während die Karausche 2008 noch die zweit-häufigste Art darstellte, zählte sie 2009 mit einer Abundanz von knapp 1 % nur noch zu den Begleitarten. Diese Art wurde 2009 von dem Dreistachligen Stichling als zweit-häufigste Art abgelöst. Die Arten Moderlieschen, Brasse/Güster sowie Steinbeißer konnten ausschließlich 2009 erfasst werden. Im Niedervieland wurden die größten Veränderungen festgestellt. Zum einen wurde eine Abnahme der Individuenzahl um 2/3 registriert. Des Weiteren kam es zu Veränderungen in der Fischzönose. Während die Arten Aal und Dreistachliger Stichling im Sommer 2009 als neue Arten registriert wurden, konnten Moderlieschen, Brassen/Güster, Steinbeißer und Flussbarsche 2009 nicht erneut erfasst werden, so dass es insgesamt zu einer Abnahme der Artenzahl von 10 auf 8 kam. In beiden Jahren dominierte der Neunstachlige Stichling die Fischzönose. Die zweit-häufigste Art war in 2008 die Karausche, im Sommer 2009 wiederum der Hecht. Während es von 2008 auf 2009 zu einer Abnahme der Individuenzahl von Karauschen sowie eines Verschwindens des Steinbeißers in den untersuchten Probestrecken gekommen ist, nahm die Abundanz der Schlammpeitzger im Sommer 2009 um knapp 7 % zu.

Am weitesten verbreitet war im Hollerland in beiden Jahren der Hecht – während er im Sommer 2008 eine Präsenz von knapp 30 % aufwies, kam er im darauf folgenden Jahr mit einer Präsenz über 50 % an mehr als der Hälfte aller Probestrecken vor. Die zweit-präsenteste Art war in beiden Jahren die Schleie, die 2008 an acht von 34 Probestrecken erfasst werden konnte. Im darauf folgenden Jahr konnte sie mit einer Präsenz von knapp 40 % an mehr als doppelt so viel Probestrecken nachgewiesen werden als 2008 (14 von 36 Probestrecken). Die restlichen Arten wurden in beiden Jahren an weniger als zehn Probestrecken erfasst. Im Werderland wies in beiden Jahren der Neunstachlige Stichling die höchste Präsenz auf. Während er 2008 an sieben von 24 Probestrecken (knapp 30 % Präsenz) erfasst wurde, gelang im Sommer 2009 ein Nachweis an elf von 24 Probestrecken (ca. 46 % Präsenz). Während die Präsenz der Karausche in beiden Jahren gleich geblieben ist (12,5 % Präsenz), konnte bei den übrigen Arten eine Zunahme der Präsenz verzeichnet werden. Die Arten Hecht, Karausche, Schleie, Moderlieschen, Brasse/Güster, Steinbeißer und Dreistachliger Stichling konnten an sechs oder weniger der insgesamt 24 Probestrecken nachgewiesen werden. Im Niedervieland wurde bei den Arten Hecht, Schlammpeitzger, Aal und Dreistachliger Stichling eine Zunahme der Präsenz verzeichnet, wobei die beiden Letztgenannten ausschließlich 2009 erfasst werden konnten. Bei den Arten Schuppen-Karpfen (Zuchtform), Karausche und Schleie nahm die Präsenz z.T. deutlich ab, die Arten Moderlieschen, Brasse/Güster, Steinbeißer und Flussbarsch konnten 2009 nicht erneut erfasst werden. Die im Jahr 2008 erfassten Arten konnten an maximal der Hälfte der 14 untersuchten Probestre-

cken nachgewiesen werden, 2009 erfolgte der Nachweis an maximal vier der 14 Probestrecken. Die Arten Karausche und Neunstachliger Stichling wiesen im Sommer 2008 eine Präsenz von 50 % auf, Schuppen-Karpfen (Zuchtform) und Schleien waren an fünf bzw. sechs Probestrecken nachweisbar, die übrigen sechs Arten wurden nur an einer bzw. zwei Probestrecken erfasst. Im Sommer 2009 war der Neunstachlige Stichling die präsenteste Art - er konnte an vier der 14 Probestrecken nachgewiesen werden. Die Arten Hecht, Karausche und Schlammpeitzger wiesen eine Präsenz von knapp 22 % auf und konnten an drei Probestrecken erfasst werden. Der Nachweis des Schuppen-Karpfens (Zuchtform) gelang an zwei Grabenabschnitten, die übrigen drei Arten konnten ausschließlich an einer Probestrecke erfasst werden.

### **Zusätzlich erhobene Daten – Befischung der Fleete 2008 und 2009**

Ein Vergleich der erhobenen Daten des Jahres 2008 und 2009 zeigt, dass es lediglich im Niedervieland zu einer Abnahme der Individuenzahl und Artenzahl gekommen ist. Die zusätzlichen Befischungen von Fleeten im Niedervieland und Werderland im Sommer 2009 unterstrichen die Artenvielfalt und den Individuenreichtum in diesen Lebensräumen deutlich (s. Tab. 29). Der Nachweis von Arten wie Aland, Rapfen, Kaulbarsch und Zander konnte ausschließlich in den Fleeten erfolgen. Die Fleete stellen demnach einen wichtigen Bestandteil der Kulturökosysteme in den Untersuchungsgebieten dar und dienen den Fischen als Rückzugsgebiet.

Tab. 29: Erfasste Fischarten in Fleeten der drei Untersuchungsgebiete Hollerland, Werderland und Niedervieland in den Jahren 2008 und 2009.

Art	Hollerland Befischung 2008 Fleete (n = 3)	Hollerland Befischung 2009 Fleete (n = 3)	Werderland Befischung 2009 Fleete (n = 4)	Niedervieland Befischung 2009 Fleete (n = 3)
	Anzahl Ind. (n)	Anzahl Ind. (n)	Anzahl Ind. (n)	Anzahl Ind. (n)
Hecht	9	31	14	5
Aal	-	1	4	5
Karpfen, Schuppen-/Zuchtform	-	-	-	1
Karusche	1	3	1	-
Schleie	7	25	53	10
Gründling	-	-	-	3
Aland	-	-	3	7
Rotauge	79	333	239	179
Rotfeder	-	143	22	161
Moderlieschen	63	40	90	51
Brasse/Güster	3	43	37	777
Rapfen	-	-	1	1
Schlammpeitzger	-	2	-	-
Steinbeißer	10	29	28	20
Flussbarsch	20	77	96	50
Zander	-	-	-	1
Kaulbarsch	-	-	-	49
Dreistachliger Stichling	-	-	30	22
Neunstachliger Stichling	-	-	23	2
Summe Individuen [N]	192	727	641	1344
Artenzahl [S]	8	11	14	17

### Zusätzlich erhobene Daten – Aushubkontrollen bei Grabenräumungen 2008

Mittels der Begleitung der Grabenräumungen im Sommer und Herbst 2008 konnten zusätzliche Daten über die Fischfauna erfasst werden (Tab. 30). Die Begleitung der Grabenräumung sind vor allem für die Erfassung der Schlammpeitzger wichtig, die aufgrund ihrer Lebensweise bei den Elektrobefischungen schwieriger erfasst werden können. Die Erfassung von zehn Individuen im Sommer 2008 an acht Gräben sowie 30 Individuen im Herbst 2008 an 30 Gräben zeigen deutlich, dass Besiedlungspotential in den Graben-Grünland-Gebieten vorhanden ist.

Tab. 30: Erfasste Fischarten bei Aushubkontrolle bei Grabenräumungen im Hollerland und Werderland im Sommer und Herbst 2008.

Art	Hollerland Grabenräumung an 8 Gräben Sommer 2008	Werderland Grabenräumung an 6 Gräben Sommer 2008	Hollerland Grabenräumung an 30 Gräben Herbst 2008
	Anzahl Ind. (n)	Anzahl Ind. (n)	Anzahl Ind. (n)
Hecht	64	4	102
Aal	-	1	-
Karausehe	23	5	36
Schleie	98	20	340
Rotaug	2	-	-
Rotfeder	-	-	3
Moderlieschen	-	-	2
Schlammpeitzger	10	-	30
Steinbeißer	14	2	23
Flussbarsch	38	-	22
Dreistachliger Stichling	-	16	-
Neunstachliger Stichling	-	24	-
Summe Individuen [N]	249	72	558
Artenzahl [S]	7	7	8

### Zusätzlich erhobene Daten – Befischung von Gräben im Herbst 2008

Ein Vergleich der im Sommer und Herbst mittels Elektrobefischung erhobenen Fischdaten im Hollerland zeigt, dass sich die Fischzönose zu den beiden Jahreszeiten geringfügig unterscheidet. Sowohl im Sommer als auch im Herbst wurden acht Arten erfasst. Im Sommer konnten Brassen/Güstern und Rotaugen nachgewiesen werden, dagegen fehlten Schlammpeitzger und Rotfedern, die wiederum im Herbst erfasst werden konnten (Tab. 31).

Tab. 31: Erfasste Fischarten in Gräben im Hollerland, Herbst 2008.

Art	Hollerland Elektrobefischung an 12 Gräben insgesamt 23 Probestrecken Herbst 2008
	Anzahl Ind. (n)
Hecht	60
Karausehe	7
Schleie	27
Rotfeder	24
Moderlieschen	2
Schlammpeitzger	7
Steinbeißer	8
Flussbarsch	28
Summe Individuen [N]	163
Artenzahl [S]	8

## Auswirkungen der Maßnahmen

Die Maßnahme RNH (Räumung normal Herbst 2007) führte in den beiden Jahren nach der Räumung in knapp der Hälfte der untersuchten Gräben zu einer Veränderung der Fischfauna (Tab. 32). In sechs der 19 befischten Gräben, an denen diese Maßnahme durchgeführt wurde, kam es im Laufe natürlich ablaufender fortschreitender Sukzession zu einer Abnahme der Individuen- und Artenzahl. Auffällig ist, dass alle sechs betroffenen Gräben im Niedervieland angesiedelt sind. Positiv hervorzuheben ist das Vorkommen der FFH Anhang II-Art Schlammpeitzger, die bei diesem Maßnahmentyp ausschließlich in Gräben im Niedervieland erfasst werden konnte. Es wurde im Sommer 2009 eine Zunahme der Schlammpeitzger-Individuen verzeichnet.

Die Betrachtung der Fischzönosen unmittelbar vor und nach den Maßnahmen zeigt, dass die durchgeführten Maßnahmen unterschiedliche, unmittelbare Auswirkungen auf die Fischfauna hatten.

Negative Auswirkungen der Maßnahmen auf die Fischfauna konnten bei einem Vergleich der Individuen- und Artenzahlen des Sommers 2008 und 2009 im Hollerland und Werderland vorerst nicht nachgewiesen werden. Im Niedervieland wurde jedoch eine Abnahme der Arten- und Individuenzahl festgestellt, die eventuell auf die Maßnahmen zurückzuführen sind.

Tab. 32: Vergleich der erfassten Fischfauna im Sommer 2008 und 2009 an Gräben, an denen die Maßnahme Räumung normal Herbst 2007 (RNH) durchgeführt worden ist.

Markierungen: grün = Zunahme der Zahlen von 2008 nach 2009; grau = keine Veränderung der Zahlen; rot = Abnahme der Zahlen von 2008 nach 2009. Farblich hervorgehoben nur für Gesamtindividuenzahl, Gesamtartenzahl und Individuenzahlen der Zielarten Schlammpeitzger und Steinbeißer. Angegeben ist die Sukzessionsphase vor Durchführung der Maßnahme.

Gebiet	HL									
Datum	23.07.08	05.08.09	24.07.08	10.08.09	31.07.08	21.08.09	31.07.08	10.08.09	31.07.08	17.08.09
Sukzessionsphase	O	O	bV	bV	sl	sl	bV	bV	bV	bV
Gr_Nr (nach Grabenkataster)	15	15	40s	40s	75	75	81	81	86	86
Hecht		3	2		1	1				
Aal										
Karpfen, Schuppen-/Zuchtform										
Karausche			1	1			1	3		
Schleie				4				3		
Plötze										
Rotfeder						3				
Moderlieschen										
Brasse/Güster										
Schlammpeitzger										
Steinbeißer										
Flussbarsch										
Dreistachliger Stichling										
Neunstachliger Stichling										
<b>Summe Individuen</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>6</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Artenanzahl</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

Fortsetzung 1 Tab. 32

Gebiet	HL	HL	NV	NV	NV	NV	NV	NV	NV	NV	NV
Datum	24.07.08	17.08.09	06.08.08	13.08.09	06.08.08	13.08.09	06.08.08	13.08.09	06.08.08	07.08.09	
Sukzessionsphase	W	W	W	W	O	O	bV	bV	bV	bV	
Gr_Nr (nach Grabenkataster)	93	93	A6	A6	A7	A7	A8	A8	B11	B11	
Hecht		1							2	3	
Aal				1							
Karpfen, Schuppen-/Zuchtform							2				
Karausche			3				13	1	1	2	
Schleie		1	1				2		1		
Plötze	Brut										
Rotfeder											
Moderlieschen					8		7				
Brasse/Güster							4				
Schlammpeitzger								3	2		
Steinbeißer											
Flussbarsch							1				
Dreistachliger Stichling											
Neunstachliger Stichling			15		10		65	14			
<b>Summe Individuen</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>19</b>	<b>1</b>	<b>18</b>	<b>0</b>	<b>94</b>	<b>18</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	
<b>Artenanzahl</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>7</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	

## Fortsetzung 2 Tab. 32

Gebiet	NV	WL	WL							
Datum	06.08.08	07.08.09	06.08.08	13.08.09	05.08.08	07.08.09	05.08.08	19.08.09	08.08.08	14.08.09
Sukzessionsphase	bV	bV	bV	bV	bV	bV	W	W	O	O
Gr_Nr (nach Grabenkataster)	B12	B12	B17	B17	C9	C9	G20	G20	A25.3	A25.3
Hecht	2	3		5						
Aal										
Karpfen, Schuppen-/Zuchtform					1	1	3			
Karausche	1	2			1		2			
Schleie				2	1					2
Plötze										
Rotfeder										
Moderlieschen										
Brasse/Güster										
Schlammpeitzger		1	1	4						
Steinbeißer					2		3			
Flussbarsch										
Dreistachliger Stichling										
Neunstachliger Stichling			2	6	30					
Summe Individuen	3	6	3	17	35	1	8	0	0	2
Artenanzahl	2	3	2	4	5	1	3	0	0	1

## Fortsetzung 3 Tab. 32

Gebiet	WL							
Datum	08.08.08	14.08.09	25.08.08	15.08.09	25.08.08	12.08.09	25.08.08	15.08.09
Sukzessionsphase	O	O	O	O	O	O	O	O
Gr_Nr (nach Grabenkataster)	B5.4	B5.4	D12.4	D12.4	d34	d34	AKG	AKG
Hecht								
Aal								
Karpfen, Schuppen-/Zuchtform								
Karausche				1				
Schleie								
Plötze								
Rotfeder								
Moderlieschen						1		
Brasse/Güster								
Schlammpeitzger								
Steinbeißer								
Flussbarsch								
Dreistachliger Stichling						3		
Neunstachliger Stichling					5	14		
Summe Individuen	0	0	0	1	5	18	0	0
Artenanzahl	0	0	0	1	1	3	0	0

An den im Herbst 2007 intensiv geräumten Gräben wurde ausschließlich an einem der zwölf befischten Gräben eine Abnahme der Individuenzahl in den beiden Jahren nach der Räumung festgestellt (Tab. 33). Der Unterschied war allerdings minimal (drei Individuen im Jahr 2008 und 2 Individuen 2009). In zwei Drittel der Gräben kam es nach den Maßnahmen zu einer Zunahme der Individuen- und Artenzahl. Des Weiteren konnten erstmals 2009 an jeweils zwei Gräben die Arten Schlammpeitzger und Steinbeißer nachgewiesen werden.

Tab. 33: Vergleich der erfassten Fischfauna im Sommer 2008 und 2009 an Gräben, an denen die Maßnahme Räumung intensiv Herbst 2007 (RIH) durchgeführt worden ist.

Markierungen: **grün** = Zunahme der Zahlen von 2008 nach 2009; **grau** = keine Veränderung der Zahlen; **rot** = Abnahme der Zahlen von 2008 nach 2009. Farblich hervorgehoben nur für Gesamtindividuenzahl, Gesamtartenzahl und Individuenzahlen der Zielarten Schlammpeitzger und Steinbeißer. Angegeben ist die Sukzessionsphase vor Durchführung der Maßnahme.

Gebiet	HL							
Datum	23.07.08	05.08.09	23.07.08	05.08.09	23.07.08	10.08.09	31.07.08	24.08.09
Sukzessionsphase	bV	bV	sV	sV	O	O	bV	bV
Gr_Nr (nach Grabenkataster)	18	18	22	22	43s	43s	82	82
Hecht	1	1	1	1		1	1	1
Aal								
Karausche						3		2
Schleie			2					
Pötze								
Rotfeder						2		
Moderlieschen						2		
Güster								
Schlammpeitzger				1				
Steinbeißer								
Fussbarsch						1		
Dreistachliger Stichling								
Neunstachliger Stichling								
<b>Summe Individuen</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>9</b>	<b>1</b>	<b>3</b>
<b>Artenanzahl</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>2</b>

## Fortsetzung 1 Tab. 33

Gebiet	HL	HL	HL	HL	WL	WL	WL	WL
Datum	31.07.08	24.08.09	31.07.08	24.08.09	08.08.08	14.08.09	08.08.08	14.08.09
Sukzessionsphase	bV	bV	bV	bV	O	O	W	W
Gr_Nr (nach Grabenkataster)	83	83	84	84	A25.5	A25.5	F1.2	F1.2
Hecht				2				
Aal		1						
Karusche								
Schleie		2				1		
Plötze		1						
Rotfeder		40						
Moderlieschen		1						
Güster		1						
Schlammpeitzger				1				
Steinbeißer		3		1				
Flussbarsch		2						
Dreistachliger Stichling								
Neunstachliger Stichling								
Summe Individuen	0	51	0	4	0	1	0	0
Artenanzahl	0	8	0	3	0	1	0	0

## Fortsetzung 2 Tab. 33

Gebiet	WL							
Datum	08.08.08	14.08.09	25.08.08	12.08.09	25.08.08	15.08.09	25.08.08	15.08.09
Sukzessionsphase	O	O	O	O	O	O	O	O
Gr_Nr (nach Grabenkataster)	B5.5	B5.5	d36	d36	D11.1	D11.1	d30.1	d30.1
Hecht	1	1				1		
Aal								
Karusche								2
Schleie	1	1						
Plötze								
Rotfeder								
Moderlieschen								
Güster								
Schlammpeitzger								
Steinbeißer								
Flussbarsch								
Dreistachliger Stichling				37		12		
Neunstachliger Stichling				112		18		1
Summe Individuen	2	2	0	149	0	31	0	3
Artenanzahl	2	2	0	2	0	3	0	2

Sowohl bei den im Sommer 2008 normal als auch den intensiv geräumten Gräben konnten Veränderungen in der Fischzönose festgestellt werden. Diese waren, wie in den im Herbst des Vorjahres geräumten Gräben, in den normal geräumten Gräben ausgeprägter (Tab. 34). In vier der sieben untersuchten Gräben wurde eine Abnahme der Individuenzahl verzeichnet, die Artenzahl nahm in drei Gräben ab. In drei Gräben konnte wiederum eine teilweise stark ausgeprägte Zunahme der Individuen- und Artenzahl festgestellt werden.

Tab. 34: Vergleich der erfassten Fischfauna im Sommer 2008 und 2009 an Gräben, an denen die Maßnahme Räumung normal Sommer 2008 (RNS) durchgeführt worden ist.

Markierungen: grün = Zunahme der Zahlen von 2008 nach 2009; grau = keine Veränderung der Zahlen; rot = Abnahme der Zahlen von 2008 nach 2009. Farblich hervorgehoben nur für Gesamtindividuenzahl, Gesamtartenzahl und Individuenzahlen der Zielarten Schlammpeitzger und Steinbeißer. Angegeben ist die Sukzessionsphase vor Durchführung der Maßnahme.

Gebiet	HL							
Datum	23.07.08	05.08.09	22.07.08	06.08.09	24.07.08	10.08.09	24.07.08	04.08.09
Sukzessionsphase	sl	sl	sl	sl	O	O	bV	bV
Gr_Nr (nach Grabenkataster)	8	8	34S	34S	40n	40n	122N	122N
Hecht			4		1			3
Karausche								
Schleie					2			
Plötze		20						
Rotfeder								
Moderlieschen								
Schlammpeitzger								1
Steinbeißer								
Flussbarsch		3	3	2				
Dreistachliger Stichling								
Neunstachliger Stichling								
Summe Individuen	0	23	7	2	3	0	0	4
Artenanzahl	0	2	2	1	2	0	0	2

## Fortsetzung 1 Tab. 34

Gebiet	WL	WL	WL	WL	WL	WL
Datum	08.08.08	20.08.09	08.08.08	14.08.09	25.08.08	15.08.09
Sukzessionsphase	O	O	O	O	O	O
Gr_Nr (nach Grabenkataster)	i8.1	i8.1	A25.2	A25.2	D6.2	D6.2
Hecht		1				
Karusche		1				
Schleie			2	1		
Plötze						
Rotfeder						
Moderlieschen						
Schlammpeitzger						
Steinbeißer		1				
Flussbarsch						
Dreistachliger Stichling					1	
Neunstachliger Stichling	1	11			9	5
<b>Summe Individuen</b>	<b>1</b>	<b>14</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>10</b>	<b>5</b>
<b>Artenanzahl</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>

Im Großteil der im Sommer 2008 intensiv geräumten Gräben konnten positive Entwicklungen in der Fischfauna festgestellt werden (Tab. 35). In zwei der drei untersuchten Gräben nahm die Individuen- und Artenzahl zu, in einem Graben konnte dabei eine starke Zunahme registriert werden.

Tab. 35: Vergleich der erfassten Fischfauna im Sommer 2008 und 2009 an Gräben, an denen die Maßnahme Räumung intensiv Sommer 2008 (RIS) durchgeführt worden ist.

Markierungen: grün = Zunahme der Zahlen von 2008 nach 2009; grau = keine Veränderung der Zahlen; rot = Abnahme der Zahlen von 2008 nach 2009. Farblich hervorgehoben nur für Gesamtindividuenzahl, Gesamtartenzahl und Individuenzahlen der Zielarten Schlammpeitzger und Steinbeißer. Angegeben ist die Sukzessionsphase vor Durchführung der Maßnahme.

Gebiet	HL	HL	HL	HL	HL	HL
Datum	23.07.08	06.08.09	22.07.08	06.08.09	23.07.08	10.08.09
Sukzessionsphase	bV	bV	bV	bV	O	O
Gr_Nr (nach Grabenkataster)	25S	25S	35S	35S	43n	43n
Hecht		1		2		
Karusche					1	7
Schleie	1				1	3
Rotfeder						6
Moderlieschen						2
<b>Summe Individuen</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>18</b>
<b>Artenanzahl</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>4</b>

An den im Herbst 2008 normal bzw. intensiv geräumten Gräben konnten keine negativen Auswirkungen auf die Fischzönose festgestellt werden (Tab. 36). In drei der vier intensiv geräumten Gräben wurde eine deutliche Zunahme der Individuen- und Artenzahl festgestellt (Tab. 37). Verschlechterungen in der Fischzönose konnten nicht festgestellt werden.

Tab. 37 In den normal geräumten Gräben konnten ein Jahr nach der Maßnahme Zunahmen der Individuen verzeichnet werden, die Artenzahl nahm zu bzw. veränderte sich nicht (Tab. 36).

Tab. 36: Vergleich der erfassten Fischfauna im Sommer 2008 und 2009 an Gräben, an denen die Maßnahme Räumung normal Herbst 2008 (RNH2) durchgeführt worden ist.

Markierungen: grün = Zunahme der Zahlen von 2008 nach 2009; grau = keine Veränderung der Zahlen; rot = Abnahme der Zahlen von 2008 nach 2009. Farblich hervorgehoben nur für Gesamtindividuenzahl, Gesamtartenzahl und Individuenzahlen der Zielarten Schlammpeitzger und Steinbeißer. Angegeben ist die Sukzessionsphase vor Durchführung der Maßnahme.

Gebiet	HL	HL	HL	HL
Datum	24.07.08	17.08.09	24.07.08	17.08.09
Sukzessionsphase	0	0	0	0
Gr_Nr (nach Grabenkataster)	97	97	99	99
Hecht	1	2		
Schleie	1	1		3
Summe Individuen	2	3	0	3
Artenzahl	2	2	0	1

In drei der vier intensiv geräumten Gräben wurde eine deutliche Zunahme der Individuen- und Artenzahl festgestellt (Tab. 37). Verschlechterungen in der Fischzönose konnten nicht festgestellt werden.

Tab. 37: Vergleich der erfassten Fischfauna im Sommer 2008 und 2009 an Gräben, an denen die Maßnahme Räumung intensiv Herbst 2008 (RIH2) durchgeführt worden ist.

Markierungen: grün = Zunahme der Zahlen von 2008 nach 2009; grau = keine Veränderung der Zahlen; rot = Abnahme der Zahlen von 2008 nach 2009. Farblich hervorgehoben nur für Gesamtindividuenzahl, Gesamtartenzahl und Individuenzahlen der Zielarten Schlammpeitzger und Steinbeißer. Angegeben ist die Sukzessionsphase vor Durchführung der Maßnahme.

Gebiet	HL							
Datum	31.07.08	21.08.09	31.07.08	21.08.09	24.07.08	04.08.09	24.07.08	04.08.09
Sukzessionsphase	sV	sV	bV	bV	bV	bV	sI	sI
Gr_Nr (nach Grabenkataster)	64	64	67	67	117	117	120s	120s
Hecht								2
Karausche						1		
Schleie		4				3		
Moderlieschen		12						
Schlammpeitzger						1		2
Summe Individuen	0	16	0	0	0	5	0	4
Artenzahl	0	2	0	0	0	3	0	2

Auch in den Kontrollgräben, die nicht geräumt worden sind, kam es zu einer Veränderung der Fischzönosen (Tab. 38). In 13 der 17 untersuchten Gräben konnten positive Veränderungen bzw. gleich bleibende Zustände registriert werden, lediglich in vier Gräben kam es zu Abnahmen der Individuenzahl sowie in drei Gräben zu einer Abnahme der Artenzahl. Die Veränderungen werden durch die natürlich fortschreitende Sukzession hervorgerufen, die in den Gräben abläuft.

Tab. 38: Vergleich der erfassten Fischfauna im Sommer 2008 und 2009 an Gräben, an denen die Maßnahme Keine Räumung / Kontrolle (RKK) durchgeführt worden ist.

Markierungen: grün = Zunahme der Zahlen von 2008 nach 2009; grau = keine Veränderung der Zahlen; rot = Abnahme der Zahlen von 2008 nach 2009. Farblich hervorgehoben nur für Gesamtindividuenzahl, Gesamtartenzahl und Individuenzahlen der Zielarten Schlammpeitzger und Steinbeißer. Angegeben ist die Sukzessionsphase vor Durchführung der Maßnahme.

Gebiet	HL	HL	HL	HL	HL	HL	HL	HL	HL	HL
Datum	23.07.08	05.08.09	23.07.08	06.08.09	21.08.08	11.08.09	31.07.08	24.08.09	24.07.08	06.08.09
Sukzessionsphase	O	O	sl	sl	sl	sl	sl	sl	sl	sl
Gr_Nr (nach Grabenkataster)	21	21	28	28	74	74	78	78	132n	132n
Hecht		1	3		5	18				1
Aal										
Karusche										
Schleie				2	5	12				
Pfütze					36	33				
Rotfeder						75				
Moderlieschen					97	31				
Brasse										
Güster										
Brasse/Güster					5	1				
Schlammpeitzger				1						
Steinbeißer					5	47				
Flussbarsch					21	13				
Dreistachliger Stichling										
Neunstachliger Stichling										
<b>Summe Individuen</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>174</b>	<b>230</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>
<b>Artenanzahl</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>

## Fortsetzung 1 Tab. 38

Gebiet	HL	HL	HL	HL	NV	NV	NV	NV	NV	NV
Datum	21.08.08	11.08.09	21.08.08	11.08.09	05.08.08	07.08.09	05.08.08	07.08.09	05.08.08	19.08.09
Sukzessionsphase	O	O	O	O	sV	sV	O	O	O	O
Gr_Nr (nach Grabenkataster)	KGF	KGF	JRF S	JRF-S	C7	C7	C8	C8	G19	G19
Hecht	1	5	2	20						
Aal				1						
Karpfen, Schuppen-/Zuchtform					3	4				
Karausche	1	3			4				4	
Schleie	2	11		10	1					
Plötze	2		43	284						
Rotfeder		36		63						
Moderlieschen	2		12	24						
Brasse										
Güster										
Brasse/Güster			1	7						
Schlammpeitzger		2								
Steinbeißer		3		4						
Flussbarsch			14	67						
Dreistachliger Stichling										2
Neunstachliger Stichling					18		32			27
<b>Summe Individuen</b>	<b>8</b>	<b>60</b>	<b>72</b>	<b>480</b>	<b>26</b>	<b>4</b>	<b>32</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>29</b>
<b>Artenanzahl</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>9</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>

## Fortsetzung 2 Tab. 38

Gebiet	NV	NV	WL	WL	WL	WL	WL	WL	WL	WL
Datum	05.08.08	13.08.09	08.08.08	20.08.09	08.08.08	12.08.09	25.08.08	12.08.09	25.08.08	12.08.09
Sukzessionsphase	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Gr_Nr (nach Grabenkataster)	H5	H5	I9.1	I9.1	B2.2	B2.2	d35	d35	d26	d26
Hecht										
Aal										
Karausche			4							
Schleie				1	1					
Plötze										
Rotfeder										
Moderlieschen										
Brasse										
Güster										
Brasse/Güster										
Schlammpeitzger										
Steinbeißer						1				
Flussbarsch										
Dreistachliger Stichling										52
Neunstachliger Stichling		1	17	9				1		59
<b>Summe Individuen</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>21</b>	<b>10</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>111</b>
<b>Artenanzahl</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>2</b>

## Fortsetzung 3 Tab. 38

Gebiet	WL	WL	WL	WL
Datum	25.08.08	12.08.09	25.08.08	15.08.09
Sukzessionsphase	O	O	O	O
Gr_Nr (nach Grabenkataster)	d28	d28	D6.1	D6.1
Hecht				
Aal				
Karusche			5	
Schleie			1	
Plötze				
Rotfeder				
Moderlieschen				
Brasse				
Güster				
Brasse/Güster				
Schlammpeitzger				
Steinbeißer				
Flussbarsch				
Dreistachliger Stichling			1	
Neunstachliger Stichling			1	1
<b>Summe Individuen</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>8</b>	<b>1</b>
<b>Artenanzahl</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>1</b>

Die Untersuchung der Gräben, an denen Wassermaßnahmen durchgeführt worden sind, zeigten teilweise stark ausgeprägte Auswirkungen auf die Fischfauna.

Die Anlage von Grundwasserbrunnen führte lediglich an einem der vier untersuchten Gräben zu einer minimalen Abnahme der Individuen- und Artenzahl (Tab. 39). An den drei anderen Gräben nahm die Individuen- und Artenzahl zu bzw. blieb gleich.

Tab. 39: Vergleich der erfassten Fischfauna im Sommer 2008 und 2009 an Gräben, an denen die Wassermaßnahme Grundwasserbrunnen (WG) durchgeführt worden ist.

Markierungen: grün = Zunahme der Zahlen von 2008 nach 2009; grau = keine Veränderung der Zahlen; rot = Abnahme der Zahlen von 2008 nach 2009. Farblich hervorgehoben nur für Gesamtindividuenzahl, Gesamtartenzahl und Individuenzahlen der Zielarten Schlammpeitzger und Steinbeißer. Angegeben ist die Sukzessionsphase vor Durchführung der Maßnahme.

Gebiet	HL	HL	HL	HL	NV	NV	NV	NV
Datum	23.07.08	06.08.09	24.07.08	06.08.09	06.08.08	07.08.09	06.08.08	07.08.09
Sukzessionsphase	sl	sl	sl	sl	bV	bV	bV	bV
Gr_Nr (nach Grabenkataster)	28	28	132n	132n	B12	B12	B11	B11
Hecht	3			1	2	3	2	3
Karusche					1	2	1	2
Schleie		2					1	
Schlammpeitzger		1				1	2	
<b>Summe Individuen</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>5</b>
<b>Artenanzahl</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>2</b>

An den Gräben mit Röhrichtklärstrecken wurden ausschließlich positive Entwicklungen in der Fischfauna festgestellt. Es kam teilweise zu einer starken Zunahme der Individuen- und Artenzahl (Tab. 40).

Tab. 40: Vergleich der erfassten Fischfauna im Sommer 2008 und 2009 an Gräben, an denen die Wassernaßnahme Röhrichtklärstrecke (WR) durchgeführt worden ist.

Markierungen: grün = Zunahme der Zahlen von 2008 nach 2009; grau = keine Veränderung der Zahlen; rot = Abnahme der Zahlen von 2008 nach 2009. Farblich hervorgehoben nur für Gesamtindividuenzahl, Gesamtartenzahl und Individuenzahlen der Zielarten Schlammpeitzger und Steinbeißer. Angegeben ist die Sukzessionsphase vor Durchführung der Maßnahme.

Gebiet	HL	HL	HL	HL
Datum	31.07.08	10.08.09	31.07.08	24.08.09
Sukzessionsphase	bV	bV	bV	bV
Gr_Nr (nach Grabenkataster)	81	81	83	83
Aal				1
Karausche	1	3		
Schleie		3		2
Plötze				1
Rotfeder				40
Moderlieschen				1
Güster				1
Steinbeißer				3
Flussbarsch				2
<b>Summe Individuen</b>	<b>1</b>	<b>6</b>	<b>0</b>	<b>51</b>
<b>Artenanzahl</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>8</b>

An den Gräben mit Grabenabdämmung konnten hingegen überwiegend negative Auswirkungen auf die Fischfauna festgestellt werden (Tab. 41). Es wurden zum einen drastische Abnahmen der Individuenzahl festgestellt, zum anderen konnten in den Gräben weniger Arten als im Vorjahr erfasst werden. Positiv hervorzuheben ist die Ersterfassung dreier Schlammpeitzger-Individuen im Jahr 2009. Durch die Grabenabdämmung in den betroffenen Gräben des Niedervielandes liegt offenbar eine Einschränkung bzw. Verhinderung der Ausbreitungsmöglichkeiten für die Fische vor, die eine Wiederbesiedlung der Gräben unwahrscheinlich macht.

Tab. 41: Vergleich der erfassten Fischfauna im Sommer 2008 und 2009 an Gräben, an denen die Wassermaßnahme Grabenabdämmung (WA) durchgeführt worden ist.

Markierungen: grün = Zunahme der Zahlen von 2008 nach 2009; grau = keine Veränderung der Zahlen; rot = Abnahme der Zahlen von 2008 nach 2009. Farblich hervorgehoben nur für Gesamtindividuenzahl, Gesamtartenzahl und Individuenzahlen der Zielarten Schlammpeitzger und Steinbeißer. Angegeben ist die Sukzessionsphase vor Durchführung der Maßnahme.

Gebiet	NV	NV	NV	NV	NV	NV
Datum	06.08.08	13.08.09	06.08.08	13.08.09	06.08.08	13.08.09
Sukzessionsphase	W	W	O	O	bV	bV
Gr_Nr (nach Grabenkataster)	A6	A6	A7	A7	A8	A8
Aal		1				
Karpfen					2	
Karusche	3				13	1
Schleie	1				2	
Moderlieschen			8		7	
Brasse/Güster					4	
Schlammpeitzger						3
Flussbarsch					1	
Neunstachliger Stichling	15		10		65	14
<b>Summe Individuen</b>	<b>19</b>	<b>1</b>	<b>18</b>	<b>0</b>	<b>94</b>	<b>18</b>
<b>Artenanzahl</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>7</b>	<b>3</b>

Eine Übersichts-Tabelle aller durchgeführten Maßnahmen, in der die Verschlechterung der vier Parameter (Individuen- und Artenzahl sowie Vorkommen der Arten Schlammpeitzger und Steinbeißer) in Prozent aufgeführt ist, macht noch einmal deutlich, dass die Maßnahmen zum größten Teil keine negativen Auswirkungen auf die Fischfauna ausüben. Lediglich an Gräben, die im Sommer 2008 normal geräumt wurden, und den Gräben mit Grabenabdämmung konnte eine Verschlechterung um mehr als 33,3 % bezüglich der Individuen- und Artenzahl festgestellt werden (s. Tab. 42 rot hinterlegt).

Tab. 42: Prozentuale Verschlechterung der vier Parameter Individuen- und Artenzahl sowie Anzahl (n) der Schlammpeitzger und Steinbeißer in Abhängigkeit der verschiedenen Erprobungsmaßnahmen.

Maßnahmen-Kürzel: RNH = Räumung normal Herbst 2007; RIH = Räumung intensiv Herbst 2007; RNS = Räumung normal Sommer 2008; RIS = Räumung intensiv Sommer 2008; RNH2 = Räumung normal Herbst 2008; RIH2 = Räumung intensiv Herbst 2008; RKK = Keine Räumung, Kontrolle; WG = Wassermaßnahme Grundwasserbrunnen; WR = Wassermaßnahme Röhrichtklärstrecke; WA = Wassermaßnahme Grabenabdämmung; \* = ohne Nachweis, Markierungen: rot = Abnahme der Arten- bzw. Individuenzahlen an mehr als an einem Drittel der Probestrecken

Maßnahmen-Kürzel	Prozent (%) der Fälle, in denen eine Verschlechterung in den Testgräben festgestellt wurde									
	RNH	RIH	RNS	RIS	RNH2	RIH2	RKK	WG	WR	WA
Anzahl Probestrecken (n)	19	12	7	3	2	4	17	4	2	3
Summe Individuen [N]	31,6	8,3	57,1	0	0	0	23,5	25	0	100
Artenzahl [S]	31,6	0	42,9	0	0	0	17,7	25	0	100
Schlammpeitzger Ind. (n) <i>Misgurnus fossilis</i>	5,3	0	0	0*	0*	0	0	25	0*	0
Steinbeißer Ind. (n) <i>Cobitis taenia</i>	10,5	0	0	0*	0*	0*	0	0*	0	0*

## Resümee

Die Untersuchung der Fischfauna zeigte, dass trotz der Maßnahmen ein Erhalt der Vorkommen von Arten der Anhänge der FFH-Richtlinie (Schlammpeitzger und Steinbeißer) im Hollerland und Werderland auch unmittelbar (d.h. ein Jahr) nach Durchführung der Maßnahmen gewährleistet werden konnte. Ob der Rückgang der Individuenzahl und der Artenvielfalt, die grundsätzlich nur im Niedervieland festgestellt werden konnte, direkt auf die Maßnahmen zurückzuführen ist, oder ob hier andere, gebietsspezifische Faktoren (z.B. Wasserqualität), ausschlaggebend waren, müsste in weiteren Untersuchungen ermittelt werden.

Langfristig ist für den Erhalt der Grabenfischfauna, speziell der in diesen Sekundärlebensräumen vorkommenden Auenarten wie z.B. Schlammpeitzger, Steinbeißer oder Karausche, eine Grabenräumung zwingend erforderlich. Hierbei hat sich das ökologische Grabenräumprogramm im Grundsatz sehr bewährt. Aus Sicht der Fischfauna sollten weiterhin folgende Punkte beachtet werden:

- Erhalt auch von späteren Sukzessionsphasen (Verlandungsphasen) über mehrere Jahre (auch von größeren Grabenwasserkörpern), speziell zum Schutz des Schlammpeitzgers
- Schaffung von größeren Wasserkörpern (sowohl Gewässerbreite als auch Tiefe) innerhalb der Gebiete als Rückzugsräume (z.B. in starken Wintern) und Laichgebiete
- Zulassung von regelmäßigen Wasserstandsschwankungen
- Gewährleistung einer Biotopvernetzung (longitudinale und laterale Verbindungen) sowohl innerhalb der jeweiligen, hydrologisch oft sehr abgegrenzten Gebiete, als auch an das angrenzende Gewässersystem innerhalb der Bremer Stromtallandschaft.

#### 5.5.1.4 Zusammenfassung der Ergebnisse zu den Auswirkungen der Maßnahmen auf die Fischfauna

Die Befunde geben **keine konkreten Hinweise bezüglich längerfristiger negativer Auswirkungen** von durchgeführten Maßnahmen auf die Fischfauna. Für Fische und andere wassergebundene Organismengruppen ist die Räumung zum Erhalt von wasserführenden Gräben essentiell erforderlich, auch wenn während der Räumereignisse Fische aller vorkommenden Arten aus dem Graben entnommen werden. Diese unmittelbare Beeinträchtigung von Faunenelementen hat bei Betrachtung auf Populationsebene einen unvermeidbaren, im Verhältnis zum Gesamtsystem aber moderaten Anteil und kann durch Zurückverbringung von Organismen im Rahmen von begleitenden Aushubkontrollen minimiert werden. Die synergetischen Effekte von Räumbegleitungen bezüglich Artenschutz und Datenmonitoring wurde im Rahmen des Projektes herausgestellt.

Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass sich insbesondere eine intensive Räumart stark verschlammter Gräben mit einer effektiven Schlammentnahme positiv auf die Arten- und Individuenzahlen von Fischen auswirkt. Hierdurch wird der für die Fischfauna bedeutsame freie Wasserkörper am besten wiederhergestellt. Auch die an ökologischen Zielen orientierte Normalräumung wirkte sich über die zwei Folgejahre positiv auf die Fischzönosen aus.

Als günstiger **Raumzeitpunkt** wird für die Belange der Fischfauna der Herbst vorgeschlagen, da dann die Fortpflanzung fast aller vorkommenden Arten abgeschlossen und die besonders kritische Larvalphase weitgehend überwunden sind. Die herangewachsenen Jungfische können aufgrund verbesserter Mobilität bei ausreichender Vernetzung des Gewässersystems dem durch die Grabenräumung verursachten Eingriff ausweichen. Die Untersuchungsergebnisse wiesen dagegen in etwa der Hälfte aller Testgräben eine Verschlechterung der Arten- und Individuenzahlen bei einer schon im Sommer durchgeführten Räumung aus.

Die **Wassernaßnahmen** Röhrichtklärstrecke (WR) und Grundwasserzuleitung (WG) hatten keinen messbaren Effekt auf die bewerteten Kriterien der Fischzönose (Gesamtarten- und Individuenzahlen, Individuenzahlen der FFH-Anhang-II-Arten Schlammpeitzger und Steinbeißer). Die Grabenabdämmung (WA) führte dagegen in allen untersuchten Teststrecken zu einer deutlichen Verschlechterung der Gesamtindividuen- und Artenzahlen, in einem Fall konnte aber der Schlammpeitzger von den entschärften Konkurrenzbedingungen profitieren.

Die **spezialisierten Arten Schlammpeitzger und Karausche** profitieren vom Vorhandensein von Gräben in besonders **späten Sukzessionsstadien** (insb. auch von größeren Bereichen wie z. B. Grabenaufweitungen). Diese gilt es daher in ausreichendem Maße im System zu erhalten. Von Bedeutung ist dabei auch ein vernetztes Mosaik aus Gräben und größeren Fleeten (Hauptvorfluter) verschiedener Sukzessionsstadien (longitudinale und laterale Anbindung an das Gewässersystem). Die Flote fungieren dabei als wichtige Winterquartiere und Ausbreitungsachsen sowie als Reservoir für eine Wiederbesiedlung des Grabensystems.

## 5.5.2 Wirkungskontrolle ausgewählter Libellenarten

Die folgenden Ausführungen sind überwiegend aus dem Kurzbericht von HANDKE & LOPAU (2010) entnommen. Der Bericht dokumentiert die Untersuchungsergebnisse zur Grünen Mosaikjungfer im Werderland aus dem Jahr 2009. Die Untersuchungen erfolgten im Rahmen von Erfolgskontrollen zu Kompensationsmaßnahmen im Auftrag der Hanseatischen Naturentwicklung GmbH. Sie geben auch wichtige Hinweise für die Fragestellungen im Forschungsvorhaben. Ergänzend werden Ergebnisse von KLUGKIST (SUBVE, mündl.) zu Kartierungen im Hollerland hinzugezogen.

### 5.5.2.1 Zielsetzung

Die Grüne Mosaikjungfer ist als Libellenart, die ihre Eier ein Mitteleuropa ausschließlich in die Blätter der Krebschere ablegt (z. B. SCHORR 1990), direkt und indirekt durch die Grabenräumung betroffen. Eier und Larven der Libellenart können mit den entnommenen Krebscheren aus dem Gewässer entfernt werden und am Grabenrand vertrocknen. Indirekte Auswirkungen können sich ergeben, da die Krebscherenbestände eine bestimmte Dichte aufweisen müssen, wenn sie als geeigneter Eiablageplatz von den Weibchen erkannt werden sollen. Diese Krebscherendichte verbleibt - vor allem nach einer herkömmlichen Grabenräumung - in den meisten Fällen nicht.

Um die Auswirkungen der ökologischen Grabenräumung auf die Libelle zu ermitteln, wurden im Jahr 2009 stichprobenhafte Untersuchungen an der Grünen Mosaikjungfer an geräumten Gräben im Werderland (HANDKE & LOPAU) und Hollerland (KLUGKIST) durchgeführt worden, die möglichst folgende Fragen klären sollten:

- Zeigen sich Unterschiede in der Besiedlung durch die Grüne Mosaikjungfer zwischen den Räumungsvarianten „Normalräumung“ und „Intensivräumung“?
- Zeigen sich Unterschiede in der Besiedlung durch die Grüne Mosaikjungfer zwischen den Räumungsvarianten „Normalräumung im Spätsommer“ und „Normalräumung im Herbst“?
- Welche Rolle spielt der Ausgangszustand der zu räumenden Gräben für die Besiedlung?
- Sind beimpfte Gräben (Beimpfungsstrecken) zur Eiablage geeignet?

### 5.5.2.2 Durchführung

Für die folgenden Räumungsvarianten sind im Werderland je zwei Probegräben ausgewählt worden: Intensivräumung Herbst 2007 und 2008 (N = 4), Normalräumung Herbst 2007 und 2008 (N = 4) sowie Normalräumung Spätsommer 2008 (n = 2). Zusätzlich wurden zwei Kontrollgräben untersucht, an denen 2007/08 keine Räumung stattgefunden hatte. Die Probestellen sind über das gesamte Räumgebiet verteilt worden, mit einem Schwerpunkt im Polder Hove. Einen Überblick über die Probegräben im Werderland mit Angaben zur Räumung sowie dem Zustand vor und nach der Räumung gibt Tab. 43.

An jedem Probegraben wurde Mitte Juli (14. bzw. 17.07.2009) eine systematische Exuvien suche durchgeführt. Exuvien sind die letzten an Land zurückgelassenen Larvenhäu-

te der Libellen. Sie dienen als Beleg für die Indigenität einer Art, d. h. als Entwicklungs- bzw. Vermehrungsnachweis. Anfang August (07.08.2009) wurden zudem alle Gräben in der Hauptaktivitätszeit eierlegender Weibchen (ca. 13:00 bis 17:00 Uhr) erneut systematisch abgelaufen und die Weibchen erfasst.

Tab. 43: Kurzcharakterisierung der Probegräben für die Erfassung der Grünen Mosaikjungfer im Werderland 2009 (HANDKE & LOPAU 2010).

Probegraben	Art und Zeitpunkt der Räumung	Zustand vor der Räumung	Zustand nach der Räumung
WL1 (Hove Polder)	Intensivräumung Herbst 2007	Krebsscherengraben Optimlaphase (aber lückig)	Graben noch deutlich in der Regenerationsphase; Krebsscheren noch überwiegend untergetaucht
WL 2 (Polder Lesumbrok)	Intensivräumung Herbst 2007	Krebsscherengraben stark verlandet	Graben noch deutlich in der Regenerationsphase; Krebsscheren noch überwiegend untergetaucht
WL 3 (Hove Polder)	Normalräumung Herbst 2007	Krebsscherengraben Optimalphase	Krebsscherengraben Optimalphase (z.T. noch lückig)
WL 4 (Polder Lesumbrok)	Normalräumung Herbst 2007	Krebsscherengraben stark verlandet	Graben noch in der Regenerationsphase; Krebsscheren noch überwiegend untergetaucht
WL 5 (Hove Polder)	Normalräumung Spätsommer 2008	Krebsscherengraben Optimalphase (aber beginnende Verlandung)	Krebsscherengraben Optimalphase
WL 6 (Hove Polder)	Normalräumung Spätsommer 2008	Krebsscherengraben Optimalphase	Krebsscherengraben Optimalphase (z.T. noch lückig)
WL 7 (Hove Polder)	Intensivräumung Herbst 2008	Krebsscherengraben Optimalphase, aber lückig und z.T. verschlammt	Graben schon regeneriert, Bestände aber noch überwiegend lückig
WL 8 (Hove Polder)	Intensivräumung Herbst 2008	Krebsscherengraben in Verlandung begriffen	Graben schon regeneriert, Bestände aber noch überwiegend lückig
WL 9 (Flächen östlich Lesumbroker Sielgraben)	Normalräumung Herbst 2008	Krebsscherengraben Optimalphase	Krebsscherengraben Optimalphase
WL 10 (Hove Polder)	Normalräumung Herbst 2008	Krebsscherengraben Optimalphase	Krebsscherengraben Optimalphase
WL 11 (Flächen östlich Lesumbroker Sielgraben)	Kontrollgräben (keine Räumung 2007/2008)		
WL 12 (Hove Polder)	Kontrollgräben (keine Räumung 2007/2008)		

### 5.5.2.3 Ergebnisse

Exuvien wurden 2009 im Werderland nur an Probegräben mit Normalräumung und den Kontrollgräben gefunden (Tab. 44). An Gräben mit Intensivräumung, unabhängig vom Räumungsjahr (2007 oder 2008), fehlten Entwicklungsnachweise der Grünen Mosaikjungfer. Dies galt auch für einen Graben mit Normalräumung im Herbst 2007 im Polder Lesumbrok (WL 4), der sich 2009 noch deutlich in der Regenerationsphase befand. Alle Gräben mit Exuvienfunden wiesen im Erfassungsjahr eine dichte bis sehr dichte Krebscherendecke auf (Krebscherengräben in der Optimalphase), auch wenn sie erst im Vorjahr geräumt worden waren. So konnten an erst 2008 geräumten Gräben z. T. vergleichbar große Anzahlen an Exuvien gefunden werden wie an den Kontrollgräben (vgl. WL 10 und 12 Hove Polder; WL 9 und 11 Polder östlich Lesumbroker Sielgraben). Innerhalb der beiden Probegräben mit Normalräumung 2007 zeigte sich ein Unterschied in der Besiedlung durch die Grüne Mosaikjungfer. Während an WL 3 zahlreiche Exuvien in den bereits gut regenerierten Krebscherenbeständen gefunden werden konnten, fehlten Entwicklungsnachweise an dem noch deutlich in der Regenerationsphase befindlichen Graben WL 4. Möglicherweise spielt hierbei die unterschiedliche Ausgangssituation vor der Räumung (WL 3 Krebscherengraben in der Optimalphase, WL 4 Krebscherengraben stark verlandet) eine Rolle. Deutliche Unterschiede zeigten sich auch zwischen den Varianten „Normalräumung Spätsommer 2008“ und „Normalräumung Herbst 2008“. An beiden Grabenprobestellen mit Herbsträumung lagen die Anzahlen gefundener Exuvien deutlich über denen der Gräben, die im Spätsommer geräumt worden waren.

Auch eierlegende Weibchen der Grünen Mosaikjungfer konnten 2009 ausschließlich an Probegräben mit Normalräumung und an den Kontrollgräben beobachtet werden (Tab. 44). Die Anzahl der registrierten Exemplare lag zwischen einem und maximal 21 Tieren. Mit Ausnahme von Graben WL 4 wiesen alle Probestrecken mit Nachweisen überwiegend dichte bis sehr dichte Bestände der Krebschere auf. Auffällig ist die große Anzahl von über 20 eierlegenden Weibchen an WL 5, im Gegensatz zu ein bis fünf eierlegenden Weibchen an den übrigen Gräben. Eine Erklärung hierfür ist nicht möglich.

Tab. 44: Ergebnisse der Erfassung der Grünen Mosaikjungfer an 12 Probegräben im Werderland 2009 (HANDKE & LOPAU 2010).

Probegraben	Art und Zeitpunkt der Räumung	Anzahl Exuvien 2009	Anzahl eierlegende Weibchen 2009
WL 1 (Hove Polder)	Intensivräumung Herbst 2007	-	-
WL 2 (Polder Lesumbrok)	Intensivräumung Herbst 2007	-	-
WL 3 (Hove Polder)	Normalräumung Herbst 2007	10	1
WL 4 (Polder Lesumbrok)	Normalräumung Herbst 2007	-	2
WL 5 (Hove Polder)	Normalräumung Spätsommer 2008	3	21

Probegraben	Art und Zeitpunkt der Räumung	Anzahl Exuvien 2009	Anzahl eierlegende Weibchen 2009
WL 6 (Hove Polder)	Normalräumung Spätsommer 2008	2	3
WL 7 (Hove Polder)	Intensivräumung Herbst 2008	-	-
WL 8 (Hove Polder)	Intensivräumung Herbst 2008	-	-
WL 9 (Flächen östlich Lesumbroker Sielgraben)	Normalräumung Herbst 2008	28	2
WL 10 (Hove Polder)	Normalräumung Herbst 2008	21	5
WL 11 (Flächen östlich Lesumbroker Sielgraben)	Kontrollgräben (keine Räumung 07/08)	15	3
WL 12 (Hove Polder)	Kontrollgräben (keine Räumung 07/08)	26	2

Folgende Aussagen sind durch die stichprobenhaften Untersuchungen an der Grünen Mosaikjungfer an Gräben mit unterschiedlicher Räumungsintensität (normal und intensiv), verschiedenen Räumzeitpunkten (Spätsommer und Herbst) und unterschiedlichen Ausgangszuständen (Optimalphase, beginnende Verlandung, stark verlandet) im Werderland und Hollerland 2009 möglich:

- Hinsichtlich der Räumungsintensität scheint die Normalräumung die günstigere Variante für die Grüne Mosaikjungfer zu sein. Bei dieser Art der Räumung verbleibt offensichtlich ein großer Anteil der in den Krebscheren vorhandenen Eier und Larven im Gewässer, so dass auch im Jahr direkt nach der Räumung Tiere schlüpfen können. Außerdem sind die Krebscherenbestände bereits im ersten Jahr wieder so dicht (bei entsprechendem Vorzustand des Grabens), dass diese als Eiablageorte attraktiv sind. Im günstigsten Fall gibt es trotz Räumung keine Unterbrechung in der Besiedlung durch die Grüne Mosaikjungfer. Bei der Intensivräumung hingegen wird einerseits so viel Pflanzenmaterial aus dem Graben entnommen, dass ein Großteil der Larven und Eier mit entfernt wird. Im nächsten Jahr kommen nur noch wenige oder keine Tiere mehr zur Entwicklung. Andererseits können mehrere Jahre vergehen, bis die Krebscherenbestände soweit regeneriert sind, dass sie als Eiablageort für die Grüne Mosaikjungfer wieder in Frage kommen. Nach KUNDEL (mdl. Mitt.) kann eine gute Regeneration mit Deckungsgraden von bis zu 60 % zwar schon im zweiten Jahr nach der Räumung erfolgt sein, dennoch kommt es bei der ökologischen Intensivräumung zu einer Unterbrechung in der Besiedlung.
- Zwischen den Gräben mit Spätsommer- und Herbsträumung zeigten sich deutliche Unterschiede in den Schlupfzahlen der Grünen Mosaikjungfer. Demnach ist die Räumung im Herbst günstiger zu beurteilen als die Räumung im Spätsommer. Für dieses Ergebnis gibt es derzeit keine plausible Erklärung. Die im Sommer in die Krebschere abgelegten

Eier haben sowohl im Spätsommer wie auch im Herbst innerhalb der Pflanzen die gleiche Position und werden, wenn Krebscheren entnommen werden, mit entfernt. Denkbar sind unterschiedliche Aufenthaltsorte der Larven im Spätsommer und Herbst, so dass die Tiere im Herbst weniger durch die Pflanzenentnahme betroffen sind. Da hierzu bisher keine Erkenntnisse vorliegen, lohnt es sich, dieses Thema vertiefend zu untersuchen, z. B. im Rahmen einer Studienarbeit an der Hochschule. Nur so kann ausgeschlossen werden, dass es sich bei den 2009 festgestellten Unterschieden nicht um ein Zufallsprodukt aufgrund der geringen Stichprobenmenge handelt.

- Offensichtlich ist der Ausgangszustand der zu räumenden Gräben von Bedeutung. Bereits stark verschlammte Gräben regenerieren langsamer als Gräben in der Optimalphase, so dass sie unter Umständen für mehrere Jahre nicht als Lebensraum für die Grüne Mosaikjungfer in Frage kommen (es werden keine Eier abgelegt). Auch die Verlandung im Vorfeld könnte bereits dazu führen, dass solche Gräben nicht mehr oder weniger dicht durch die Grüne Mosaikjungfer besiedelt werden, so dass der „Ausfall“ als Lebensraum unter Umständen mehrere Jahre betragen kann.
- Beimpfungsstrecken sind in den ersten Jahren zur Eiablage ungeeignet. Die Fläche des Krebscherenbestandes ist offenbar zu gering. Nur in der Nachbarschaft von Gräben mit dichten Krebscherenbeständen konnten im Hollerland Eiablagen festgestellt werden.

**Fazit:** Hinsichtlich der Besiedlung durch die Grüne Mosaikjungfer scheint die Normalräumung im Herbst die beste Räumungsvariante zu sein. Die Gräben sollten am Ende der Optimalphase in die Räumung gehen, also zu einem Zeitpunkt, an dem sie noch attraktive Lebensräume für die Libellenart sind. Mit dieser Variante wird im besten Fall die Besiedlung nicht unterbrochen.

#### **5.5.2.4 Zusammenfassung der Ergebnisse zur Wirkungskontrolle ausgewählter Libellenarten**

Die stichprobenhaften Untersuchungen zeigten Unterschiede in der Besiedlung durch die Grüne Mosaikjungfer zwischen „normal“ und „intensiv“ geräumten Gräben. Hinsichtlich der Räumungsintensität scheint die Normalräumung die günstigere Variante für die Grüne Mosaikjungfer zu sein. Bei dieser Art der Räumung verbleibt offensichtlich ein großer Anteil der in den Krebscheren vorhandenen Eier und Larven im Gewässer.

Es zeigten sich ebenfalls deutliche Unterschiede in der Besiedlung durch die Grüne Mosaikjungfer zwischen den im Herbst und Spätsommer geräumten Gräben. Demnach ist die Räumung im Herbst für die Libellenart günstiger zu beurteilen als die Räumung im Spätsommer.

Der Ausgangszustand der zu räumenden Gräben ist von Bedeutung für die Besiedlung mit der Grünen Mosaikjungfer. Eine Räumung in der Optimalphase der Krebscherenentwicklung ist auch für die an die Wasserpflanze gebundene Libelle am günstigsten zu bewerten.

Die Beimpfungsbestände werden im ersten Jahr nicht oder kaum als Eiablageplatz angenommen.

## 6 Diskussion und Bewertung

### 6.1 Diskussion der Erprobungsmaßnahmen und ihrer Auswirkungen

Ziel der verschiedenen Erprobungsmaßnahmen in den drei Gebieten war das Testen von Veränderungen in den Gräben, um Ansätze für eine Verbesserung der Bedingungen für die Krebschere zu erhalten. Die Auswirkungen der Maßnahmen werden mittels der Beobachtung der Entwicklung der Grabenvegetation und der natürlichen Krebscherenbestände und - als experimentellem Ansatz - der Beobachtung von eingesetzten Krebscherenbeständen im Zusammenwirken mit den parallel gemessenen wichtigsten Wasserparametern analysiert und bewertet. Begleitend werden die Auswirkungen auf die Fischfauna und auf die an die Krebschere gebundene Libelle „Grüne Mosaikjungfer“ betrachtet. Zusammenfassend ergibt sich folgende Beurteilung der Erprobungsmaßnahmen (Tab. 45).

Tab. 45: Zusammenfassende Bewertung der Erprobungsmaßnahmen hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf die Krebschere, die Grabenvegetation, die Grabenfische und die Grüne Mosaikjungfer.

Erläuterung: +: positive Entwicklung, leichte Bestandszunahme; ++: sehr positive Entwicklung, starke Bestandszunahme; ±: keine bis uneinheitliche Entwicklung und Bestandszunahme; -: negative Entwicklung, leichter Bestandsrückgang; --: sehr negative Entwicklung, starker Bestandsrückgang; o.B.: ohne Bewertung.

Erprobungsmaßnahme		Krebschere	Vegetation	Grabenfische	Grüne Mosaikjungfer
Räumintensität	Ökologische Normalräumung	+	±	+	++
	Ökologische Intensivräumung	++	++	++	-
Räumtermin	Herbsträumung	++	+	++	++
	Spätsommerräumung	++	++	+	-
Beimpfungsart (Krebschieren)	Population	++	o.B.	o.B.	o.B.
	Turionen	+	o.B.	o.B.	o.B.
Beimpfungstermin (Krebschieren)	Frühsommer	±	o.B.	o.B.	o.B.
	Spätsommer	++	o.B.	o.B.	o.B.
	Herbst	++	o.B.	o.B.	o.B.
Verlandungsstadium vor der Räumung	Initialstadium	++	+	+	±
	Optimalstadium	++	++	++	++
	Wasserlinsenstadium	--	--	±	o.B.
	beginnendes Verlandungsstadium	++	+	++	+
Röhrichtklärstrecke	Hollerland	±	±	++	o.B.
Grundwassereinspeisung	Hollerland	±	±	+	o.B.
	Niedervieland	+	±	±	o.B.
Grabenabdämmung	Niedervieland	-	-	--	o.B.

### 6.1.1 Einfluss der Intensität der Grabenräumung

Die Intensität der Räumung hat einen deutlichen Einfluss auf die Ausbildung von Initialphasen und deren Dauer bis zum (Wieder-)Erreichen der Optimalphase. Bei ökologischer **Normalräumung** (einmaliges Hineingreifen mit Schlamm- und Vegetationsentnahme) gehen die Bestände meist schon im Folgejahr wieder in die Optimalphase und der Räumzyklus wird auf 3 bis 4 Jahre verkürzt. Dadurch wird auch das Vegetationsspektrum, vor allem die Ausbildung von Initialphasen, eingeschränkt. Die Fischbestände nehmen nach Normalräumung nur wenig zu, während die Grüne Mosaikjungfer alleinig in normal geräumten Gräben zu finden war. Durch ökologische **Intensivräumungen** (mehrmaliges Hineingreifen mit Schlamm- und Vegetationsentnahme) im Herbst hingegen wird eine mindestens einjährige Initialphase bewirkt und der Entwicklungszyklus bis zur nächsten Räumung auf 4 bis 6 Jahre verlängert sowie den Pionierarten der Gräben eine Entwicklungschance gegeben. Verbleiben zu viele Krebscheren nach der Räumung im Graben, so kann es allerdings auch bei Intensivräumungen zu schnelleren Wiederbesiedlungen kommen. Die Grabenfische profitieren ebenfalls von den Intensivräumungen und zeigen starke Bestandszuwächse. Die Grüne Mosaikjungfer hingegen war in den intensiv geräumten Gräben im Folgejahr nicht mehr zu finden. Dennoch ist der Intensivräumung in allen drei Gebieten der Vorrang zu geben, wenn benachbart genügend Krebscherengräben verbleiben. Mögliche negative Einflüsse durch die intensivere Räumung in Teilabschnitten werden durch das Verbleiben ungeräumter Strecken sowie die längeren störungsfreien Phasen bis zur nächsten Räumung ausgeglichen. Im Hollerland und im Werderland sind zudem genügend Gräben mit guten Krebscherenbeständen zu finden, um der Grünen Mosaikjungfer das Überleben in den Gebieten zu gewährleisten. Im Niedervieland sind derzeit keine für die Art geeigneten Krebscherenbestände vorhanden.

Ein kritischer Punkt der Räummaßnahmen ist die Tatsache, dass bei der bisherigen Praxis der ökologischen Grabenräumung mitunter zu viele Krebscheren im Graben verbleiben, so dass nicht genügend Raum für anschließende Initialphasen geboten wird. Es sollte Ziel von Intensivräumungen sein, solche Pionierphasen zu ermöglichen.

**Fazit: Sowohl für die Vegetation als auch für die Fisch- und die Libellenfauna werden gebietsbezogen günstige Bedingungen durch ein Mosaik verschiedener Räumarten erreicht (vgl. Tab. 45). Die Räumintensität sollte sich dabei nach dem Schlammaufkommen richten.**

Ein weiterer kritischer Aspekt sind ungünstige Standortbedingungen bezüglich von Nährstoffen im Grabenschlamm oder im Einleitungswasser, die unter bestimmten Bedingungen freigesetzt werden oder zu einer schädlichen Wirkung führen können. Hierzu haben die multivariaten Analysen der gemessenen Wasserparameter das Nitrat für das Hollerland, Sulfat und Ammonium für das Niedervieland und Phosphat für das Werderland herausgefiltert. Die ermittelten Parameter liegen zwar insgesamt in unschädlichen Konzentrationen vor, im Gebietsvergleich ergeben sich jedoch diese statistisch besonderen Effekte. Die in Frage kommenden Quellen sowie die chemischen und physikalischen Vorgänge im Grabensediment bedürfen noch der weiteren Forschung (vgl. Ausführungen in 5.4.3). Für das Niedervieland

konnten jedoch bereits Hinweise auf negative Einflüsse durch hohe Ammonium- und Phosphatgehalte im Porenwasser des Grabenschlammes bestätigt werden. Die gemessenen Gehalte korrespondieren mit den Werten einer Reihe von Untersuchungen einer niederländischen Arbeitsgruppe, bei denen mit dem Auftreten entsprechender Gehalte eine Schädigung von Krebscherenpflanzen festgestellt werden konnte (LAMERS ET AL. 1998, 2001, 2002, 2006; LUCASSEN ET AL. 2000, 2003, 2004, 2005, 2006; ROELOFS 1991, 1996; SMOLDERS ET AL. 1993, 1996, 2003, 2006).

### 6.1.2 Einfluss des Räumzeitpunktes im Jahr

Es wurden zwei verschiedene Räumzeitpunkte (Herbst = Oktober und Spätsommer = September) erprobt. Beide Termine zeigen in etwa gleiche Ergebnisse in der Krebscheren- und Vegetationsentwicklung, so dass als ein günstiges zeitliches Räumfenster die Spanne zwischen September und Oktober abgeleitet werden kann. Sowohl die Fische als auch die Grüne Mosaikjungfer hingegen bevorzugen die Herbsträumung. Vor allem die Grüne Mosaikjungfer wird anscheinend durch eine frühere Räumung benachteiligt, wobei die möglichen Gründe dafür, die auch methodischer Art sein können, noch unklar sind.

**Fazit: Bezogen auf die Fische und Libellen ist die Herbsträumung zu bevorzugen, bezogen auf die Krebscheren kommt auch der Spätsommer infrage, für die übrige Vegetation ist der Spätsommer günstiger** (vgl. Tab. 45).

### 6.1.3 Einfluss des Beimpfungszeitpunktes im Jahr

Beimpfungen mit Krebscheren sollten möglichst unmittelbar nach der Räumung vorgenommen werden, da die Frühsommerbeimpfungen in die im Herbst zuvor geräumten Gräben schlechtere Zuwachsraten zeigten. Frühsommerräumungen wurden nicht getestet. Es ist davon auszugehen, dass die Krebscheren ihren Standort für sich selbst günstig gestalten können, z. B. durch Abgabe bestimmter allelopathischer Wachstumshemmer für Konkurrenzorganismen wie Fadenalgen (BRAMMER 1979, KUFEL ET AL. 2007, MULDERIJ ET AL. 2003, 2005, 2006, 2007). Diese Aktivität gelingt den Krebscheren in einem „leeren“ Wasserkörper besser als in einem bereits „besetzten“.

**Fazit: Beimpfungen mit Krebscheren sind unmittelbar nach der Räumung vorzunehmen** (vgl. Tab. 45).

### 6.1.4 Einfluss der unterschiedlichen Sukzessionsstadien der Gräben zum Zeitpunkt der Räumung

Der Ausgangszustand des Grabens ist mit Ausnahme des Wasserlinsenstadiums nicht ausschlaggebend für eine erfolgreiche Krebscherenentwicklung. Im beginnenden Verlandungszustand geräumte Gräben zeigen allerdings einen tendenziell besseren bzw. rascheren Wiederaufbau. Als Ursache hierfür ist von einem größeren Diasporenpool in verlandeten Gräben

auszugehen. Eine gute und vielfältige Vegetationsentwicklung ist vor allem nach der Räumung von Gräben in der Optimalphase zu beobachten.

Beimpfungsmaßnahmen in ausgesprochene Wasserlinsengräben (mit Dominanz der schwimmenden Wasserlinsen) sind bisher wenig Erfolg versprechend. Für die Makrophyten-Revitalisierung von Lemnidengräben bedarf es der weiteren Forschung (Entwicklung & Erprobung). Der Räumzeitpunkt bezüglich der Verlandungsphase lässt sich neben der Röhrichtdominanz in Krebscherengräben am besten durch das Verhalten der Krebschere selbst ableiten. Können die Krebscheren im Winter nicht mehr ihrer normalen Absinkphase folgen und bleiben auf Grund der Schlammakkumulation mit hohen grünen Deckungen an der Oberfläche, so sollte mit einer (Intensiv-)Räumung eingegriffen werden.

Für die Grabenfische zeigen sich gute bis sehr gute Entwicklungen nach der Räumung von Gräben in der Optimal- und beginnenden Verlandungsphase. Eine besonders gute Besiedlung mit der Grünen Mosaikjungfer zeigt sich nach Räumungen in der Optimalphase.

**Fazit: Der Ausbildung eines Mosaiks verschiedener Entwicklungen und Sukzessionsstadien kommt eine hohe ökologische Bedeutung zu. Insgesamt ist der Räumung von Gräben in der Optimalphase der Vegetationsentwicklung der Vorrang zu geben (vgl. Tab. 45).**

#### **6.1.5 Einfluss der Stauhaltung (Wasserstände) und Gewässerdynamik**

Der Einfluss der Grabenabdämmungsmaßnahme im Niedervieland zum Zwecke der Verminderung der Gewässerdynamik und der Trübung kann nicht abschließend beurteilt werden, da die Maßnahme im Sommer 2008 auf Grund eines drohenden Trockenfallens unterbrochen werden musste. Die Analyse der gemessenen Wasserparameter (im Oberflächen- und Schlamm-porenwasser) weist jedoch auf ein mögliches Grundproblem des Niedervielands hin: hohe Sulfid-, Phosphat- und Ammoniumgehalte mit möglichen toxischen Konzentrationen im Grabenschlamm.

Der Stauhaltung mit dem Ziel ausreichend hoher Freiwasserstände (> 40 cm) kommt eine entscheidende Bedeutung zu. Darauf deuten auch die relativ hohen Freiwasserstände von durchschnittlich 42 cm bei 27 cm Schlammtiefe im Werderland mit seinen hervorragenden Krebscherenbeständen hin, während im Niedervieland bei 27 cm Wassertiefe und 36 cm Schlammtiefe nur wenige Krebscherenbestände (mehr) zu finden sind. Das Hollerland liegt mit 37 cm Wasser- und Schlammtiefe in der Nähe der Bedingungen im Werderland. Je geringer die (durchschnittliche) Wassertiefe in einem Gebiet ist, desto größer ist die Trockenfallgefahr in großen Gebietsteilen mit Auswirkungen auf einen Großteil der Krebscherenpopulation. Auch für die Fischfauna dürfte eine ausreichende Wasserführung vorteilhaft sein. Allerdings ist ein kurzzeitiges Trockenfallen vorteilhaft für den Schlammpeitzger. Kurzzeitiges Trockenfallen ist im Spätherbst und Winter durchaus machbar. Die Grabenabdämmung hingegen hat sich als nicht vorteilhaft für die Fische erwiesen, die mit starken Rückgängen rea-

gierten. Allerdings ist dieser Rückgang im gesamten Gebiet zu beobachten, so dass dies nicht als unmittelbare Folge der Grabenabdämmung betrachtet werden kann.

**Fazit: Es sind ganzjährig hohen Freiwasserstände durch Rückhaltung gebietseigenen Wassers ohne großflächiges sommerliches Trockenfallen anzustreben.**

#### **6.1.6 Einfluss eines erhöhten Grundwasserzuflusses durch die Installation von Grundwasserpumpen**

Trotz des unregelmäßigen Betriebes der Pumpen kann für einen zusätzlichen Grundwasserzufluss ein positiver Effekt abgeleitet werden. Sowohl im Hollerland als auch vor allem im Niedervieland konnte eine positive Entwicklung der Krebscherenbestände in der Nähe der Einleitung festgestellt werden. Die beiden Standorte im Niedervieland sind in der Analyse bezüglich ihrer Wasserchemie in die Nähe der Bedingungen im Werderland gerückt. Mit einer kontinuierlichen Grundwassereinspeisung in das Grabensystem könnten durchaus bessere Standortbedingungen für die Krebschere im Niedervieland erreicht werden. Ebenfalls positiv ist die Reaktion der Fischfauna mit leichten Zunahmen der Bestände.

**Fazit: Der Einfluss, ggf. auch durch Zufuhr, gebietseigenen Grundwassers ist zu gewährleisten und zu fördern.**

#### **6.1.7 Einfluss der Röhricht-Klärstrecken auf die Qualität des Zuwässerungswassers**

Der Einfluss der Röhricht-Klärstrecken im Hollerland auf die Qualität des Zuwässerungswassers konnte im Untersuchungszeitraum nicht festgestellt werden. Es ist keine Verbesserung der Wasserqualität und / oder des Krebscherenwachstums im Bereich nach der Klärstrecke im Vergleich zu dem Gewässerabschnitt vor der Klärstrecke festzustellen und insgesamt kein Unterschied zu den Kontrollstrecken. Die Analyse zeigt in diesem Bereich in der unmittelbaren Umgebung der Zuwässerung aber einen Einfluss der Zuwässerung selbst mit signifikant höheren Sulfat-, Hydrogencarbonat- und Calcium-Werten. Diese werden offensichtlich in den Grabenanfangsabschnitten in der Nähe der Zuwässerung zusammen mit weiteren Nährstoffen (Nitrat, Phosphat) sedimentiert und gelangen somit nicht in das weitere Grabensystem. Röhrichtpfropfen dürften diesen Effekt noch verstärken. Die eingesetzten Krebscherenbestände reagieren auf diese zunehmend ungünstiger werdenden Standortbedingungen mit langsamem Zerfall. Dennoch erscheint die Krebschere selbst als Klärpflanze in Frage zu kommen, wenn sie in ausreichend bemessene Klärstrecken eingebracht und immer wieder geräumt und ersetzt wird.

**Fazit: Zuleitungswasser aus Flusssystemen, deren Wasserqualität nicht bereits dem angestrebten Niveau entspricht, ist durch ausreichend bemessene Pflanzenklärstrecken ins Gebiet zu leiten.**

### **6.1.8 Einfluss verschiedener Beimpfungsmaßnahmen auf die Bestandsstabilität und sexuelle Fortpflanzung der Krebschere**

Sowohl die Beimpfungsmaßnahmen im Hollerland als auch die im Niedervieland zeigen einen günstigen Einfluss auf die Bestandsbildung der Krebschere. Bei günstigen Standortbedingungen setzt dieser Effekt sofort sichtbar und deutlich ein, während bei eher ungünstigen Bedingungen wie im Niedervieland dieser Effekt sich verzögert und sich auch z. T. im Entwicklungsverlauf wieder gegenläufig zeigt. Legt man die Selbstbegünstigung der Krebschere zu Grunde (vgl. Ausführungen bei 6.1.3), so ist es vorteilhafter, mit größeren Beständen zu beimpfen, die in der Lage sind, den neuen Standort auch allelochemisch zu besetzen. Die Beimpfungsmaßnahmen mit Turionen mit dem Misserfolg im Niedervieland und dem verzögerten Erfolg im Hollerland (nach zusätzlicher Bestandsbeimpfung) bestätigen diese Aussage.

Beimpfungen von Beständen mit dem jeweils nicht vorhandenen Geschlecht wurden erst im Frühsommer 2008 und nur im Hollerland vorgenommen. Eine Auswirkung auf die sexuelle Fortpflanzung (Samenbildung) wurde nicht festgestellt. Es kann allerdings davon ausgegangen werden, dass eine Befruchtung weiblicher Pflanzen in einem Umkreis von ca. 100 m um männliche Bestände ausreichend stattfindet.

**Fazit: Durch Beimpfungsmaßnahmen mit ausreichend großen Beständen kann eine Besiedlung und damit Begründung von Krebscherengräben realisiert werden. Durch Beimpfungsmaßnahmen mit beiden Geschlechtern der Krebschere entstehen potenziell positive Effekte auf die Reproduktion der Art.**

### **6.1.9 Einfluss des Grabensedimentes und des Porenwassers im Schlamm**

Mit den zusätzlichen Untersuchungen im Grabensediment und Porenwasser zeigen sich signifikante Unterschiede zwischen den Untersuchungsgebieten, wobei insbesondere bei den Ergebnissen der chemischen Analysen das Niedervieland den mit Abstand nährstoffreichsten Charakter im Porenwasser aufweist. Endprodukte der anaeroben mikrobiellen Mineralisation von Biomasse (Sulfid, Ammonium und Hydrogencarbonat) und Phosphat wurden im Niedervieland in deutlich höheren Konzentrationen als im Hollerland und Werderland nachgewiesen. Die nachgewiesenen Konzentrationen im Hollerland und Werderland zeigen dagegen keine großen Unterschiede.

Die bei SMOLDERS et. al. (1996) aufgestellte Hypothese des „multiplen Umweltstress“ benennt unter anderem die erhöhte Freisetzung von Sulfid, Ammonium, Phosphat und Hydrogencarbonat aus dem Sediment als Ursache für den Rückgang der Krebschere in den Niederlanden. Einige Faktoren dieser Hypothese können auch mit dem im Porenwasser gemessenen Konzentrationen des Untersuchungsgebietes Niedervieland in Verbindung gebracht werden. Die Sulfid-Konzentrationen scheinen hierbei in allen drei Untersuchungsgebieten zumindest im Winter nicht in für die Krebschere kritischen Bereichen zu liegen, wobei im Niedervieland nicht ausgeschlossen werden kann, dass die hier im Mittel relativ höchsten

Werte sich bereits als ein Stressfaktor für die Krebschere auswirken können. Die Ammoniumkonzentrationen im Niedervieland liegen im Mittel in einem Bereich, für den von einer Beeinträchtigung der Vitalität von Krebschere ausgegangen werden kann. Die ebenfalls im Niedervieland signifikant höheren Phosphat- und Alkalinitätswerte können langfristig zu einer Vegetationsänderung zu Ungunsten der Krebschere führen.

**Fazit: Die Grabensedimente können ein limitierender Faktor für Krebscherelebensräume sein. Hohe Belastungen, vor allem mit Ammonium, Sulfid und Phosphat, und entsprechende Einträge sollten grundsätzlich vermieden werden.**

## 6.2 Überprüfung der Hypothesen über die Ursachen zum Bestandsrückgang der Krebschere sowie der abgeleiteten Arbeitshypothesen

### Hypothese 1 - Räumintensität und Habitatqualität

Das im Hollerland verwendete Gerät zur Grabenräumung und die bisherige schonende Räummethode mit dem offenen Mähkorb entfernen den Schlamm nicht effektiv genug aus dem Grabensystem, so dass die Habitatqualität für den Aufbau dichter Krebscherebestände nicht optimal ist.

Aus den Untersuchungen lassen sich folgende Argumente für eine Bestätigung der Hypothese ableiten:

- Die Krebscherebestände haben sich bezogen auf ihre Deckung bei ökologischer Intensivräumung (bessere Schlammabfuhr) besser entwickelt als bei einer Normalräumung.
- Die Intensivräumung wirkt in allen drei Gebieten positiv, wenn aufgrund einer günstigen Ausgangssituation Teilbestände (auch Turionen) im Graben verbleiben bzw. verschont werden.
- Durch die Intensivräumung werden Pionierphasen ermöglicht und der Räumzyklus gegenüber der Normalräumung um 2 bis 3 Jahre verlängert. Gewünschte Pionierstadien der Grabenvegetation (z. B. Armleuchteralgen, Laichkräuter) traten vermehrt nach intensiver Räumung auf. Die gebietseigene Vegetationsdynamik wird angeregt.
- Auch die Grabenfische profitieren von einer intensiveren Schlammabfuhr und zeigen Bestandszunahmen, der Schlammpeitzger hingegen bevorzugt verschlammte Gräben.
- Es zeigen sich insgesamt keine signifikanten Unterschiede bzw. Veränderungen in den gemessenen Wasserparametern zwischen den beiden Räumintensitäten. Allerdings war punktuell eine Freisetzung von Sulfat oder Phosphat nach Normalräumungen zu beobachten, die wiederum eher für eine intensivere Räumung sprechen.
- Von den untersuchten Organismen scheint lediglich die an die Krebschere gebundene Libelle *Aeshna viridis* (Grüne Mosaikjungfer) nicht von einer Intensivräumung zu profitieren, da zum einen mit der verstärkten Schlammabfuhr wohl auch die meisten der Li-

bellenslarven ausgetragen werden, die sonst für die Wiederbesiedlung nach der Räumung sorgen, und zum anderen sich nicht so schnell wieder ausreichend große Krebscherenbestände aufbauen.

Insgesamt gesehen wirkt sich eine intensivere Räumung günstig auf die Krebschere und vor allem für die Pioniervegetation der Gräben aus.

Für die Durchführung eines Räumprogramms sind allerdings bestimmte Rahmenbedingungen zu beachten. So ist für die Libellen auf ein Spektrum von unterschiedlich intensiv geräumten Krebscherengräben zu achten. An für die Krebschere bereits pessimalen Standorten kann eine Intensivräumung die Standortqualität noch weiter verschlechtern durch Schadstofffreisetzung und Verminderung der Pufferkapazität.

Die Arbeitshypothese 1 - Eine Intensivierung der ökologischen Grabenräumung und der Schlammabnahme fördert die Habitatqualität für die Krebschere im Hollerland – kann vorbehaltlos bestätigt werden. Die Optimierung des eingesetzten Grabenräumgerätes und ein mehrmaliges Hineingreifen in den Graben mit einem geschlosseneren Mähkorb (durch Einlage eines Lochbleches) führte zu einer effektiveren Entschlammung und damit zu einer verbesserten Habitatqualität, die die Wiederbesiedlung und Ausbreitung der Krebschere wie auch der gebietstypischen Pioniervegetation mit erhöhter Vitalität förderte. Zusätzlich ergibt sich ein längeres Räumintervall und damit eine Reduktion der Kosten. Die Nutzung der Flächen zwischen den Gräben kann jedoch, z. B. bei Beweidung und Tritt im weichen Uferbereich, zu einer mehr oder weniger schnellen Verschlammung beitragen. Eine vergleichbare Entwicklung zeigte sich auch im Werderland, wohingegen das Niedervieland im Untersuchungszeitraum keine oder eine stark verzögerte verbesserte Entwicklung zeigte. Die Intensivräumung ist daher in Gebieten mit einer guten Krebscherenausstattung und dort in Gräben mit starker Schlammschicht angebracht.

### **Hypothese 2 - Räumzeitpunkt**

Der erfolgreiche Neuaufbau von Krebscherenbeständen nach der Räumung wird vom Verlandungsgrad des Grabens, d. h. vom Stadium der Vegetationsentwicklung vor der Räumung, und vom Räumzeitpunkt im Jahr mitbestimmt.

Hierzu haben sich aus den Untersuchungen zu den Sukzessionsstadien folgende Hinweise ergeben:

- Eine gute und vielfältige Vegetationsentwicklung sowie Besiedlung mit der Grünen Mosaikjungfer und mit Fischen zeigt sich vor allem nach der Räumung in der Optimalphase.
- Einen tendenziell schnelleren Wiederaufbau der Vegetation und der Fischbestände zeigen im beginnenden Verlandungsstadium geräumte Gräben, vermutlich auf Grund des größeren Diasporenpools an Wasser- und Uferpflanzen.
- Die Dominanz von Wasserlinsen lässt sich auch durch Räumung nicht brechen.

Aus dem Vergleich der zwei Räumzeitpunkte Spätsommer und Herbst ergibt sich:

- Beide Termine zeigten in etwa die gleiche Tendenz in der Krebscheren- und Vegetationsentwicklung.
- Augenscheinlich werden bei der Spätsommerräumung mehr Krebscheren ausgetragen, da sie noch besser sicht- und greifbar sind; dadurch ergeben sich mehr Besiedlungsräume für Pioniervegetation.
- Die Fische und die Grüne Mosaikjungfer zeigen eine bessere Wiederbesiedlung nach der Herbsträumung.

Insgesamt zeigt sich, dass Sukzessionsstadium und Räumzeitpunkt den Neuaufbau von Krebscherenbeständen zwar beeinflussen, aber wohl nicht so entscheidend bestimmen wie die Räumintensität. Es ist zwar der Räumung in der Optimalphase und im Herbst der Vorrang zu geben, es ist aber im Hinblick auf die Vielfalt von Lebensräumen auf ein Spektrum von verschiedenen Stadien und Räumzeitpunkten zu achten. Als Hinweis für die Intensität der Grabenräumung ist darauf zu achten, dass einige Krebscheren bzw. Teilbestände im Graben belassen werden, jedoch nicht zu viele, da sonst sofort wieder ein Optimalstadium aufgebaut wird und geräumt werden muss.

### **Hypothese 3 – Hydrodynamik**

Die Frequenz und Art der Grabenräumung hat im Niedervieland zu einer Erhöhung der Hydrodynamik im Grabensystem geführt, die die Entwicklung der Krebscheren beeinträchtigt.

Eine Verringerung der Wasserdynamik sollte daher die Erholung der Krebscherenbestände im Niedervieland ermöglichen. Aus den Untersuchungsergebnissen kann allerdings nicht abgeleitet werden, dass Frequenz und Art der Grabenräumung in den letzten Jahren ursächlich zu einer Erhöhung der Hydrodynamik geführt haben. Die Grabenabdämmmaßnahme hat zwar nicht durchgehend funktioniert, das Ergebnis weist jedoch auf ein anderes entscheidendes Ereignis hin: das Trockenfallen von Gräben. Auch die Analyse der verfügbaren Wasserdaten sowohl aus dem Niedervieland als auch aus dem Hollerland zeigt die nachteilige Bedeutung sommerlicher Trockenfallereignisse und im Vergleich mit dem Werderland die vorteilhafte Bedeutung durchgängiger Freiwassertiefen.

- Sommerliches Trockenfallen wirkt besonders negativ auf Krebscheren.
- Freiwassertiefen von durchgängig mindestens 40 cm wirken sich günstig aus (Beispiel Werderland)

Als Ursache für Schädigungen bei Trockenfallen und geringen Wassertiefen bei gleichzeitigen hohen Schlammschichten können toxisch wirkende hohe Gehalte an Sulfid und Ammonium im Sediment gesehen werden. (Anm.: Beim Trockenfallen kommt Sauerstoff an den Schlamm, was durchaus zum Abbau des Einflusses toxischer Stoffe führen kann. Das Grabensediment hat vor allem auch dann negativen Einfluss, wenn es bei bestimmten Rahmen-

bedingungen anaerob ist, was auch unter einer höheren Wassersäule auftritt. Die entsprechenden Vorgänge im Grabensediment sind in einer Reihe von Veröffentlichungen niederländischer Kollegen beschrieben und wurden auch beim Besuch der niederländischen Kollegen in Bremen diskutiert. Bereits einzelne Freisetzungseignisse können dann bereits einen ganzen Krebscherebestand schädigen. Erste Zusatzuntersuchungen im Schlamm einzelner Gräben in den drei Untersuchungsgebieten weisen auf dieses Gefährdungspotenzial als mögliche Ursache für den schlechten Zustand der Krebscherepopulation im Niedervieland hin.

Zur Förderung von Krebscheregräben mit einer Vielfalt an Flora und Fauna ist eine optimierte Stauhaltung mit ganzjährigem Mindest-Freiwasserstand von 40 cm und ohne sommerliche Trockenfallereignisse anzustreben.

#### **Hypothese 4 – Grundwasserzufuhr**

Die Abnahme der Leitfähigkeit im Grabenwasser des Hollerlands und des Niedervielands ist Folge eines reduzierten Aufstiegs elektrolytreichen Grundwassers und hat zu suboptimalen chemisch-physikalischen Standortbedingungen für die Krebschere geführt.

Eine Zufuhr salzhaltigen Grundwassers in das Grabensystem sollte daher zu einer Verbesserung der Wasserqualität für die Krebschere führen. Dies konnte mit den Grundwasserzuleitungen im Hollerland und Niedervieland weitgehend bestätigt werden, obwohl die Solarpumpen nicht durchgehend arbeiteten. Die Standorte im Niedervieland wurden bezüglich der Wasserqualität in die Nähe der Qualität des Werderlands gerückt. Die eingesetzten und vorhandenen Krebscherebestände in der Nähe der Grundwasserzufuhr zeigten alle eine positive Entwicklung. Allerdings konnten nur 4 Beobachtungsstrecken eingerichtet werden, so dass die Ergebnisse nur als Hinweis gewertet werden können. Der Grundwasseraufstieg ist grundsätzlich positiv, wenn dadurch Eisen und Calcium in das Grabensystem gelangen. Dies führt zu einer höheren Pufferkapazität gegenüber hohen Ammonium- und Phosphatgehalten, die sich bei hohen Konzentrationen negativ auf die Krebschere auswirken können. Die Wasseranalysen zeigen auch, dass hohe Leitfähigkeiten im Graben nicht zwingend notwendig sind, da vitale Krebscherebestände auch bei niedrigen Leitfähigkeitswerten gefunden wurden. Diffuse Eiseneinträge können jedoch allgemein als positiv für Krebschere angesehen werden.

Als Empfehlung ergibt sich speziell für das Niedervieland die Verbesserung der Grundwasserzufuhr. Diese kann auch durch die Einrichtung von Grundwasserförderbrunnen mit kontinuierlichem Betrieb, z. B. mittels Windkraft- oder Solarpumpen, erreicht werden.

#### **Hypothese 5 - Wasserqualität**

Die Qualität des zugewässerten Grabenwassers in den Erprobungsgebieten schränkt die Vitalität der Krebscherebestände ein.

Hintergrund für die Hypothese war die Beobachtung negativer Einflüsse auf die Krebssscheren in unmittelbarer Umgebung der Einleitung aus der Wümme ins Hollerland. Eine Verbesserung der Qualität des Zuwässerungswassers müsste somit die Ausbreitung und Vitalität der Krebssschere fördern.

Die zur Erprobung eingerichteten Röhrichtklärstrecken im Hollerland zeigten zwar einen Effekt auf die Krebssschere, dieser war jedoch auch in den dazwischen liegenden Kontrollstrecken wirksam. Die Röhrichtklärstrecken selbst hatten keinen Effekt auf die Wasserqualität, allerdings führten sie zu einer beschleunigten Verschlammung der Abschnitte vor dem Röhricht mit nachteiligen Effekten für die Krebssschere. In diesen Erprobungsgräben konnten signifikant höhere Sulfat-, Hydrogencarbonat- und Calcium-Werte festgestellt werden, die vermutlich zu der beobachteten Schlammakkumulation beitragen.

Die Qualität des Zuwässerungswassers im Hollerland konnte durch die Maßnahme der Röhrichtklärstrecken nicht verbessert werden. Die Hypothese kann damit nicht abschließend beantwortet werden. Als Fazit kann festgehalten werden, dass Flusswasserzuwässerungen mittel- bis langfristig durch Eintrag von Stoffen (Nährstoffe, Trübung) in das Grabensystem einen negativen Effekt haben können. Besonders kurzstreckige Zuleitungen wie im Hollerland bieten keine Möglichkeit der Vorklärung.

Vor diesem Hintergrund kann empfohlen werden, bei kurzen Zuwässerungswegen ausreichend dimensionierte Klärstrecken mit Röhrichten oder besser Krebssscheren im Gebiet zu realisieren. Krebssscheren scheinen besser geeignet zu sein, ein Gewässer „krebsscherengeeignet“ zu machen auf Grund der artspezifischen allelochemischen Veränderung des Lebensraums, die allerdings vermutlich erst bei ausreichend großen Beständen (ab ca. 300 Pflanzen) wirksam wird.

In allen drei Gebieten traten im freien Wasserkörper (eigene Untersuchungen und externe Daten) in Bezug auf Einzelparameter keine Wertebereiche auf, die das Vorkommen der Krebssscheren ausschließen. Auch Eisenmangel tritt für die Krebssschere in den Bremer Gräben nicht als limitierender Faktor auf. Dennoch können Einzelereignisse zu pessimalen Bedingungen wie im Niedervieland beitragen. Einzelwerte wie hohe Sulfatwerte und geringe Eisenwerte belegen solche kritischen Habitatbedingungen für die Krebssscheren. Kurzzeitige Spitzenbelastungen mit Sulfat und Ammonium aus diffusen und direkten Einleitungen (Landwirtschaft, Baggergutdeponie, Zuwässerungen) können mittel- bis langfristig zu einer kritischen Akkumulation im Grabenschlamm und bei Räumungen und Trockenfallereignissen zur Freisetzung toxischer Konzentrationen führen (vgl. Hypothese 3). Die Qualität des Sediment-Porenwassers ist am Ende der Laufzeit des Vorhabens in einem ergänzenden Forschungsprogramm stichprobenartig untersucht worden. Daraus und aus dem Workshop mit den niederländischen Kollegen ergaben sich konkrete Hinweise, dass die Qualität des Porenwassers eine sehr große Rolle spielt und im Niedervieland diesbezüglich vermutlich Werte vorliegen, die einen multifaktoriellen Stress für die dortigen Krebssscheren bewirken können.

### **Hypothese 6 - Ausbreitungspotenzial**

Die überwiegend vegetative Fortpflanzung der getrennt-geschlechtlichen (zweihäusigen) Krebschere schränkt ihr Ausbreitungspotenzial ein und erhöht über die genetische Verarmung ihr (lokales) Aussterberisiko.

Die phänologischen Untersuchungen zeigen, dass in allen drei Gebieten beide Geschlechter vorkommen und auch keimfähige Samen in großer Anzahl zu finden sind. Die Relevanz der Hypothese für das Aussterberisiko in den Gräben erscheint daher eher gering. Durch erste Befunde der genetischen Untersuchungen wurde deutlich, dass in den Bremer Gebieten unterschiedliche Genotypen auftreten.

Als eine mögliche Maßnahme der Stärkung und Ausbreitung der Krebscherebestände wurden die Beimpfungsmaßnahmen durchgeführt. Nahezu alle Beimpfungen waren erfolgreich. Nicht zuletzt trug dazu auch der im Projekt entwickelte „Krebscherenpflücker“ bei, mit dem die Krebschere artgerecht entnommen, transportiert und eingesetzt werden können. Die Reproduktion der Krebschere kann somit durch Beimpfungsmaßnahmen gefördert werden. Ein Effekt von Beimpfungen mit dem fehlenden Geschlecht war (bisher) nicht feststellbar. Auch die anteilige Bedeutung von Samen an der Vermehrung und Ausbreitung der Krebschere bleibt unbekannt. Ein hohes Potenzial für die generative Vermehrung konnte jedoch nachgewiesen werden.

Es kann folgende Empfehlung gegeben werden: Beimpfungen mit dem Krebscherenpflücker aus regionalem Pflanzenbeständen vornehmen, um Populationen aufzufrischen oder wieder anzusiedeln, und dabei beide Geschlechter berücksichtigen und ggf. mischen.

### **Arbeitshypothese 7 – Artenschutz**

Die im Projekt erprobten Maßnahmen und abgeleiteten Empfehlungen für das zukünftige Grabenmanagement beeinträchtigen die weiteren Zielarten des Naturschutzes nicht.

Die Abdämmung von Gräben kann die Ausbreitung wandernder Grabenarten wie z. B. Fische behindern oder im und am Graben lebende Tiere können bei der Grabenräumung direkt geschädigt werden. Hinweise zu möglichen Beeinträchtigungen wurden im Vorhaben bezüglich der Grabenfische, der Grünen Mosaikjungfer und der botanischen Zielarten ermittelt.

Bei Einhaltung der Vorgaben der ökologischen Grabenräumung mit dem Ziel eines Mosaiks aus unterschiedlichen Grabenverlandungs- und Sukzessionsstadien und verschiedenen Räumintensitäten ergaben sich auf ökologische Zeiträume bezogen keine nachteiligen Auswirkungen in den bisher ökologisch unterhaltenen Gebieten Bremens. Durch ein Mosaik ergeben sich in einem Raumgebiet immer in irgendwelchen Gräben für die Gebiets-Zielarten nutzbare Lebensräume. Lediglich Abdämmungsmaßnahmen ohne ausreichende Schlupflöcher sind als nachteilig für die im Wasser wandernde Grabenfauna anzusehen. Alle anderen angewandten Maßnahmen, vor allem auch die Beimpfungen, mit denen auch eine Reihe von Tieren umgesetzt wird, können zur Bereicherung eines Gebietes beitragen.

## 7 Ableitung von Handlungsempfehlungen für das Grabenmanagement zum Erhalt der Krebschere

### 7.1 Leitfaden zur ökologischen Grabenunterhaltung

Die Handlungsempfehlungen für das Grabenmanagement in Marschengebieten wurden im Rahmen des Forschungsvorhabens als ein Produkt für die Praxis in einem Leitfaden zusammengefasst, der die Forschungsergebnisse unmittelbar in Vorschläge für die Grabenunterhaltung umsetzt. An dieser Stelle wird deshalb auf den Leitfaden verwiesen (s. Anhang), der die Praxis der ökologischen Grabenräumung in Bremen anschaulich dokumentiert und die neuen Erkenntnisse aus dem Forschungsvorhabens integriert. Der Leitfaden wurden im Format DIN A5 erstellt und umfasst 30 Seiten.

Im einführenden Teil werden Grundlagen zum Lebensraum Graben vermittelt sowie eine Einführung in das Ökologische Grabenräumprogramm von Bremen gegeben. Im Hauptteil werden nach den grundsätzlichen Leitlinien für eine naturverträgliche Unterhaltung die einzelnen Schritte der Umsetzung erläutert. Der Leitfaden beinhaltet zudem einen Exkurs zur Krebschere, indem biologische Hintergründe der Pflanzenart beleuchtet werden. Am Ende des Leitfadens erfolgt eine Reflexion über die Erfolge des Ökologischen Grabenräumprogrammes, dargelegt u. a. an der Entwicklung ausgewählter Zielarten sowie anhand von Zitaten der beteiligten Akteure. Der Leitfaden endet mit einer herausklappbaren Check-Liste, die die wesentlichen Aspekte, die bei der Einführung einer ökologischen Grabenräumung zu beachten sind, zusammenfasst.

Der Leitfaden kann bei der Hanseatischen Naturentwicklung GmbH (haneg) bestellt werden.

### 7.2 Check-Liste

Im Folgenden wird die Check-Liste als Auszug aus dem Leitfaden aufgeführt.

Die Check-Liste differenziert in Arbeitsschritte, die mögliche Standards eines Grabenräumprogrammes sein können (7.2.1) sowie ergänzende Maßnahmen, die bei Bedarf durchgeführt werden sollten (7.2.2). Unter begleitenden Maßnahmen werden „weiche“ Faktoren der Kommunikation aufgeführt (7.2.3). Perspektivische Maßnahmen zeigen die zukünftig notwendigen Schritte auf (7.2.4).

#### 7.2.1 Arbeitshilfe zur ökologisch ausgerichteten Grabenräumung

##### **Sichtung und Auswahl der für den Naturschutz bedeutenden und entwicklungsfähigen Grabensysteme**

- Katalogisierung aktueller Vorkommen schutzwürdiger Vegetation und Fauna (rezente und ältere Nachweise, Historie/Alter der Grabenareale)

- Dokumentation von Hotspots der Diversität
- Analyse von Konfliktpotenzialen mit aktueller Landnutzungsintensität
- Regelung und Regelbarkeit der Stauhaltung
- Steuerung und ausreichende Vorklärung der Zuwässerung

### **Aufstellung eines Pflegeplanes für das Grabensystem**

- Festlegung von schutzwürdigen Grabenarealen, die nach einheitlichen ökologischen und wasserwirtschaftlichen Kriterien gemanagt werden können/sollten (Schaubezirke)
- Benennung regionaler Schutzzwecke/-prioritäten und Zielbiotop
- Festlegung von Stauhaltungsplänen
- Dokumentation realer und gewünschter Nutzungsvariabilität in der Unterhaltung
- Benennung der minimalen/maximalen Intensitäten und der räumlichen und zeitlichen Frequenzen
- Festlegung der Räumgerät(e), Räumzeitpunkt(e), Sondermaßnahmen
- Einrichtung eines GIS-gestützten Grabenkatasters
- Ermittlung der Kosten und Sicherstellung der Finanzierung
- Klärung der Zuständigkeiten, rechtliche Absicherung

### **Durchführung der „Ökologischen Grabenschau“**

- Jährliche Beschau der potenziell zu räumenden Gräben
- Grabentypisierung und Benennung des Verlandungsgrades
- Überprüfung schutzwürdiger Populationen ausgewählter Arten und Benennung von bestandssichernden Maßnahmen wie Aussparen von Teilbeständen oder Rücksetzen von besonders schutzbedürftigen Pflanzen und Tieren wie z. B. Krebschere, Wasserfeder, Großmuscheln
- Ermittlung der Uferseite zur Ablage des Grabenaushubs, z. B. keine Ablagerung von Grabenaushub an kritischen Wuchsorten mit samenbürtigen Pflanzen, möglichst alternierender Wechsel der Ufer
- Aufstellung des vorläufigen Grabenräumplanes

### **Ökologische Fachbegleitung der Grabenräumung**

- Abstimmung mit den Landwirten und den ausführenden Betrieben in der Vorbereitung
- Abstimmung bei der konkreten Umsetzung
- Fachkundige Begleitung der Grabenräumung, ggf. Zurücksetzen ausgewählter Tierarten

### **Dokumentation**

- Dokumentation der durchgeführten Grabenräumung im GIS / Karten
- Ggf. Fortschreibung des Grabenkatasters

## 7.2.2 Ergänzende Maßnahmen

### Integrierbare Artenhilfsmaßnahmen

- Fachgerechte Verpflanzung von Krebschieren-Beständen
- Gewinnung von Pflanzenmaterial mit Herkunftsnachweis aus naturraumtypischen Vegetationsbeständen zur Initialisierung von Sukzessionsvorgängen bei Biotop-Neuanlagen (z. B. Kleingewässer)
- Förderung von Niedermoorflora an Grabenufern durch Abflachung der Grabenböschung oder Beimpfungen

### Kontrolle besonders schutzwürdiger Vegetationsbestände

- Jährliche Kontrolle und Dokumentation der Bestandsentwicklung im Zuge der „Ökologischen Grabenschau“ von besonders schutzwürdigen Vegetationsbeständen im und am Graben, insbesondere Krebschere, Fieberklee, Sumpf-Läusekraut, Gräben-Veilchen und ggf. Tierpopulationen (z. B. Großmuscheln)

## 7.2.3 Begleitende Maßnahmen

### Schulung der Beteiligten vor Ort

- Vermittlung praxisnaher Kenntnisse zur Grabenvegetation und Fauna an die mit der Grabenräumung Beteiligten (Baggerfahrer, Biologen)

### Einbindung der Öffentlichkeit

- Öffentlichkeitsarbeit und Umweltbildung zur Sensibilisierung für den Erhalt wertvoller Kulturlandschaftsbiotope
- Vermittlung der Botschaft, dass Grabenunterhaltung zwingend erforderlich und ökologisch möglich ist

## 7.2.4 Perspektivische Maßnahmen

### Absicherung längerfristiger Grabenräumprogramme

- Verpflichtender Charakter für öffentliche Träger und Landnutzer
- Laufzeiten der Programme möglichst 20-25 Jahre
- Effizienzsicherung (Grabenunterhaltung ist kein kurzzeitiger Aktionismus)

## **Evaluierung Konflikt mindernder Maßnahmen in der Landnutzung**

- Minderung konkreter und potenzieller Belastungen.  
Relevante Fragen: Ist eine extensivere Nutzung möglich, aber mit ausreichender Minimalpflege der Grabenufer? Kann die Praxis der Düngung grabenschonender erfolgen? Ist eine Umwandlung von Acker in Grünland möglich? Sind durch einfache wasserbauliche Maßnahmen gewässerökologisch sinnvolle Effekte zu erzielen?

## **8 Hinweise zur Umsetzung einer naturverträglichen Grabenunterhaltung und mögliche Finanzierungsinstrumente**

### **8.1 Hinweise zur Organisation und Umsetzung der ökologischen Grabenräumung**

Die naturschutzfachliche Begleitung der naturverträglichen Grabenräumung bedingt einen höheren personellen Aufwand gegenüber der herkömmlichen Vorgehensweise, denn Biologen sind in den Prozess eingebunden und wählen die zu räumenden Gräben im Gelände aus und schlagen begleitenden Artenschutzmaßnahmen vor. Damit verbunden sind Mehrkosten gegenüber der herkömmlichen Vorgehensweise, die i. d. R. ohne naturschutzfachliche Betreuung vor Ort durchgeführt wird.

Ziel der ökologisch ausgerichteten Grabenräumung muss es daher sein, diese Mehrkosten weitgehend durch eine effiziente Organisation aufzufangen. Dies ist möglich, indem bspw. Privateigentümer ihre Verantwortung für die Grabenräumung gebündelt an eine zentrale, öffentliche Stelle abgeben. Diese Institution organisiert und führt die Grabenräumung für ein Gesamtgebiet durch. So kann einerseits im Sinne des Naturschutzes gewährleistet werden, dass nicht alle Gräben eines Areals gleichzeitig geräumt werden. Andererseits fangen eine gebündelte Vergabe und Abwicklung der Grabenräumung für alle Flächen, die zeitliche Ausdehnung der Räumintervalle sowie die Konzentration auf ausgewählte Grabenabschnitte diesen Mehraufwand zum Teil wieder auf. Da sich verschiedene Artenschutzmaßnahmen leicht in den Ablauf der Grabenräumung integrieren lassen, sind hierfür keine zusätzlichen Finanzmittel erforderlich.

Im Ergebnis entstehen insgesamt geringe Mehrkosten beim zuständigen Unterhaltungsträger. Diesen steht der nachhaltige Schutz gefährdeter Arten gegenüber. Auf diese Weise wurde die naturverträgliche Grabenräumung seit 20 Jahren zur anerkannten Praxis in Bremen.

### **8.2 Finanzierungsmöglichkeiten**

Die mit der naturverträglichen Grabenräumung verbundenen Mehrkosten sind i. d. R. nicht ohne weitere Mittel von den Unterhaltungsträgern finanzierbar. Als zusätzliche Finanzierungsquellen stehen im Wesentlichen die folgenden Instrumente zur Verfügung.

#### **Festsetzung von naturschutzfachlichen Ausgleichsmaßnahmen**

Bei Eingriffen in Natur und Landschaft ist ein Vorhabenträger nach dem Naturschutzgesetz verpflichtet, für erhebliche Beeinträchtigungen einen naturschutzfachlichen Ausgleich zu schaffen. Im Rahmen der Genehmigung eines Bauvorhabens legt die Naturschutzbehörde fest, welche Maßnahmen zum Ausgleich der durch das Vorhaben zerstörten Lebensräume geeignet sind. Der Vorhabenträger ist verpflichtet, diese sog. Ausgleichsmaßnahmen umzu-

setzen. Wenn vom Vorhaben Grabenlebensräume betroffen sind, kann die Naturschutzbehörde als Ausgleichsmaßnahme eine ökologisch verträgliche Grabenräumung zur Entwicklung von neuen wertvollen Grabenlebensräumen festlegen.

In Bremen bspw. wird aus diesen Mitteln die naturschutzfachliche Entwicklung von etwa 270 km Gräben entlang privater und öffentlicher Flächen finanziert.

### **Zahlung von naturschutzfachlichem Ersatzgeld**

Ist die Durchführung von Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen ganz oder teilweise nicht möglich, sieht das Naturschutzgesetz die Möglichkeit der Zahlung von Ersatzgeld durch den Vorhabenträger an die Naturschutzbehörde vor. Die Naturschutzbehörde bestimmt, welche Naturschutzmaßnahmen aus diesem Pool finanziert werden sollen. In diesem Rahmen kann das Ersatzgeld auch für eine ökologisch verträgliche Grabenunterhaltung eingesetzt werden.

### **Europäischer Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des Ländlichen Raumes (ELER)**

Auf Länderebene werden verschiedene Förderprogramme zur Finanzierung naturschutzfachlicher Entwicklungsmaßnahmen angeboten. Diese werden i. d. R. mit Mitteln der EU finanziert. Naturschutzmaßnahmen in Niedersachsen und Bremen sind aus dem Europäischen Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des Ländlichen Raumes (ELER) finanzierbar, wenn die Maßnahmen in Schutzgebieten umgesetzt werden sollen. Voraussetzung für die EU-Förderung ist eine Ko-Finanzierung durch Landesmittel.

In Bremen wird die ökologisch verträgliche Grabenunterhaltung mit EU-Mitteln in Natura-2000-Gebieten auf einer Grabenlänge von etwa 380 km durchgeführt.

Die Laufzeit der angebotenen Förderprogramme der Länder richtet sich nach der fünfjährigen Förderperiode der EU. Die aktuelle Förderperiode endet 2013. Welche Programme mit wie vielen Mitteln ab 2014 zur Verfügung stehen, ist derzeit noch unklar.

## **9 Vermittlung der Ergebnisse durch eine aktive Presse- und Öffentlichkeitsarbeit**

Ein Ziel des Forschungs- und Kooperationsvorhabens ist die Information der lokalen und regionalen Akteure über die Ergebnisse des Projektes. Ziel der Öffentlichkeitsarbeit ist es, das Verständnis für die Belange des Arten- und Biotopschutzes und die Akzeptanz für die daraus resultierenden Schutz-, Pflege- und Entwicklungsmaßnahmen zu steigern. Im Folgenden wird ein Überblick über die Aktivitäten im Bereich Presse- und Öffentlichkeitsarbeit während der gesamten Projektlaufzeit gegeben.

### **9.1 Pressearbeit**

#### **Termin mit Lokalfernsehen Radio Bremen am 02.08.2007 im Hollerland**

Kurz nach Beginn des Forschungs- und Kooperationsvorhabens im Juni 2007 fand am 02. August 2007 ein Filmtermin im Naturschutzgebiet „Westliches Hollerland“ mit den Kooperationspartnern statt. In der lokalen Nachrichten-Sendung "buten un binnen" wurde um 18.00 Uhr sowie um 19.30 Uhr darüber berichtet und Henrich Klugkist (Biologe beim SUBVE) live im Studio interviewt.

#### **Pressetermin mit dem bremischen Umweltsenator Herrn Dr. Loske und dem Fachbetreuer der DBU Herrn Dr. Stock am 19.11.2007 im Hollerland**

Mit Teilnahme von Herrn Senator Dr. Loske (SUBVE) und Herrn Dr. Stock (DBU) fand am 19.11.2007 im selbigen Naturschutzgebiet ein Pressetermin statt. Die geplanten Maßnahmen im Projekt wurden anschaulich durch vorhandenes Grabenräumgerät (Schlepper, Krebscherenforke) demonstriert. Mitarbeiter der Hochschule Bremen führten zudem - exemplarisch für die Wirkungskontrollen im Projekt - eine Elektro-Befischung durch, so dass Grabenfische und andere Zielarten gezeigt werden konnten. Abends berichtete das Lokalfernsehen in der Sendung "buten un binnen" über das Forschungsvorhaben und am folgenden Tag erschien ein Artikel im Weserkurier (s. Anhang).



Abb. 123: Bilder vom Pressetermin am 19.11.2007 im NSG "Westliches Hollerland"  
Fotos. R. Jordan

### Artikel in der Zeitschrift Umwelt-Report, Ausgabe 2008

Die Hanseatische Naturentwicklung (haneg) veröffentlichte in der Ausgabe 2008 der Zeitschrift Umwelt-Report einen Fachartikel mit dem Titel „Bremen beschreitet neue Wege zum Erhalt der Krebschere und ihrer artenreichen Lebensgemeinschaft“ (s. Anhang).

### Artikel in der Norddeutschen am 09.04.2008

Im Rahmen des Umweltbildungsprogramms des Vereins Ökologiestation berichtete Herr Kessel am 03.04.2008 über erste Ergebnisse aus dem Krebscherenvorhaben für die interessierte Öffentlichkeit (15 Besucher). Am 09. April 2008 erschien ein Presseartikel in der Norddeutschen (s. Anhang).

### **Artikel in der Zeitschrift Natur und Landschaft, Heft 5/2008**

Schwerpunkt der Mai-Ausgabe der Zeitschrift Natur und Landschaft im Jahr 2008 bildete das Thema „Naturschutzarbeit in Deutschland: Arbeitsschwerpunkte und Aktivitäten [...] der für Naturschutz und Landschaftspflege zuständigen Institutionen.“ Andreas Nagler (SUBVE) publizierte in der Ausgabe den Artikel „Erprobung von Maßnahmen zum Schutz der Krebssechse (*Stratiotes aloides*)“ als einen Beitrag für das Bundesland Bremen (siehe Anhang).

### **Artikel im Weser-Kurier am 23.05.2008**

Auf der Campus-Seite im Weser-Kurier erschien am 23.05.2008 ein Artikel über das Forschungsvorhaben als Beispiel für einen artenreichen Lebensraum in Bremen (s. Anhang).

### **Artikel im Weser-Kurier am 30.08.2008 und 04.09.2008**

Über die Exkursion ins Hollerland am 29. August 2008 unter dem Motto „Vielfalt im Bremer Graben – erfahren, gestalten, erleben“ wurde im Weser-Kurier zweimal berichtet (zu der Exkursion vgl. 9.3). Die Presseartikel befinden sich im Anhang.

### **Artikel im Weser-Kurier am 06.05.2010**

Zur Abschlusstagung des Forschungs- und Kooperationsvorhabens an der Hochschule Bremen (s. 9.5) erschien noch einmal ein umfassender Artikel im Weser-Kurier, der wesentliche Ergebnisse des Forschungsvorhabens benennt und auch auf den Bezug des Leitfadens bei der Hanseatischen Naturentwicklung GmbH aufmerksam macht (s. Anhang).

## **9.2 Ausstellungen, Events**

Das Forschungs- und Kooperationsvorhaben wurde über die Pressearbeit hinaus mittels einer Ausstellung auf drei Veranstaltungen präsentiert. Die Veranstaltungen standen im Zusammenhang mit der 9. Vertragsstaatenkonferenz zum Erhalt der biologischen Vielfalt in Bonn.

### **Auftakt zur Veranstaltungsreihe „Zauberhafte Vielfalt“ in Bremen am 04.04.2008**

Die erste Ausstellung erfolgte am 04.04.2008 im Rahmen der Auftaktveranstaltung zur Veranstaltungsreihe „Zauberhafte Vielfalt“ in Bremen. Die Hanseatische Naturentwicklung präsentierte auf ihrem Stand das Krebssechsen-Projekt mittels Plakaten, Krebssechsen-Modell und lebenden Pflanzen im Aquarium. Ziel war es, der überwiegend fachfremden Öffentlichkeit das Besondere der Wasserpflanze sowie die Inhalte des Forschungsvorhabens anschaulich und spielerisch zu vermitteln. Deshalb gab es für Besucher u.a. die Möglichkeit, an einem Quiz mit Gewinnchancen teilzunehmen. Die für die Ausstellung erarbeiteten Plakate sowie das Quiz inklusive Lösung sind im Anhang dargestellt.



Abb. 124: Bilder vom Stand der Hanseatischen Naturentwicklung bei der Auftaktveranstaltung zur "Zauberhaften Vielfalt" am 04.04.2008 auf dem Marktplatz in Bremen  
Fotos: R. Jordan

### **Sonderkonferenz der Umweltminister (UMK) zur Biodiversität am 07.05.2008 in Mainz**

Bei der Sonderkonferenz der Umweltminister (UMK) am 07.05.2008 war SUBVE mit einem Informationsstand vertreten. Der Stand war ähnlich aufgebaut wie im April auf dem Bremer Marktplatz (s.o.).



Abb. 125: Bilder von der Sonderkonferenz der Umweltminister (UMK) am 07.05.2008 in Mainz  
Fotos: K. Kunze

### 9. Vertragsstaatenkonferenz zum Erhalt der biologischen Vielfalt in Bonn

Im Rahmen der internationalen UN-Konferenz zur biologischen Vielfalt in Bonn präsentierte die Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU) ein begleitendes Ausstellungsprogramm, in dem Firmen, Verbände, Städte und Gemeinden u. a. ihre Projekte vorstellten, die zum Erhalt der biologischen Vielfalt beitragen. Der Senator für Umwelt, Bau, Verkehr und Europa (SUBVE) nahm an dieser Ausstellung teil und präsentierte neben der Botanica und dem Rhododendronpark das Forschungsvorhaben Krebschere auf dem "Campus der Vielfalt" und der "Expo der Vielfalt" vom 19. bis 30. Mai 2008. Hierzu wurden im Rahmen des Forschungsvorhabens zwei weitere Plakate zu den Themen Artenvielfalt und genetische Analysen erarbeitet, plakative Banner mit der Pflanze Krebschere als Eye-Catcher erstellt sowie Exposés zu Fachinhalten in englischer Sprache verfasst. Alle Kooperationspartner des Forschungsvorhabens sowie die Mitglieder der Arbeitsgemeinschaft Krebschere leisteten ihren Beitrag zur Betreuung des Standes und zur Information der Besucher. Für die Delegierten der 9. Vertragsstaatenkonferenz und die interessierte (Fach-)Öffentlichkeit gab es u. a. wieder die Möglichkeit, an dem Quiz mit Gewinnchancen teilzunehmen.





Abb. 126: Bilder vom Stand bei der „Expo der Vielfalt“ im Rahmen der 9. Vertragsstaatenkonferenz zum Erhalt der biologischen Vielfalt vom 19. bis 30. Mai 2008 in Bonn  
Fotos: K. Kunze, R. Jordan

### 9.3 Exkursionen

#### Exkursion ins Hollerland mit Schulklassen und der Öffentlichkeit am 29.08.2008

Im Rahmen des Projektes fand am 29. August 2008 eine Exkursion der besonderen Art in das Naturschutzgebiet Hollerland statt. Die Expedition war eingebettet in die Bremer Veranstaltungsreihe „Zauberhafte Vielfalt“ (Bremer Beitrag zur Biodiversitätskampagne 2009) und stand unter dem Motto „Vielfalt im Bremer Graben - erfahren, gestalten, erleben“.

Am Vormittag waren drei Schulklassen eingeladen, die Tier- und Pflanzenwelt des Bremer Grabens selbst aktiv zu erforschen. Am Nachmittag kamen alle Interessierten in das Gebiet und konnten sich sowohl über die Besonderheiten der Kulturlandschaft mit den typischen Grabenlebensräumen als auch über das Forschungs- und Kooperationsvorhaben informieren. Wie die Presseartikel im Anhang zeigen, war die Veranstaltung ein guter Erfolg. Die Einladung zu diesem Tag ist ebenfalls im Anhang aufgeführt.





Abb. 127: Bilder von der Exkursion „Vielfalt im Bremer Graben - erfahren, gestalten, erleben“ am 29. August 2008 im Hollerland.

Fotos: F. Brüning

Die Expedition wurde durch ein ZDF-Team begleitet, welches am 22.11.2008 auf dem ZDF.infokanal in der Sendung „Der Urwald vor der Haustür - Rettung heimischer Biotope in und um Bremen“ über die Besonderheiten des Hollerlandes mit seiner bedeutenden Libellenfauna berichtete. Für diesen Bericht wurde u. a. während der Exkursion am 29.08.2008 gefilmt.

### **Austausch und Exkursion ins Hollerland, Niedervieland und Werderland mit niederländischen Fachkollegen im Mai 2009**

Auf Einladung des Krebscherenprojektes waren am 27. und 28. Mai 2009 Dr. Smolders und Prof. Dr. Roelofs aus Nijmegen (Niederlande) in Bremen zu Gast. Das Treffen diente dem gegenseitigen Austausch und der Diskussion des aktuellen Forschungsstandes zur Ökologie der Krebschere und möglichen Ursachen für ihren Rückgang in Bremen. Der wissenschaftliche Austausch erfolgte am ersten Tag über Vorträge. Am zweiten Tag des Treffens stand bei einer Exkursion in die drei Erprobungsgebiete die konkrete Situation vor Ort im Mittelpunkt.





Abb. 128: Workshop und Exkursion mit niederländischen Kollegen von der Radboud University Nijmegen im Bremer Werderland 2009.

Fotos oben: W. Kundel  
Foto unten: D. Zacharias

## 9.4 Website

Um die Inhalte des Forschungs- und Kooperationsvorhabens der interessierten Öffentlichkeit sowie Vertretern der Naturschutzverwaltung, Umweltverbänden, Planungsbüros, Unterhaltungsverbänden, Wasser- und Bodenverbänden, Universitäten / Hochschulen, etc. vorzustellen, wurde eine Internetpräsentation gestaltet. Ziel war es insbesondere, vorhandenen Berichte, Vorträge, Poster etc. zum Download zur Verfügung zu stellen sowie über laufende Veranstaltungen zu informieren.



Abb. 129: Startseite der Homepage des KrebssscherenForschungsprojektes unter [www.krebssschere-bremen.de](http://www.krebssschere-bremen.de)

## 9.5 Tagungen

### Fachtagung „Naturverträgliche Gewässerunterhaltung“ im September 2008

Am 15. und 16. September 2008 fand in der Alfred Toepfer Akademie für Naturschutz (NNA) unter Leitung von Herrn Kesel das Seminar „Naturverträgliche Gewässerunterhaltung“ statt. Das Seminar diente dem Informations- und Erfahrungsaustausch über die Praxis der Unterhaltung an Gräben und Fließgewässern. Am ersten Seminartag stand die Grabenunterhaltung, insbesondere die ökologische Grabenräumung in Bremen und damit die Fragestellungen, Ziele und Aktivitäten des Forschungs- und Kooperationsvorhabens zur Krebschere, im Fokus des Seminars. Die Kooperationspartner referierten zu verschiedenen Aspekten des Forschungsvorhabens. Das Veranstaltungsprogramm, aus dem alle Referentenbeiträge hervorgehen, ist im Anhang aufgeführt. Die Vorträge können im Download-Bereich der Seite [www.krebschere-bremen.de](http://www.krebschere-bremen.de) herunter geladen werden.

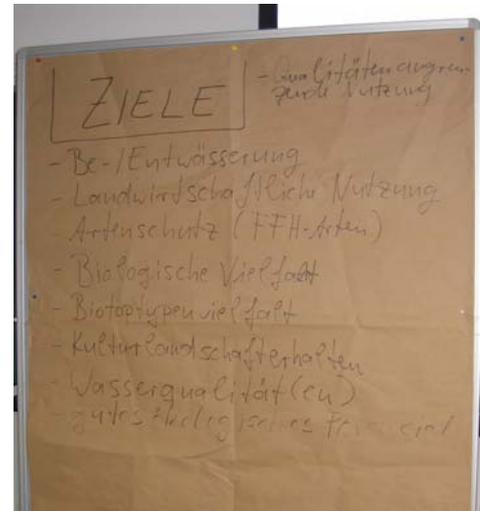


Abb. 130: Bilder von der Fachtagung „Naturverträgliche Gewässerunterhaltung“ bei der NNA in Schneverdingen im September 2008.

Fotos: R. Jordan

### Informationstag Krebschere im Oktober 2009 in Bremen

Am 02. Oktober 2009 fand die NNA-Veranstaltung „Informationstag Krebschere und Grabenräumung“ unter der Leitung von Raimund Kesel (ArGe Krebschere) und Kerstin Kunze (haneg) in Bremen statt. Das Veranstaltungsprogramm kann im Anhang eingesehen werden. Alle weiteren Kooperationspartner waren an der Gestaltung des Tages beteiligt, wo u. a. der „Krebscherenpflücker“ demonstriert wurde.



Abb. 131: Bilder des Informationstages Krebschere und Grabenräumung am 02. Oktober 2009 in Bremen.

Fotos: R. Jordan

### **Abschlussstagung im Mai 2010 an der Hochschule Bremen**

Die Abschlussstagung fand am 05. und 06. Mai 2010 in der Hochschule Bremen statt. Am ersten Tag wurden die Ergebnisse des Forschungsvorhabens vorgestellt und intensiv diskutiert (Vortragsprogramm s. Anhang). Der zweite Tag diente der Veranschaulichung und Vertiefung der Inhalte vor Ort. Hierzu wurde eine Exkursion in das Hollerland und Niedervieland durchgeführt.

Insgesamt bestand ein großes Interesse an den Ergebnissen des Forschungsvorhabens. Als Teilnehmer kamen überwiegend Personen aus der Naturschutzverwaltung, von Planungsbüros, von Wasser-, Boden- und Landschaftspflegeverbänden, von Universitäten und Hochschulen sowie Vertreter von ausführenden Betrieben. Mit 80 Teilnehmern war die Tagung gut besucht.

Der Leitfaden zur naturverträglichen Grabenunterhaltung wurde an alle Teilnehmer verteilt. Darüber hinaus bestand die Möglichkeit, weitere Exemplare kostenpflichtig zu erwerben. Die Resonanz auf den Leitfaden und die Tagung war sehr positiv. Die zwei Tage waren insgesamt durch ein hohes Maß an fachlichem Austausch geprägt. Für das Projektteam bildete die Tagung einen positiven Abschluss der dreijährigen Tätigkeit.



Abb. 132: Bilder der Abschlusstagung am 05. und 06. Mai 2010 in Bremen.

Fotos: S. Weritz

## **Internationale Tagung an der Radboud University in Nijmegen (Niederlande) im Mai 2010**

Die Arbeitsgruppe des Krebschereprojektes der Hochschule Bremen nahm vom 16. bis 19. Mai 2010 an der internationalen Tagung „Plant Population Biology - Crossing Borders“ an der Radboud University in Nijmegen, Niederlande [<http://www.ru.nl/popbio2010/> (27.5.2010)] teil. Die Tagung, an der 161 Wissenschaftler aus 15 Ländern teilnahmen, wurde gemeinsam von der Sektion „Plant Population Biology“ der GFÖ (Ecological Society of Germany, Switzerland and Austria) und dem Institute for Water and Wetland Research der Radboud University Nijmegen, an dem auch die niederländische Krebschere-Forschungsgruppe um Prof. Dr. Jan Roelofs und Dr. Fons Smolders tätig ist, ausgerichtet. Auf der Tagung wurden durch die Hochschule Bremen eigene Forschungsergebnisse aus dem Bremer DBU-Projekt durch einen Vortrag sowie vier Poster präsentiert (Poster s. Anhang).



Abb. 133: Die Teilnehmer der Krebschereprojekt-Arbeitsgruppe der Hochschule Bremen, die auf der Internationalen Tagung "Plant Population Biology 2010 Crossing Borders" an der Universität Nijmegen in den Niederlanden Ergebnisse aus dem Bremer Projekt vorgestellt haben.

Von links nach rechts: Dr. Gert Weber, Jana Ebersbach, Corinna Boye, Julia Günther, Maraike Willsch, Sebastian Werner, Mareike Rieken, Nada Zantout, Prof. Dr. Dietmar Zacharias.

Foto: Martin Winkler

### **9.6 Projekt- und Abschlussarbeiten der Hochschule Bremen**

Während des Projektzeitraums entstanden an der Hochschule Bremen im Schwerpunkt Umweltbiologie des Internationalen Studienganges Technische und Angewandte Biologie (Fakultät 5, ISTAB) unter der Betreuung von Prof. Dr. Heiko Brunken und Prof. Dr. Dietmar Zacharias zahlreiche Projekt- und Abschlussarbeiten, die unmittelbar Fragestellungen aus dem Projekt aufgriffen oder sich mit zusätzlichen Aspekten der Biodiversität und Ökologie der Graben-Grünlandgebiete befasst haben. Die Arbeiten sind im Folgenden aufgelistet:

- CASTRO, J.F. & POHLMANN, M. (2008): Aktuelles Vorkommen, Verbreitung, Biologie und Lebensraumsansprüche des Großen Kolbenwasserkäfers (*Hydrophilus piceus*) unter besonderer Berücksichtigung des Feuchtgrünlandgürtels von Bremen. – Projektarbeit, Internationaler Studiengang Technische und Angewandte Biologie, Hochschule Bremen (Fakultät 5), 45 S., unveröffentlicht
- CASTRO, J.F. & POHLMANN, M. (2009): Analyse des Vorkommens der Grünen Mosaikjungfer (*Aeshna viridis*) im NSG Westliches Hollerland (Leher Feld). Bachelorarbeit, Internationaler Studiengang Technische und Angewandte Biologie, Hochschule Bremen (Fakultät 5), 84 S., unveröffentlicht
- DURST, R. (2008): Kritischer Bestimmungsschlüssel für die Süßwassermollusken des Naturschutzgebietes „Westliches Hollerland“ in Bremen, Bachelorarbeit, Internationaler Studiengang Technische und Angewandte Biologie, Hochschule Bremen (Fakultät 5), 59 S., unveröffentlicht
- EBERSBACH, J. (2010): Molekularbiologische Untersuchung der Diversität von Individuen der Krebschere *Stratiotes aloides* L. – Anwendung der Amplified Fragment Length Polymorphism Analyse, Bachelorarbeit, Internationaler Studiengang Technische und Angewandte Biologie, Hochschule Bremen (Fakultät 5), 74 S., unveröffentlicht
- FLICK, A. & KOCH, N. (2007): Dokumentation des „Projektes westliches Hollerland“ als Film, Bachelorarbeit, Internationaler Studiengang Technische und Angewandte Biologie, Hochschule Bremen (Fakultät 5), 28 S., unveröffentlicht
- FREY, K. & SEITZ, N. (2009): Die Fischfauna des Naturschutzgebietes Westliches Hollerland (Leher Feld) in Bremen. Bachelorarbeit, Internationaler Studiengang Technische und Angewandte Biologie, Hochschule Bremen (Fakultät 5), 80 S., unveröffentlicht
- GALLI, I. & SIEMENS, E. (2009): Untersuchung physikalisch-chemischer Gewässerparameter und deren Einfluss auf das Vorkommen des Makrophyten Krebschere *Stratiotes aloides* im Grabensystem des Bremer Grünlandes, Bachelorarbeit, Internationaler Studiengang Technische und Angewandte Biologie, Hochschule Bremen (Fakultät 5), 103 S., unveröffentlicht
- GÜNTHER, J., RIEKEN, M., WILLSCH, M. (2010): Verbreitungsmuster der Fischfauna im Bremer Grünlandgürtel in Abhängigkeit gewässerökologischer Parameter vor dem Hintergrund des ökologischen Grabenräumprogramms, Bachelorarbeit, Internationaler Studiengang Technische und Angewandte Biologie, Hochschule Bremen (Fakultät 5), 80 S., unveröffentlicht
- HIMLER, M. (2007): Eisengehalte in der Krebschere (*Stratiotes aloides*): autökologische Studien zum Schutz und Erhalt der Art. Bachelorarbeit, Internationaler Studiengang Technische und Angewandte Biologie, Hochschule Bremen (Fakultät 5), 58 S., unveröffentlicht
- JÖST, M. (2008): Einfluss physikalisch-chemischer Gewässerparameter auf das Vorkommen der Krebschere *Stratiotes aloides* im Grabensystem des Bremer Grünlandes, Bachelorarbeit, Internationaler Studiengang Technische und Angewandte Biologie, Hochschule Bremen (Fakultät 5), 110 S., unveröffentlicht
- KRAFT, A. (2009): Biologie und Verbreitung der Europäischen Wasserspitzmaus *Neomys fodiens* – Beitrag zum Säugetieratlas von Bremen, Bachelorarbeit, Internationaler Studiengang Technische und Angewandte Biologie, Hochschule Bremen (Fakultät 5), 80 S., unveröffentlicht
- KÜNTZEL, A. (2008): Molekulargenetische Analyse des Makrophyten *Stratiotes aloides* (L.) Krebschere – DNA-Extraktion und RAPD-PCR, Bachelorarbeit, Internationaler Studiengang Technische und Angewandte Biologie, Hochschule Bremen (Fakultät 5), 45 S., unveröffentlicht
- NOWOTNY, P. (2008): Entwicklung einer RAPD-PCR-Methode zur molekulargenetischen Analyse von *Stratiotes aloides*. Bachelorarbeit, Internationaler Studiengang Technische und Angewandte Biologie, Hochschule Bremen (Fakultät 5), 45 S., unveröffentlicht
- OHNEISER, L. (2008): Beiträge zur Molluskenfauna Bremens – Verbreitung und Biologie der Sumpfdackelschnecke *Viviparus*, Bachelorarbeit, Internationaler Studiengang Technische und Angewandte Biologie, Hochschule Bremen (Fakultät 5), 73 S., unveröffentlicht

- PFEFFER, C. & WILLIMZIK, K. (2008): Entwicklung eines RAPD-PCR-Protokolls zur molekularbiologischen Analyse der genetischen Variabilität von *Stratiotes aloides* L. (Krebschere), Projektarbeit, Internationaler Studiengang Technische und Angewandte Biologie, Hochschule Bremen (Fakultät 5), 18 S., unveröffentlicht
- WENDT, T. (2007): Konzeption einer RAPD-PCR-Methode zur molekulargenetischen Differenzierung von Individuen der Krebschere *Stratiotes aloides*. Bachelorarbeit, Internationaler Studiengang Technische und Angewandte Biologie, Hochschule Bremen (Fakultät 5), 30 S., unveröffentlicht
- WERITZ, S. C. (2009): Biologie und Verbreitung der Europäischen Wasserspitzmaus *Neomys fodiens* – Ökologie und Naturschutzaspekte, Bachelorarbeit, Internationaler Studiengang Technische und Angewandte Biologie, Hochschule Bremen (Fakultät 5), 44 S., unveröffentlicht
- WERNER, S. (2007): Erstellung eines Fachinformationssystems zum Projekt Bremer Hollerland – Datenbank für umweltrelevante Informationen als Basis für Planung und Management, Bachelorarbeit, Internationaler Studiengang Technische und Angewandte Biologie, Hochschule Bremen (Fakultät 5), 81 S., unveröffentlicht
- WERNER, S. (2009): Entwicklung eines Grabensimulators – zur Modellierung von Wasserqualitäten im Naturschutzgebiet westliches Hollerland („Leher Feld“), Masterarbeit, Internationaler Studiengang Technische und Angewandte Biologie, Hochschule Bremen (Fakultät 5), 80 S., unveröffentlicht
- WILFERT, P. & ZANTOUT, N. (2010): Chemische und physikalische Parameter im Schlammkörper Bremer Grabenökosysteme – Standortfaktoren der Krebschere *Stratiotes aloides* L., Bachelorarbeit, Internationaler Studiengang Technische und Angewandte Biologie, Hochschule Bremen (Fakultät 5), 86 S., unveröffentlicht

## 9.7 Leitfaden zur ökologischen Grabenunterhaltung

Im Leitfaden wird erstmals die seit dem Ende der Achtziger Jahre in Bremen bewährte Praxis der naturverträglichen Unterhaltung von Marschengräben im Grünland dokumentiert. Ergänzt werden die Praxishinweise durch die neuen Erkenntnisse aus dem Forschungsvorhaben.

Der Leitfaden gibt dabei praxisnahe Empfehlungen zur Anwendung durch Mitarbeiter/innen der Naturschutz- und Wasserbehörden, der Wasser- und Bodenverbände, Deichverbände, Planungs- und Ingenieurbüros sowie für Fachbetriebe, die Grabenunterhaltungen durchführen.

Die Broschüre kann für 5,- Euro zzgl. Versandkosten bei der Hanseatische Naturentwicklung GmbH unter Tel. 0421/2770030 oder per Email: [info@haneg.de](mailto:info@haneg.de) bestellt werden.



Abb. 134: Deckblatt des Leitfadens zur ökologischen Grabenunterhaltung.

## 9.8 Publikation eines Fachartikels

Im Rahmen des Projektes wurde die Publikation eines Fachartikels vorbereitet. Die Veröffentlichung wird nach dem Projektabschluss liegen. Der Artikel soll entweder in der Zeitschrift „Naturschutz und Landschaftsplanung“ oder „Natur und Landschaft“ erscheinen. Darüber hinaus ist es geplant, in beiden Fachzeitschriften eine Anzeige zu schalten, die auf die Erscheinung des Leitfadens und die Bezugsmöglichkeit hinweist.

## 10 Reflexion und Ausblick

Zum Abschluss des Projektes und Berichtes erfolgt eine Reflexion des Forschungs- und Kooperationsvorhabens anhand folgender Fragestellungen:

- Inwieweit wurden die verfolgten Ziele erreicht?
- Woraus ergaben sich Abweichungen vom geplanten Projektverlauf?
- Hat sich die Vorgehensweise bewährt?
- Wie gestaltete sich die Zusammenarbeit mit den Kooperationspartnern?
- Welche Fragen sind offen geblieben und wo gibt es noch Forschungsbedarf?
- Wird das Vorhaben oder Teile davon weitergeführt?

### **Inwieweit wurden die verfolgten Ziele erreicht?**

Ziel 1: Die **Entwicklung und Erprobung geeigneter Maßnahmen** zum Schutz, zur Entwicklung und zur Pflege der Krebschere als Leitart für ein ökologisch wertvolles Gewässernetz in Bremen.

Im Rahmen des Forschungsvorhabens ist es gelungen, geeignete Maßnahmen zum Schutz und zur Entwicklung der Krebschere zu entwickeln und zu erproben. Mit der Variation des Räumzeitpunktes und der Räumintensität konnten wichtige Erkenntnisse zur Durchführung einer an die Krebschere angepassten Grabenunterhaltung gewonnen werden. Durch Beimpfung von krebscherefreien Gräben mit Krebscherebeständen haben sich neue Bestände etabliert. Eine große Bedeutung kommt dabei der Entwicklung des sogenannten „Krebscherepflückers“ zur Entnahme und zum Einbringen der Wasserpflanzen zu. Damit wird ein schonender Umgang mit den Krebscherepflanzen gewährleistet, der die erfolgreiche Wiederansiedlung sehr positiv beeinflusst. Hohe Mobilität und Flexibilität bei gleichzeitig geringem Personaleinsatz sind für diesen Krebscherepflücker kennzeichnend.

Verschiedene Geräte zur Grabenräumung wurden in der Praxis getestet. Neben den bislang in Bremen eingesetzten Geräten erfolgte ein Praxistest mit einer Grabenschraube zur erhöhten Schlammabnahme. Im Test zeigte sich, dass wesentliche Tier- und Pflanzenschutzaspekte damit nicht berücksichtigt werden können. Gemeinsam mit der durchgeführten Geräte-recherche konnten aus dem Praxistest zahlreiche Anforderungen an die Gerätetechnik formuliert werden. Die Entwicklung eines ganz neuen Grabenräumgerätes war jedoch im Rahmen des Projektes nicht geplant. Ideen zur weiteren technischen Konkretisierung sind im Projektteam vorhanden, deren Umsetzungs- und Finanzierungsmöglichkeiten nach Abschluss des Vorhabens weiter geprüft werden.

Ziel 2: Die **Ableitung von praxisnahen Empfehlungen**, die in andere Gebiete Nordwestdeutschlands und angrenzender Regionen übertragbar sind.

Mit der Erarbeitung des Leitfadens zur naturverträglichen Grabenräumung ist es gelungen, die im Projekt abgeleiteten Empfehlungen praxisgerecht, kompakt, informativ und übersichtlich für Verbände, Behörden und Private zusammenzufassen. Sie sind so gewählt, dass Interessierte aus angrenzenden Gebieten und Regionen zahlreiche Anregungen daraus aufnehmen können, auch wenn sich die Rahmenbedingungen von denen in Bremen unterscheiden sollten. Prämisse ist dabei, dass jeder einzelne Schritt in Richtung einer ökologisch verträglichen Grabenräumung wichtig ist und einen Erfolg für den Erhalt der Krebschere darstellt, auch wenn die Empfehlungen des Leitfadens nicht zu 100 % umgesetzt werden können.

**Ziel 3: Die Information der lokalen und regionalen Akteure** über die Ergebnisse des Vorhabens zur Förderung des Verständnisses für die Belange der Krebschere und der Akzeptanz daraus resultierender Schutzmaßnahmen.

Die Einbindung der lokalen und regionalen Akteure in den Kommunikations- und Informationsprozess (vgl. 1.1) erfolgte im Rahmen verschiedener überregionaler Fachveranstaltungen in Zusammenarbeit mit der Alfred Toepfer Akademie für Naturschutz (NNA), im Rahmen von Exkursionen ins Gelände für Schulklassen und Bürger, durch die Einbindung der an Bremen angrenzenden Landkreise mit ihren Wasser- und Naturschutzbehörden sowie international über einen engen Austausch mit niederländischen Fachkollegen und der Präsentation von Ergebnissen auf einer internationalen Tagung an der Universität Nijmegen. Darüber hinaus präsentierte das Forschungsteam das Projekt auf dem Bremer Marktplatz, bei der Sonderumweltministerkonferenz in Mainz sowie auf der Biodiversitätskonferenz in Bonn. Die regionale Presse berichtete wiederholt über das Vorhaben. Die lokalen, für die Grabenunterhaltung in Bremen verantwortlichen Akteure sind bereits als Kooperationspartner in das Projekt eingebunden. Das Interesse an den Ergebnissen des Forschungsvorhabens ist unter Fachleuten groß und die Resonanz positiv. Am stärksten waren die Teilnehmer im Gelände im direkten Kontakt mit der heimischen Tier- und Pflanzenwelt zu begeistern. Die intensive Kommunikation mit den Bewirtschaftern der an die Gräben angrenzenden landwirtschaftlichen Grünlandflächen für die naturverträgliche Grabenräumung hat im Laufe der Jahre zu einer hohen Akzeptanz der naturschutzfachlicher Themen geführt.

Die nächsten Jahre werden zeigen, inwieweit Unterhaltungsverbände außerhalb Bremens die im Leitfaden genannten Empfehlungen aufnehmen und ihre Arbeit zukünftig stärker an ökologischen Aspekten ausrichten. Auch in Bremen können die Erfolge oder Misserfolge an der Ausweitung des Grabenräumprogramms ab 2010 und insbesondere an den positiven Auswirkungen für den Arten- und Biotopschutz gemessen werden.

**Ziel 4: Die zu erprobenden Maßnahmen sollten konkret zum Erhalt und zur Entwicklung großflächiger und vitaler Bestände der Krebschere und der an sie angepassten Arten** in Bremen beitragen.

Mit den erprobten Räummaßnahmen sowie den Beimpfungsmaßnahmen ist es im Rahmen des Projektes gelungen, die Entwicklung großflächiger und vitaler Krebscherenbestände und der an sie angepassten Arten im Hollerland zu initiieren. Vor allem die ökologische In-

tensivräumung hat sich sowohl im Hollerland als auch im Werderland als wirkungsvoll hinsichtlich des Gesamtspektrums an Arten von der Pionier- bis zur Verlandungsphase erwiesen. Auch die im Projekt untersuchten Tiergruppen der Fische und Libellen profitieren von dieser Vorgehensweise. Im Niedervieland ist dies auf Grund der eher ungünstigen Standortbedingungen nicht gelungen. Es liegen jedoch zahlreiche Aspekte für neue Maßnahmen vor.

Ziel 5: Die Erprobungsmaßnahmen sollen die **Ermittlung** der für die Bestandssicherung der Krebschere **relevanten Schlüsselfaktoren** und -parameter unterstützen.

Im Projekt konnten für den Erhalt der Krebschere wesentliche Schlüsselfaktoren ermittelt werden. Dazu zählen der Einsatz und die Durchführung der an ökologischen Gesichtspunkten ausgerichteten Grabenräumung, die zu dem notwendigen Mosaik unterschiedlicher Grabenentwicklungsstadien führt. Die Standortansprüche der verschiedenen Lebensgemeinschaften werden dadurch in einem Gebiet gesichert und der Artenreichtum erhalten. Wichtig ist zudem ein aktives Wassermanagement, das bestimmte Mindestwassertiefen in den Gräben sicherstellt. Die Wasserqualität und Gewässerdynamik sowie die Zufuhr gebietseigenen Grundwassers sind darüber hinaus wichtige Faktoren. Die Qualität des Grabenschlamm spielt eine zentrale Rolle für die Wuchsbedingungen der Krebschere und ihre Ernährung. Untersuchungen des Porenwassers, die parallel zum Krebscherenvorhaben durchgeführt wurden, zeigten, dass toxische Bedingungen im Grabenschlamm entstehen können, auch wenn sich der freie Wasserkörper durch Nährstoffgehalte auszeichnete, die für das Vorkommen der Krebschere als unproblematisch einzustufen sind.

Als Schlüsselfaktor für Bremen ausgeschlossen werden konnte dagegen die Annahme, dass nur eingeschlechtliche Krebscherenbestände in den Gebieten vorhanden sind, die eine sexuelle Vermehrung ausschließen. In den drei Erprobungsgebieten kommen jeweils beide Geschlechter vor und es werden größere Anzahlen keimfähiger Samen produziert. Konkrete Aussagen zur Relevanz sexueller Vermehrung für die dauerhafte Stabilisierung der Populationen können nicht getroffen werden.

Neue Erkenntnisse zur Biologie der Krebschere konnten insbesondere zum Jahreszyklus und zum Blühverhalten gewonnen werden. Es zeigte sich, dass es eine zeitlich versetzte Blühphase der männlichen und weiblichen Pflanzen besteht, wobei die männlichen Blüten früher und zahlreicher erscheinen als die weiblichen Blüten und die weiblichen Pflanzen länger blühen als die männlichen.

Ziel 6: Die Maßnahmenerprobung soll die **Validierung der vermuteten Ursachen** sowohl für den Rückgang als auch für die Stabilität der Krebscherenbestände ermöglichen.

Viele der zu Projektbeginn vermuteten Ursachen für den Krebscherenrückgang konnten im Projektverlauf ausgeschlossen werden. Es zeigte sich, dass die seit 20 Jahren in Bremen praktizierte ökologische Ausrichtung der Grabenräumung zum Erhalt der Krebschere beigetragen hat. Hinsichtlich des Grabenräummanagements gibt es nur geringen Optimierungsbedarf im Detail, der im Leitfaden zur Grabenräumung aufgegriffen wurde. Als Ursache für den Rückgang kann die Bremische ökologische Grabenräumung ausgeschlossen werden.

Auch übt die Wasserqualität des in die Erprobungsgebiete zugewässerten Flusswassers insgesamt keinen direkten negativen Einfluss auf die Lebensbedingungen der Krebschere in einem Gebiet aus. Sie wirkt nur kleinräumig ins Gebiet hinein und kann durch ausreichend lange Zulaufstrecken oder Klärstrecken verbessert werden. Eine Vorklärung über längere Zulaufstrecken oder kürzere Klärstrecken mit Krebscheren- und Röhrichtbesatz zur Ausfiltrierung vor allem von Trübstoffen wird daher als sinnvoll erachtet.

Nach Auswertung von Niederschlags- und Zuwässerungsdaten zum Hollerland konnte die Ursache für den Krebscherenrückgang dort auf das Trockenfallereignis im Sommer 2003 zurückgeführt werden, verbunden mit einem Bestandseinbruch im Folgejahr. Zwar gab es auch im Winter entsprechende Trockenereignisse, die jedoch nicht zu einem Einbruch der Krebscherengeführt haben. Ein Schlüsselfaktor ist somit die Jahreszeit, in der Trockenfallereignisse eintreten. Diese können im Sommer zum großflächigen Absterben der Bestände führen. Seit der Regulierung der Zuwässerung nach Bedarf, so dass die Gräben – insbesondere in den empfindlichen Sommermonaten – nicht trockenfallen, haben sich die Krebscherenbestände erholt und weisen 2009 einen sehr guten Zustand auf. Auch die Beimpfungsmaßnahmen sind hier erfolgreich gewesen, was auf die grundsätzlich guten Standortbedingungen für die Krebschere in diesem Naturschutzgebiet hinweist. Die Zufuhr von Grundwasser durch Grundwasserpumpen führte in den Erprobungsgräben zu einer guten Krebscherenentwicklung. Es ist damit nicht auszuschließen, dass die Verbesserung der Grundwasserzufuhr im Gesamtgebiet zur Verbesserung der Bedingungen für die Krebschere führt.

Im Niedervieland stellt sich die Situation anders dar. Durch die Erprobungsmaßnahmen konnten nur in wenigen Gräben leicht positive Bestandsentwicklungen initiiert werden. Die Qualität des Grabenwassers scheint grundsätzlich geeignet für den Bewuchs mit Krebscheren, wie die Messergebnisse zeigen. Längere sommerliche Trockenfallereignisse wie im Hollerland fanden in diesem Gebiet im Betrachtungszeitraum nicht statt, partielles, kurzzeitiges Trockenfallen wurde allerdings auch hier nachgewiesen. Ein wichtiger Aspekt scheinen die vorhandenen Grabenwasserstände zu sein. Sie sind vermutlich insgesamt zu niedrig für die Krebschere. Bei Freiwasserständen weniger als 40 cm sind pessimale Milieufaktoren für die Krebschere zu erwarten (Mindestwassertiefe). Diese Mindestwassertiefe wird im Niedervieland vergleichsweise häufig unterschritten. Während Phasen der Zuwässerung kann die Trübung des Wassers dann negative Auswirkungen haben. Die Zufuhr von Grundwasser führte auch im Niedervieland zu einer vergleichsweise besseren Krebscherenentwicklung. Ursächlich für den starken Rückgang der Krebscherenbestände im Niedervieland ist vermutlich die Qualität des Grabenschlammes, der sehr nährstoffreich ist und im Winter sowie bei geringen Wassertiefen möglicherweise zu toxischen Bedingungen führt (Ammonium, Sulfat/Sulfid), die die Krebscheren im Frühjahr nicht mehr aufsteigen lassen oder in ihrer Vitalität beeinträchtigen. Darauf deuten die o. g. Zusatzversuche parallel zum Krebscherenvorhaben hin.

Handlungsbedarf ist hier nach wie vor gegeben, kann aber vor dem Hintergrund der nicht vollständig ausgewerteten Umweltbelastungen (standörtliches Milieu des Grabenschlammes, Rhizosphäre der Krebschere) noch nicht abschließend benannt werden.

Dass es im Werderland so gut ausgebildete Krebscherenbestände gibt, dürfte an einem weitgehend intakten Grundwasserzufluss mit hohen Leitfähigkeiten und ausreichenden Mindestfreiwassertiefen von 40 cm liegen. Positiv wirkt sich zudem die im Vergleich zum Hollerland und Niedervieland sehr lange Zuwässerungsstrecke aus, die eine ausreichende Vorklärung des Lesumwassers bewirkt. Es werden geogene Trübstoffe gefiltert, so dass lange Laufstrecken für das Bewässerungswasser zu empfehlen sind.

### **Woraus ergaben sich Abweichungen vom geplanten Projektverlauf?**

Das Projekt konnte wie geplant umgesetzt werden. Die einzelnen Arbeitsschritte wurden entsprechend des dargestellten Projektplans durchgeführt.

Hinsichtlich der Untersuchungen zur genetischen Differenzierung der Krebschere erfolgte ergänzend eine Zusammenarbeit mit dem Leibnitz-Institut für Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung (IPK) in Gatersleben. Im Rahmen dieser Kooperation konnte erstmalig eine Methode für die Analyse genetischer Differenzierungen zwischen Individuen der Krebschere entwickelt und angewandt werden. Darüber hinaus wurden parallel zum Forschungsprojekt mit externen Mitteln verschiedene Untersuchungen zur Biodiversität der Grabensysteme, zum Schlammkörper und zum Porenwasser durchgeführt (siehe z. B. Liste Abschlussarbeiten der Hochschule Bremen 9.6). Von dem großen Engagement aller Beteiligten und dem daraus resultierenden ergänzenden fachlichen Input profitierte das Kooperationsvorhaben Krebschere sehr.

### **Hat sich die Vorgehensweise bewährt?**

Die Vorgehensweise, die in Kapitel 3 beschrieben ist, hat sich bewährt. Mit der Auswahl von Probestrecken und Probestellen im Grabensystem der drei Probegebiete konnte eine effektive und fachlich ausreichend fundierte Bearbeitung der Fragestellungen umgesetzt werden. Die Auswahl und Verteilung der Probestrecken ermöglichte statistisch abgesicherte Aussagen.

Auch die experimentelle Maßnahmenumsetzung im Freiland hat hinreichende Ergebnisse geliefert. Aus der Wirkungskontrolle der Krebscherenentwicklung nach Umsetzung der speziellen Erprobungsmaßnahmen im Vergleich zur Entwicklung der natürlichen Vegetations- und Krebscherenbestände in Kontrollgräben konnten wichtige Erkenntnisse und Rückschlüsse auf Schlüsselfaktoren abgeleitet werden, die in den Leitfaden eingeflossen sind.

Die Auswahl der in Bremen im Rahmen der Grabenräumung involvierten Institutionen und Bearbeiter hat die Umsetzung der im Projekt erarbeiteten Ergebnisse in die örtliche Praxis sehr vereinfacht. Neue Erkenntnisse konnten im folgenden Jahr gleich in die Geländepraxis integriert werden, ohne dass lange Kommunikationswege zur Umsetzung notwendig waren.

Hinsichtlich der Dokumentation der Projekteinhalte hat sich die Erstellung der zwei Zwischenberichte mit den zum jeweiligen Zeitpunkt wesentlichen Ergebnissen bewährt. Einerseits konnten während der Projektlaufzeit inhaltliche Zwischenbilanzen gezogen werden, andererseits war es am Ende der Projektlaufzeit, wo sich die Arbeiten naturgemäß häufen, hilfreich, auf die bereits dokumentierten Inhalte zurückgreifen zu können und diese zu ergänzen.

### **Wie gestaltete sich die Zusammenarbeit mit den Kooperationspartnern?**

Die Zusammenarbeit zwischen den Projektpartnern (Kooperationspartnern und ArGe Krebschere) war gewinnbringend für alle Beteiligten und für das Projekt. Jeder Partner hat seine spezifischen Kenntnisse, Fähigkeiten und Stärken zum Nutzen aller einbringen können. Es gab regelmäßige Arbeitstreffen mit allen Projektpartnern, die sowohl der formalen, organisatorischen Abstimmung als auch der inhaltlichen Diskussion dienten. Durch den fachlichen Austausch wurde das jeweilige Fachwissen stark vernetzt, so dass alle Beteiligten den gleichen Wissenstand und das gleiche Verständnis über die Zusammenhänge aufbauen, vor diesem Hintergrund gemeinsam konstruktiv diskutieren und einvernehmliche Lösungen erarbeiten konnten. Insofern hat die Naturschutzpraxis in Bremen von der gewonnenen Datenlage und den neuen Kenntnissen sehr profitiert, was sich bei zukünftiger Zusammenarbeit positiv auswirken wird.

Die Öffentlichkeitsarbeit erfolgte gemeinsam mit dem gesamten Projektteam, so dass hier nicht nur die unterschiedlichen Aspekte und Blickwinkel gut präsentiert werden konnten, sondern auch unmittelbar vermittelt wurde, welche positiven Effekte und welches Innovationspotential durch Kommunikation zwischen den beteiligten Institutionen frei gesetzt werden kann.

Zudem war die Einbindung der Grabenräumfirma Van Eijden eine große Bereicherung, da der Geschäftsführer viele innovative Ideen in die Grabenräumpraxis eingebracht hat. Auf sein Engagement geht die Entwicklung und der Bau des „Krebsscherenpflückers“ zurück.

Profitiert hat das Vorhaben davon, dass es der Hochschule Bremen möglich war, im Studienablauf einzelne Teilaspekte des Krebsscherenvorhabens im Zusammenhang mit den Themen Gewässerqualität, Porenwasserqualität, Biodiversität in den Bremer Grabensystemen, Krebsschere etc. durch Studienprojekte, Bachelorarbeiten u. Ä. anzubieten und durchzuführen. Hierdurch ergaben sich weitere Erkenntnisse, von denen das Forscherteam und auch die Naturschutzpraxis in Bremen profitieren konnten. Ferner entwickelte sich aus dem Vorhaben eine gewisse Eigendynamik, so dass sich alle Beteiligten über das ursprünglich kalkulierte Maß an Zeit und Kosten im Projekt engagierten. Deutlich wird dies bspw. bei den parallel durchgeführten Zusatzversuchen zur Qualität des Schlammes im Niedervieland, die von SUBE und h a n e g gesondert finanziert wurden.

Innerhalb der Arbeitsgemeinschaft Krebsschere erwies sich die Trennung von wissenschaftlicher Auswertung und redaktioneller Bearbeitung der Berichte als vorteilhaft.

## **Welche Fragen sind offen geblieben und wo gibt es noch Forschungsbedarf? Wird das Vorhaben oder Teile davon weitergeführt?**

Im Projektverlauf haben sich einige offene Fragen ergeben, aus denen weiterer Forschungsbedarf resultiert.

**Entwicklung eines neuen, tierschonenden Räumgerätes**, mit dem vermehrt Schlamm aus den Gräben entzogen werden kann. Denkbar sind die Konstruktion, der Bau und die Erprobung einer verbesserten Grabenschraube im Rahmen eines Förderprojektes für kleine und mittlere Unternehmen (z. B. BMWi/AiF-ZIM (Zentrale Innovationsförderung kleiner und mittlerer Unternehmen)).

**Untersuchungsprogramm Grabenschlamm Niedervieland**. Um weitere Erkenntnisse über die spezifischen Bedingungen im Niedervieland zu erhalten, sind weitere Untersuchungen im Schlammkörper erforderlich. Die bereits vorgenommenen Zusatzversuche (Enclosure-Versuche) im Niedervieland werden noch bis Juni 2010 durchgeführt. Die Ergebnisse werden in einem gesonderten Bericht dokumentiert. Es zeichnet sich ab, dass noch weitere Untersuchungen notwendig sind, um mehr Klarheit über die Vorgänge im Grabenschlamm und die Quellen der Belastungen zu erhalten. Da auch in anderen Gebieten vergleichbare Gefährdungen von Grabenlebensräumen vorhanden sind oder entstehen können, kommt einem solchen Forschungsprojekt eine hohe überregionale Bedeutung zu.

**Wasserklärungsstrecken mit Krebscheren**. Aus den Beobachtungen der Röhrichtklärstrecken mit Krebscherenbeimpfungen hat sich ergeben, dass die Krebschere vermutlich besser zur Klärung von belastetem Oberflächenwasser hinsichtlich einer Besiedlung mit Wasserpflanzen geeignet ist als Röhrichte. Hierzu wäre ein Entwicklungs- und Erprobungsprojekt mit der Einrichtung einer Pilotanlage im Hollerland sinnvoll.

**Revitalisierung von Wasserlinsengräben zu Laichkraut-/Krebscherengräben**. Es hat sich gezeigt, dass die Revitalisierung von Wasserlinsengräben zu artenreichen Gräben schwierig ist bzw. mit den bisher praktizierten Maßnahmen der Grabenräumung und Beimpfung wenig Erfolg verspricht. Hier besteht weiterer Forschungs- und Erprobungsbedarf, evtl. auch hinsichtlich der Faktoren im Schlammkörper. Dies sind wichtige Fragen zum Beispiel auch für das Bremer Blockland, wo in Teilbereichen die Wasserlinsengräben sehr stabile Dauerstadien bilden. Die Fragestellung der Revitalisierung von Wasserlinsengräben hat aus Sicht der Projektpartner überregionale Bedeutung und könnte im Rahmen eines Forschungs- und Entwicklungsvorhabens (F+E) untersucht werden.

**Genpool Krebschere und Vermehrungspotenzial**. Es konnte gezeigt werden, dass die Krebschere neben einem enorm hohen vegetativen Vermehrungspotential in den Bremer Gebieten durch die Bildung keimfähiger Samen ein sexuelles Vermehrungspotential besitzt. Erste Ergebnisse, die Hinweise auf eine dennoch insgesamt hohe Ähnlichkeit der Genotypen geben, sollten durch vertiefte Untersuchungen überprüft werden, um eine mögliche Sonderstellung einzelner Populationen zu identifizieren.

**Bestäubung der Krebschere.** Eine weitere praxisrelevante Fragestellung hinsichtlich von populationsaufbauenden und -stärkenden Beimpfungsmaßnahmen ist die Frage, wie und von wem die Blüten der weiblichen Krebschere bestäubt werden. Hierzu konnten bisher keine sicheren Aussagen getroffen werden und auch die Literatur gibt nur erste Hinweise. Bei Kenntnis der Bestäuber und ihrer Anforderungen könnten entsprechende Maßnahmen erfolgsversprechender durchgeführt werden.

**Wasserstandhaltung mit Gewährleistung optimierter Mindestwasserstände.** Dieser Punkt ist insbesondere für das Niedervieland relevant. Mindestwasserstände wurden im Krebschere-Projekt benannt. Es ist jetzt die Aufgabe des Gebietsmanagements, mögliche Konflikte mit den Landnutzern zu konkretisieren und zu lösen. Zwischen dem zuständigen Deichverband und dem Gebietsmanagement werden derzeit die Handlungsspielräume ausgelotet. Zunächst wurden weitere Lattenpegel im Gesamtraum installiert um kleinräumige Unterschiede in der Grabenwasserstandshaltung nachzuweisen. Die Pegeldata werden im Rahmen der Gebietsbetreuung auch über das Ende des Projekts hinaus dokumentiert.

## 11 Quellenverzeichnis

- AG HANDKE & TESCH (2006): Gutachten zum Pflege- und Managementplan Niedervieland. Unveröffentlichtes Gutachten im Auftrag des Senators für Bau, Umwelt und Verkehr sowie der Hanseatische Naturentwicklung GmbH. 142 S. + Anhang.
- AG JORDAN ÖKOLOGIS (2008): Monitoring-Zwischenbericht zur Auswertung der Erfolgskontrolluntersuchungen aus den Jahren 1998 bis 2005. Kompensationsmaßnahmen im Werderland für den Bremer Industriepark und den Sandentnahmesee 1. BA (Projekt 7.4). Unveröffentlichtes Gutachten im Auftrag der Hanseatische Naturentwicklung GmbH. 213 S. + Anhang.
- AG JORDAN ÖKOLOGIS (2009): Pflege- und Managementplan Werderland. Unveröffentlichtes Gutachten im Auftrag des Senators für Umwelt, Bau, Verkehr und Europa sowie der Hanseatische Naturentwicklung GmbH. 221 S. + Anhang.
- BEUG, J. (1995): Die Vegetation nordwestdeutscher Auengewässer – Pflanzensoziologische und standortkundliche Untersuchungen im Ems-, Aller- und Leinetal. Abh. Westf. Mus. Naturkde. Münster 57(2/3) (1996), S. 1-106.
- BIOCONSULT (1999): Die Kleinfischfauna im Grabensystem des Bremer Feuchtgrünlandringes. – Auftraggeber: BUND Deutschland, Landesverband Bremen. 48 S. + Anhang.
- BIOCONSULT (2005): Auswirkung einer ökologischen Grabenräumungsmaßnahme auf örtliche Vorkommen des Schlammpeitzgers (*Misgurnus fossilis*). Ergebnisse einer stichprobenhaften Untersuchung im Hollerland im Oktober 2004. – Auftraggeber: Hanseatische Naturentwicklung GmbH (haneg), Bremen. 24 S. + Anhang.
- BIOS (2007): Pflege- und Managementplan Hollerland 2007. Entwurf. Stand November 2007. Unveröffentlichtes Gutachten im Auftrag der Hanseatische Naturentwicklung GmbH.
- BLOHM, H.-P., GAUMERT, D. & KÄMMEREIT, M. (1994): Leitfaden für die Wieder- und Neuansiedlung von Fischarten. – Niedersächsisches Landesamt für Ökologie (Hrsg.), Hildesheim. Binnenfischerei in Niedersachsen 3, 90 S.
- BRAMMER, E. S. (1979): Exclusion of phytoplankton in the proximity of dominant water soldier (*Stratiotes aloides*). *Freshwater Biology* 9: 233–249.
- BRUNKEN, H. & MEYER, L. (2005): Die Bedeutung der Durchgängigkeit von Auenlebensräumen für die Fischfauna. *NNA-Berichte* 18 (1), S. 105-113.
- CASTRO, J. F. & M. POHLMANN (2009): Analyse des Vorkommens der Grünen Mosaikjungfer (*Aeshna viridis*) im NSG Westliches Hollerland (Leher Feld). Bachelorarbeit an der Hochschule Bremen, Internationaler Studiengang Technische und Angewandte Biologie, 84 S. + Anhang.
- COOK, C. D. K. & K. URMI-KÖNIG (1982): A revision of the genus *Stratiotes* (Hydrocharitaceae) – *Aquatic Botany*, 16: 213 – 249
- CORDES, H., FEDER, J., HELLBERG, F., METZING, D. & B. WITTIG (2006): Atlas der Farn- und Blütenpflanzen des Weser-Elbe-Gebiets. Hauschild, Bremen, 551 S.
- DOYLE, J. J. & E. E. DICKINSON (1987): Preservation of plant samples for DNA restriction endonuclease analysis. *Taxon* 36:715-722.
- FREY, K. & N. SEITZ (2009): Die Fischfauna des Naturschutzgebietes Westliches Hollerland (Leher Feld) in Bremen. Bachelorarbeit an der Hochschule Bremen, Internationaler Studiengang Technische und Angewandte Biologie, 80 S. + Anhang.
- GALLI, I. & E. SIEMENS (2009): Untersuchung physikalisch-chemischer Gewässerparameter und deren Einfluss auf das Vorkommen des Makrophyten Krebschere *Stratiotes aloides* im Grabensystem des Bremer Grünlandes. Bachelorarbeit an der Hochschule Bremen, Internationaler Studiengang Technische und Angewandte Biologie, 103 S. + Anhang.

- GARVE, E. (2004): Rote Liste und Florenliste der Farn- und Samenpflanzen in Niedersachsen und Bremen, 5. Fassung. Stand 1.3.2004. – Informationsdienst Naturschutz Niedersachsen. 24: 1-76.
- GARVE, E. (2007): Verbreitungsatlas der Farn- und Blütenpflanzen in Niedersachsen und Bremen. Naturschutz und Landschaftspflege in Niedersachsen. Heft 43. 1-507.
- GROENHART, M.C. (1980): The epharmony in the Stratiotetum. In: WILMANN, O. & R. TÜXEN: Epharmonie. Ber. d. Internat. Symp. d. Internat. Ver. f. Vegetationskunde, 73-84.
- HAESLOOP, U. (2002): Das Grabensystem des NSG "Westliches Hollerland", Bremen - Lebensraum einer aussergewöhnlich bemerkenswerten Wirbellosenfauna (Makrozoobenthos. Tagungsbericht Deutsche Gesellschaft für Limnologie Heft: 1, 342-347.
- HANDKE, K. & J. LOPAU (2010): Kurzbericht Grüne Mosaikjungfer und Grabenräumung im Werderland 2009. Unveröffentlichtes Gutachten im Auftrag der Hanseatische Naturentwicklung GmbH. 9 S.
- HANDKE, K., KUNDEL, W., MÜLLER, H.-U., RIESNER-KABUS, M. & K.-F. SCHREIBER (1999): Erfolgskontrolle zu Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen für das Güterverkehrszentrum Bremen in der Wesermarsch. 10 Jahre Begleituntersuchungen zur Grünlandextensivierung, Vernässung und Gewässerneuanlagen. Arbeitsber. Landschaftsökol. Münster 19, 445 S. + Anhang.
- HANDKE, U., KÖCK, B. & W. KUNDEL (1996): Grabenräumung im Niedervieland - Endbericht. Gutachten i. A. des Wasserwirtschaftsamtes Bremen. Sept. 1996. Mskr., 187 S. u. Anhang.
- HANDKE, U., KÖCK, B., KUNDEL, W., RIESNER-KABUS, M. & K.-F. SCHREIBER (1999): Grabenräumprogramm in der Bremer Flussmarsch. Ergebnisse vegetationskundlicher und faunistischer Begleituntersuchungen. Naturschutz u. Landschaftsplanung 9, 267-274.
- HILT, S. & E. M. GROSS (2008): Can allelopathically active submerged macrophytes stabilise clear-water states in shallow lakes? Basic and Applied Ecology 9, 422-432.
- HIMLER, M. (2007): Eisengehalte in der Krebschere (*Stratiotes aloides*) – autökologische Studien zum Schutz und Erhalt der Art – Bachelor Thesis, Internationaler Studiengang Technische und Angewandte Biologie, Hochschule Bremen (Fachbereich 7), 58 S., unveröffentlicht.
- HÖLL, K. (1986): Wasser. Untersuchung, Beurteilung, Aufbereitung, Chemie, Bakteriologie, Virologie, Biologie – De Gruyter, Berlin, 592 S.
- HÖLL, K. (2002): Wasser: Nutzung im Kreislauf. Hygiene, Analyse und Bewertung. - 8. Auflage, Walter de Gruyter, Berlin, New York, 955 S.
- HUPFER, M. & A. DOLLAN (2003): Immobilisation of phosphorus by iron-coated roots of submerged macrophytes. Hydrobiologia 506–509: 635–640.
- JORDAN, R., KESEL, R., KUNDEL, W., ZACHARIAS, D., BRUNKEN, H., HARDER, H., HEIN, M., KLUGKIST, H., KUNZE, K., NAGLER, A., VANDER ELST, E. & G. WEBER (2008): Forschungs- und Kooperationsvorhaben: Erprobung von Managementmaßnahmen in Bremen zum Erhalt der Krebschere als Leitart für die ökologisch wertvollen Graben-Grünland-Gebiete der Kulturlandschaft Nordwestdeutschlands. - Zwischenbericht 2007/2008, Bremen, 105 S.+ Anhang, unveröffentlicht.
- JORDAN, R., KESEL, R., KUNDEL, W., ZACHARIAS, D., WEBER, G., BRUNKEN, H., HARDER, H., HEIN, M., KLUGKIST, H., & K. KUNZE (2009): Forschungs- und Kooperationsvorhaben: Erprobung von Managementmaßnahmen in Bremen zum Erhalt der Krebschere als Leitart für die ökologisch wertvollen Graben-Grünland-Gebiete der Kulturlandschaft Nordwestdeutschlands. - Zwischenbericht 2008/2009, Bremen, 77 S.+ Anhang, unveröffentlicht.
- JÖST, M. (2008): Einfluss physikalisch-chemischer Gewässerparameter auf das Vorkommen der Krebschere *Stratiotes aloides* im Grabensystem des Bremer Grünlandes – Bachelor Thesis, Internationaler Studiengang Technische und Angewandte Biologie, Hochschule Bremen (Fachbereich 7), 110 S., unveröffentlicht
- KESEL, R. (1983): Wasser- und Sumpfpflanzengesellschaften im Bremer Blockland - Verbreitung und Gefährdung an unterschiedlich belasteten Standorten. Diplomarbeit Universität Bremen.

- KESEL, R. (2006a): Grabenräumung und Krebssscherenverbreitung im NSG Westliches Hollerland. Kurzbericht 2006. 8 Seiten.
- KESEL, R. (2006b): Messstation Panlake. Betreuung der automatischen Messstation in der Panlake zur kontinuierlichen Erfassung von Grundwasserstand und Leitfähigkeit. Bericht 2002 bis 2005. Auftraggeber: SBUV.
- KESEL, R., KUNDEL, W. & SINNING, F. (2001): Die Grabenvegetation in der Bremer Niederung und den Wesermarschen. Bremer Beiträge für Naturkunde und Naturschutz 5, 41-64.
- KUFEL, L., PASZTALENIC, A., CZAPLA, G. & STRZALEK, M. (2007): Constitutive alleochemicals from *Stratiotes aloides* L. affect both biomass and community structure of phytoplankton. Polish J. Ecol. 55(2): 387–393
- KULP, H.-G. (2001): Der Graben als Bestandteil der Kulturlandschaft: Historische Entwicklung und Funktion. Bremer Beiträge für Naturkunde und Naturschutz, Band 5, 7-21.
- KUNDEL, W. (2001): Ausbringen von Pflanzen in neuangelegten Kleingewässern - Erfahrungen mit einer umstrittenen Naturschutzmaßnahme. Bremer Beitr. f. Naturkd. u. Naturschutz 5, 159-174.
- KÜNTZEL, A. (2008): Molekulargenetische Analyse des Makrophyten *Stratiotes aloides* (L) Krebssschere, DNA-Extraktion und RAPD-PCR, Bachelorarbeit, Internationaler Studiengang Technische und Angewandte Biologie, Hochschule Bremen (Fak. 5), 45 S., unveröffentlicht.
- LAMERS, L. P. M., H. B. M. TOMASSEN & ROELOFS, J.G.M. (1998): Sulfate-Induced Eutrophication and Phytotoxicity in Freshwater Wetlands. Environ. Sci. Technol., 32 (2), 199 -205.
- LAMERS, L.P.M., FALLA, S.-J. , SAMBORSKA, E.M., VAN DULKEN, I.A.R. , VAN HENGSTUM, G. & ROELOFS, J.G.M. (2002): Factors controlling the extent of eutrophication and toxicity in sulfate-polluted freshwater wetlands. Limnology & Oceanography 47: 585-593.
- LAMERS, L.P.M., LOEB, R. , ANTHEUNISSE, A. M. , MILETTO, M. , LUCASSEN, E.C.H.E.T. , BOXMAN, A.W. , SMOLDERS, A.J.P. & ROELOFS, J.G.M. (2006): Biogeochemical constraints on the ecological rehabilitation of wetland vegetation in river floodplains. Hydrobiologia 565: 165-186.
- LAMERS, L.P.M., TEN DOLLE, G.E. , VAN DEN BERG, S.T.G., VAN DELFT, S.P.J. & ROELOFS, J.G.M. (2001): Differential responses of freshwater wetland soils to sulphate pollution. Biogeochemistry 55: 87-102.
- LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER (LAWA) (1998): Gewässerbewertung - Stehende Gewässer - Vorläufige Richtlinie zur Erstbewertung von natürlich entstandenen Seen nach trophischen Kriterien, Kulturbuch-Verlag, Berlin, 74 S.
- LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER (LAWA) (2002): Gewässergüteatlas der Bundesrepublik Deutschland. Biologische Gewässergütekarte 2000. Hannover.
- LANDRATSAMT RAVENSBURG (1995): Grabenräumung. Naturschutz im Kreis Ravensburg, Band 1. 60 Seiten.
- LBEG LANDESAMT FÜR BERGBAU, ENERGIE UND GEOLOGIE (Hrsg.) (o .J.): Versalzung des Grundwassers (1:200.000)
- LUCASSEN, E.C.H.E.T., A.J.P. SMOLDERS & J.G.M. ROELOFS (2000): Increased groundwater levels cause iron toxicity in *Glyceria fluitans*. Aquat. Bot., 66: 321-328.
- LUCASSEN, E.C.H.E.T., A.J.P. SMOLDERS & J.G.M. ROELOFS (2003): Beneficial effects of temporary desiccation of sulphate-rich wetlands depend on the oxidisable iron pool of the sediment. In: A Järvet & E. Lode, Selected Papers International Symposium on Ecohydrological Processes in Northern Wetlands. Institute of Ecology, Pedagogical University of Tallin, Estonia, 30 June-4 July 2003, pp. 189-195.
- LUCASSEN, E.C.H.E.T., A.J.P. SMOLDERS, A.L. VAN DER SALM & J.G.M. ROELOFS (2004): High groundwater nitrate concentrations inhibit eutrophication of sulphate-rich freshwater wetlands. Biogeochemistry 67 (2): 249-267.
- LUCASSEN, E.C.H.E.T., A.J.P. SMOLDERS, J. VAN DE CROMMENACKER & J.G.M ROELOFS (2004): Effects of stagnating sulphate-rich groundwater on the mobility of phosphate in freshwater wetlands: a

- field experiment. *Archiv für Hydrobiologie* 160: 117-131.
- LUCASSEN, E.C.H.E.T., A.J.P. SMOLDERS, L.P.M. LAMERS & J.G.M. ROELOFS (2003): The role of sulphate in phosphate dynamics of freshwater soils. In: Zed Rengel (eds), *Proceedings of 2nd International Symposium on Phosphorus Dynamics in the Soil-Plant Continuum*, Perth, Western Australia, 21-26 September 2003, pp. 252-253.
- LUCASSEN, E.C.H.E.T., SMOLDERS, A.J.P. & J.G.M. ROELOFS (2005): Effects of temporary desiccation on the mobility of phosphorus and metals in sulphur-rich fens: differential responses of sediments and consequences for water table management. *Wetlands Ecology and Management* 13: 135–148.
- LUCASSEN, E.C.H.E.T., SMOLDERS, A.J.P., BOEDELTE, G., VAN DEN MUNCKHOF, P.J.J., ROELOFS, J.G.M. (2006): Groundwater input affecting plant distribution by controlling ammonium and iron availability. *J. Veget. Sci.* 17: 425–434.
- LUCASSEN, E.C.H.E.T., SMOLDERS, A.J.P., VAN DER SALM, A.L. & J.G.M. ROELOFS (2004): High groundwater nitrate concentrations inhibit eutrophication of sulphate-rich freshwater wetlands. *Biogeochemistry* 67(2): 249–267.
- LUCASSEN, E.C.H.E.T., A.J.P. SMOLDERS, L.P.M. LAMERS & J.G.M. ROELOFS (2005): Water table fluctuations and groundwater supply are important in preventing phosphate-eutrophication in sulphate-rich fens: consequences for wetland restoration. *Plant and Soil* 269 (Special Issue on P-dynamics): 109-115.
- MONTESANTOS, N. (1912): Morphologische und biologische Untersuchungen über einige Hydrocharideen. *Flora* 105, NN.F. 5, 1-32.
- MULDERIJ, G., A.J.P. SMOLDERS & E. VAN DONK (2006): Allelopathic effect of the aquatic macrophyte, *Stratiotes aloides*, on natural phytoplankton. *Freshwater Biology* 51: 554-561.
- MULDERIJ, G., B. MAU, E. VAN DONK & E.M. GROSS (2007): Allelopathic activity of *Stratiotes aloides* on phytoplankton - towards identification of allelopathic substances. *Hydrobiologia* 584, 1: 89-100.
- MULDERIJ, G., E. VAN DONK & J. G. M. ROELOFS (2003): Differential sensitivity of green algae to allelopathic sub-stances from *Chara*. *Hydrobiologia* 491: 261–271.
- MULDERIJ, G., E.H. VAN NES & E. VAN DONK (2007): Macrophyte–phytoplankton interactions: The relative importance of allelopathy versus other factors. *Ecological Modelling* 204, 1-2: 85-92.
- MULDERIJ, G., W. M. MOOIJ & E. VAN DONK (2005): Allelopathic growth inhibition and colony formation of the green alga *Scenedesmus obliquus* by the aquatic macrophytes *Stratiotes aloides*. *Aquatic Ecology* 39: 11–21.
- MULDERIJ, G., W.M. MOOIJ, A.J.P. SMOLDERS & E. VAN DONK (2005): Allelopathic inhibition of phytoplankton by exudates from *Stratiotes aloides*. *Aquatic Botany* 82: 284-296.
- NOWOTNY, P. (2008): Entwicklung einer RAPD-PCR-Methode zur molekulargenetischen Analyse von *Stratiotes aloides*. Bachelorarbeit, Internationaler Studiengang Technische und Angewandte Biologie, Hochschule Bremen (Fak. 5), 72 S., unveröffentlicht.
- ORTLAM, D. & M. SAUER (1995): Das Grundwasser in Bremen: seine geogene Prägung und seine Beeinflussung durch Altlasten. - *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie*, Stuttgart, 6: 336-354.
- ORTLAM, D. (1984): Die geohydrologischen Verhältnisse im Hollerland (Bremen). - *Abhandlungen des Naturwissenschaftlichen Vereins zu Bremen*, 40/2: 155-164.
- ORTLAM, D. (1989): Geologie, Schwermetalle und Salzwasserfronten im Untergrund von Bremen und ihre Auswirkungen. - *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie*, Stuttgart, 8: 489-512.
- PFEFFER, C. & K. WILLIMZIK (2008): Entwicklung eines RAPD-PCR-Protokolls zur molekularbiologischen Analyse der genetischen Variabilität von *Stratiotes aloides* L. (Krebsschere). Projektarbeit, Internationaler Studiengang Technische und Angewandte Biologie, Hochschule Bremen (Fak. 5), 18 S., unveröffentlicht.

- POTT, R. & D. REMY (2000): Gewässer des Binnenlandes: Ökosysteme Mitteleuropas aus geobotanischer Sicht. - Ulmer, Stuttgart 255 S.
- PRINS, H. B. A. & M. B. DE GUIA (1986): Carbon source of the water soldier, *Stratiotes aloides* L. Aquatic Botany 26, 225-234.
- RAFFEL, M. & M. SCHIRMER (2001): Analyse der mit der Krebschere (*Stratiotes aloides*) assoziierten Makroinvertebratenzoenose. Tagungsbericht. Deutsche Gesellschaft für Limnologie, Heft 2, 741-745.
- RENNWALD, E. (Bearb.) (2000): Verzeichnis und Rote Liste der Pflanzengesellschaften Deutschlands. – Schriftenreihe Vegetationskunde, 35: 820 S.
- ROELOFS, J. G. M. (1991): Inlet of alkaline river water into peaty lowlands: effects on water quality and *Stratiotes aloides* L. stands. Aquatic Botany, 39: 267-293.
- ROELOFS, J. G. M. (1996a): Possible causes for the decline of the water soldier (*Stratiotes aloides* L.) in the Netherlands. – Arch. Hydrobil., 136: 327-342.
- ROELOFS, J. G. M. (1996b): The roles of internal iron hydroxide precipitation, sulphide toxicity and oxidizing ability in the survival of *Stratiotes aloides* roots at different iron concentrations in sediment pore water. New Phytologist 133: 253-260.
- SCHOLLE, J. (2001): DIE BEDEUTUNG DER FLEETE UND GRÄBEN DES BREMER FEUCHTGRÜNLANDES FÜR DIE FISCHFAUNA. – BUND LANDESVERBAND BREMEN E.V. (HRSG.), BREMEN. BREMER BEITRÄGE FÜR NATURKUNDE UND NATURSCHUTZ 5, S. 105-116.
- SCHOLLE, J., SCHUCHARDT, B., BRANDT, T. & KLUGKIST, H. (2003): Schlammpeitzger und Steinbeißer im Grabensystem des Bremer Feuchtgrünlandringes: Verbreitung und Ökologie zweier FFH-Fischarten. – Naturschutz und Landschaftsplanung 35 (12), S. 364-372.
- SCHORR, M. (1990): Grundlagen für ein Arten- Hilfsprogramm Libellen der Bundesrepublik Deutschland. – Societas Internationalis Odonatologica (S.I.O.) Biethoven, 512 S.
- SCHREIBER, K.-F., HANDKE, K., KÖHLER, M. & W. KUNDEL (1994): Gräben in der Bremer Wesermarsch - Bedeutung - Gefährdung - Schutz/Entwicklung. Hohenheimer Umwelttagung 26, 325-328.
- Sculthorpe, C. D. (1967): The biology of aquatic vascular plants. Edward Arnold, London.
- SENATOR FÜR BAU, UMWELT UND VERKEHR – OBERSTE NATURSCHUTZBEHÖRDE (2005): Kartierschlüssel für Biotoptypen in Bremen unter besonderer Berücksichtigung der nach § 22a BremNatSchG geschützten Biotope sowie der Lebensraumtypen von Anhang I der FFH-Richtlinie. Stand April 2005. Freie Hansestadt Bremen.
- SENATOR FÜR BAU, UMWELT UND VERKEHR – OBERSTE NATURSCHUTZBEHÖRDE (2005): Kartierschlüssel für Biotoptypen in Bremen unter besonderer Berücksichtigung der nach § 22a BremNatSchG geschützten Biotope sowie der Lebensraumtypen von Anhang I der FFH-Richtlinie. Stand April 2005. Freie Hansestadt Bremen.
- SENATOR FÜR FRAUEN, GESUNDHEIT, JUGEND, SOZIALES UND UMWELTSCHUTZ (SFGJSU) (Hrsg.) (1998): Die Krebschere. Blume des Jahres 1998. Schützenswerte Natur Nr. 5
- SENATOR FÜR FRAUEN, GESUNDHEIT, JUGEND, SOZIALES UND UMWELTSCHUTZ (SFGJSU) (1999): NSG Westliches Hollerland (Leherfeld), in: Naturschutzgebiete und Naturschutzarbeit im Land Bremen, 31 – 34.
- SENATOR FÜR FRAUEN, GESUNDHEIT, JUGEND, SOZIALES UND UMWELTSCHUTZ (SFGJSU) (Hrsg.) (1998): Die Krebschere. Blume des Jahres 1998. Schützenswerte Natur Nr. 5
- SENATOR FÜR UMWELT, BAU, VERKEHR UND EUROPA BREMEN [Hrsg.] (2008): Gewässergüte Daten zur Lesum, Ochtum und Wümme 2000 bis 2008. -Exceldatei des Referats Oberflächenwasserschutz, unveröffentlicht.
- SENATOR FÜR UMWELTSCHUTZ UND STADTENTWICKLUNG (1992): Landschaftsprogramm Bremen 1991. Teil Bremen. Text- und Kartenband.
- SINNING, F. (2001): Zur Verbreitung der Krebschere (*Stratiotes aloides*) in der Wesermarsch. Bremer Beiträge für Naturkunde und Naturschutz 5, 65-69.

- SMOLDERS, A. & J. G. M. ROELOFS (1993): Sulphate-mediated iron limitation and eutrophication in aquatic ecosystems. *Aquatic Botany* 46, 247-253.
- SMOLDERS, A. J. P. & J. G. M. ROELOFS (1996): The roles of internal iron hydroxide precipitation, sulphide toxicity and oxidizing ability in the survival of *Stratiotes aloides* roots at different iron concentrations in sediment pore water – *New Phytologist* 133: 253 – 260.
- SMOLDERS, A. J. P., C. DEN HARTOG & J. G. M. ROELOFS (1995a): Observations on fruiting and seed-set of *Stratiotes aloides* L. in the Netherlands. *Aquatic Botany* 51(3-4), 259-268.
- SMOLDERS, A. J. P., C. DEN HARTOG & J. G. M. ROELOFS (1995b): Germination and seedling development in *Stratiotes aloides* L. *Aquatic Botany* 51(3-4), 269-279.
- SMOLDERS, A. J. P., C. DEN HARTOG & J. G. M. ROELOFS (1995): Observations on fruiting and seed-set of *Stratiotes aloides* L. in the Netherlands. *Aquatic Botany* 51, 3-4: 259-268.
- SMOLDERS, A. J. P., J. G. M. ROELOFS & C. DEN HARTOG (1996): Possible causes for the decline of the water soldier (*Stratiotes aloides* L.) in the Netherlands. *Archiv für Hydrobiologie* 136(3), 327-342.
- SMOLDERS, A. J. P., L. P. M. LAMERS, E. C. H. E. T. LUCASSEN & J. G. M. ROELOFS (2006): Internal eutrophication: how it works and what to do about it - a review. *Chemistry & Ecology* 22: 93-111.
- SMOLDERS, A. J. P., L.P.M. LAMERS, C. DEN HARTOG & J.G.M. ROELOFS (2003): Mechanisms involved in the decline of *Stratiotes aloides* L. in The Netherlands: sulphate as a key variable. *Hydrobiologia* 506-509(1-3), 603-610.
- SMOLDERS, A. J. P., ROELOFS, J. G. M. & DEN HARTOG, C. (1996): Possible causes for the decline of the water soldier (*Stratiotes aloides* L.) in the Netherlands. *Archiv für Hydrobiologie*, 136, S. 327–342.
- SMOLDERS, A.J.P., C. DEN HARTOG, C.B.L. VAN GESTEL & J.G.M. ROELOFS (1996): The effects of ammonium on growth, accumulation of free amino acids and nutritional status of young phosphorus deficient *Stratiotes aloides* plants. *Aquatic Botany* 53, 1-2: 85-96.
- SMOLDERS, A.J.P., M. MOONEN, E.C.H.E.T. LUCASSEN, L.P.M. LAMERS & J.G.M. ROELOFS (2006): Changes in pore water chemistry of desiccating freshwater sediments with different sulphur contents. *Geoderma* 132: 372-383.
- SMOLDERS, A.J.P., NIJBOER, R.C. & J.G.M. ROELOFS (1995): Prevention of sulphide accumulation and phosphate mobilization by the addition of iron(II) chloride to a reduced sediment: an enclosure experiment. *Freshwater Biology* 34: 559-568.
- SMOLDERS, A.J.P., L.P.M. LAMERS, E.C.H.E.T. LUCASSEN & J.G.M. ROELOFS (2006): Internal eutrophication: how it works and what to do about it - a review. *Chemistry & Ecology* 22: 93-111.
- SMOLDERS, A.J.P., L.P.M. LAMERS, M. MOONEN, K. ZWAGA & J.G.M. ROELOFS (2001): Controlling phosphate release from phosphate-enriched sediments by adding various iron compounds. *Biogeochemistry* 54, 2:
- SMOLDERS, AJP, VAN RIEL, MC, ROELOFS, JGM (2000): Accumulation of free amino acids as an early indication for physiological stress (nitrogen overload) due to elevated ammonium levels in vital *Stratiotes aloides* L. stands. *Archiv fuer Hydrobiologie* 150, 1: 169-175.
- THROM, G. (2001): *Angewandte Pflanzenbiologie*. Frankfurt/ Main: R. G. Fischer.
- VAN DER WELLE, M. E. W., CUPPENS, M., LAMERS, L.P.M. & J.G.M ROELOFS (2006): Detoxifying toxicants interactions between sulfide and iron toxicity in freshwater wetlands. *Environ Toxicol Chem* 25(6):1592–1597.
- VAN DER WELLE, M. E. W., SMOLDERS, A.J.P., OP DEN CAMP, H.J.M., ROELOFS, J.G.M. & L.P.M. LAMERS, (2007): Biogeochemical interactions between iron and sulphate in freshwater wetlands and their implications for interspecific competition between aquatic macrophytes. *Freshwater Biology* 52/3, 434-447.

- VAN DER WELLE, M.E.W., HAAIJER, S.C.M., ROELOFS, J.G.M., JETTEN, M.S.M., SMOLDERS, A.J.P., OP DEN CAMP, H.J.M. & L.P.M. LAMERS (2008): Sulfate pollution of freshwater wetlands by nitrate-induced anaerobic oxidation of iron sulfides. Submitted.
- WENDT, T. (2007): Konzeption einer RAPD-PCR-Methode zur molekulargenetischen Differenzierung von Individuen der Kriebsschere *Stratiotes aloides*. Bachelorarbeit, Internationaler Studiengang Technische und Angewandte Biologie, Hochschule Bremen, 30 S., unveröffentlicht.
- WIEDERMANN, M., BÖHMERT, A. & K. GESCHWANDTNER (2008): Gewässerkundlicher Monatsbericht Januar 2008. - Hrsg.: Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft Küsten- und Naturschutz (NLWKN), Hildesheim, 7 S.
- WIEGLEB, G. (1976): Untersuchungen über den Zusammenhang zwischen Chemismus und Makrophytenvegetation stehender Gewässer in Niedersachsen – Dissertation Göttingen, 114 S.
- WILFERT, P. & ZANTOUT, N. (2010): Chemische und physikalische Parameter im Schlammkörper Bremer Grabenökosysteme – Lebensraum der Kriebsschere *Stratiotes aloides* L., Bachelorarbeit, Internationaler Studiengang Technische und Angewandte Biologie, Hochschule Bremen (Fakultät 5), 4 S., unveröffentlicht
- ZAK, D., KLEEBERG, A. & M. HUPFER (2006): Sulphate-mediated phosphorus mobilization in riverine sediments at increasing sulphate concentration, River Spree, NE Germany. Biogeochemistry 80/2,109-119.