

Bericht

zum Forschungsvorhaben:

Regenerationspotential der Makrophyten aus Diasporenbanken des Dieksees

Auftraggeber: Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein (LLUR)

Ausschreibungsnummer: LLUR: 0608.431003

GMSH:4121.3-2010-327F

Auftragnehmer: Dr. Tim Steinhardt
Universität Rostock, Institut für Biowissenschaften
Aquatische Ökologie
Albert-Einstein-Str. 3, 18051 Rostock



Inhaltsverzeichnis

1	Veranlassung	3
2	Beschreibung des Sees und Beprobung	4
3	Methoden der Diasporenbankuntersuchung.....	6
3.1	Diasporenbankanalyse.....	7
3.2	Keimungsversuche.....	8
4	Untersuchungen der Diasporenbank und Keimungsfähigkeit.....	8
4.1	Zusammensetzung und Tiefenabhängigkeit der Diasporenbank	8
4.2	Horizontale Verteilung der Diasporendichten	10
4.3	Keimungsfähigkeit der Diasporenbank.....	11
5	Regenerationspotential der Makrophyten.....	15
6	Zusammenfassung.....	17
7	Literatur	18
8	Anhang.....	20

1 Veranlassung

Mit der Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) soll der „gute“ Zustand der limnischen Seen in Schleswig-Holstein bis zum Jahr 2015 erreicht werden. Für zahlreiche Seen wurde im Verlauf der letzten Jahre der ökologische Zustand dieser Seen mittels der Qualitätskomponenten Phytoplankton und Makrophyten eingeschätzt. Dabei zeigte sich, dass die Unterwasservegetation meistens in einem schlechteren Zustand ist als das Phytoplankton. Als Indikator des Pelagials kennzeichnet das Phytoplankton den trophischen Zustand des Sees. Befindet sich das Phytoplankton in einem guten Zustand, erwartet man auch für die andere Qualitätskomponente gute Standortbedingungen und dem entsprechend die Ausbildung der Makrophyten. Oft ist das jedoch nicht der Fall und daraus resultiert eine unterschiedliche Bewertung der beiden Qualitätskomponenten. Besonders deutlich wird dieser Unterschied bei Seen, deren Nährstoffhaushalt sich regeneriert und das Phytoplankton bereits wieder einen guten ökologischen Zustand erreicht hat. Weiterhin gibt es Seen, bei denen durch paläolimnologische Untersuchungen der Sedimente kaum Diasporen von Makrophyten nachgewiesen wurden. In diesem Zusammenhang ist ein Vergleich der potenziellen mit der keimfähigen Diasporenbank angebracht.

Die Seen können den guten ökologischen Zustand von selbst nicht erreichen, bis indikative und andere Makrophytenarten in ausreichender Quantität vorhanden sind, die diesen Zustand kennzeichnen. Mit den Kenntnissen zur Keimungsfähigkeit und Artenzusammensetzung der Diasporenbank können Aussagen zum Besiedlungspotential getroffen werden und spezifische Maßnahmen zur Entwicklung der Unterwasservegetation im See abgeleitet werden.

2 Beschreibung des Sees und Beprobung

Die Probenahme am Dieksee wurde am 03.08.2010 mittels eines motorisierten Schlauchbootes durchgeführt. In Tabelle 1 sind einige hydrologische und ökologische Eigenschaften des Sees zusammengefasst. Ausführliche Beschreibungen zur Vegetation des Dieksees findet man in Stuhr & Ianaplan (2008) und der Diekseestudie (2002).

Tabelle 1: Hydrographische und ökologische Parameter des Dieksees (nach Stuhr & Ianaplan 2008, Auftraggeber: LLUR)

Seefläche [km ²]	3,75
Max. Tiefe [m]	38,1
Trophie (Succow & Kopp (1985)	eutroph
Referenztrophy	mesotroph
Ökologische Zustandsklasse (Schaumburg et al. 2007)	3 (mäßig)
Ökologische Zustandsklasse (van de Weyer 2006)	4 + (unbefriedigend)
Erhaltungszustand nach FFH	C (mäßig bis schlecht)

Die Auswahl der Transekte erfolgte nach jenen der Vegetationsbeprobung durch das Kieler Institut für Landschaftsökologie (Diekseestudie 2002). Dadurch wird ein Vergleich der Ergebnisse der Diasporenbankuntersuchungen und der Keimungsversuche mit denen der Vegetationsuntersuchungen im Feld möglich. In Abbildung 1 ist die Lage der Transekte im Dieksee dargestellt und in Tabelle 2 sind die exakten Koordinaten zusammengefasst.

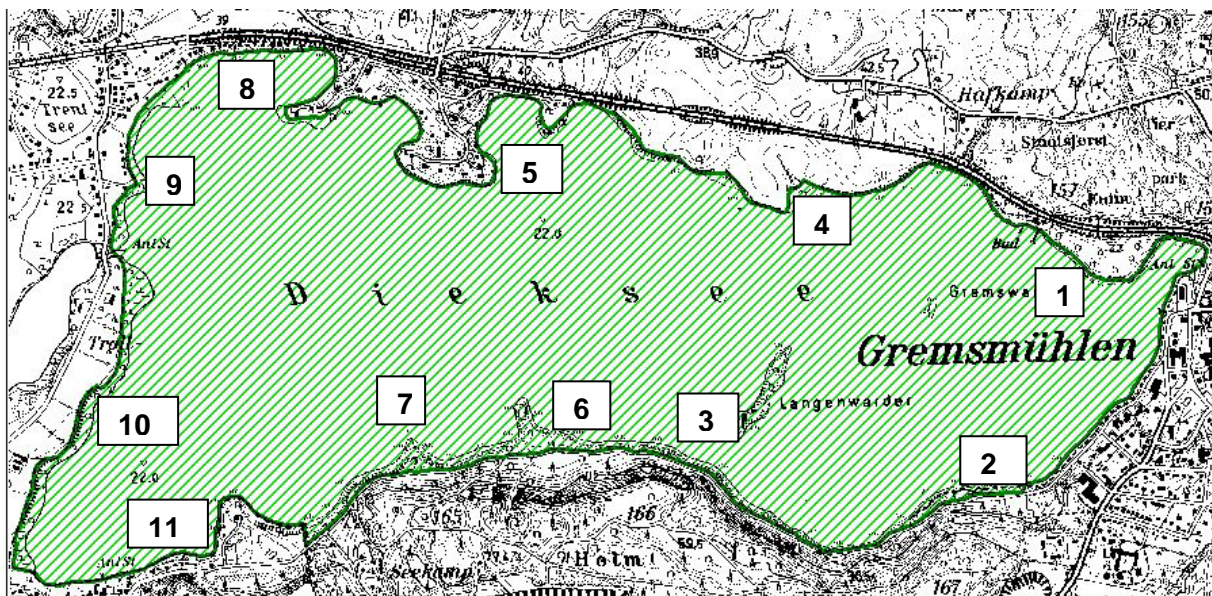


Abbildung 1: Lage der Transekte im Dieksee. Quelle: Diekseestudie 2002, Kieler Institut für Landschaftsökologie, Auftraggeber: LLUR

Tabelle 2: Koordinaten für die untersuchten Transekte im Dieksee.

Transekt	N	E
T1	54°09,982'	010°32,594'
T2	54°09,656'	010°32,278'
T3	54°09,753'	010°31,520'
T4	54°10,142'	010°31,895'
T5	54°10,170'	010°30,840'
T6	54°09,771'	010°31,005'
T7	54°09,765'	010°30,570'
T8	54°10,413'	010°30,173'
T9	54°10,187'	010°29,827'
T10	54°09,821'	010°29,663'
T11	54°09,630'	010°29,998'

Tabelle 3: Vegetationsdaten und Beprobung des Dieksees.

Untersuchung	Bearbeitung
Vegetation 2002 (KIfL, Diekseestudie)	11 Transekte: 3 Tiefenstufen (0 – 1 m, 1 – 2 m, 2 – 4 m)
Vegetation 2008 (Stuhr & lanaplan, LLUR)	Transekte 1, 2, 4, 5, 6, 7, 9, 10: 3 Tiefenstufen (0 – 1 m, 1 – 2 m, 2 – 4 m)
Diasporenbank (20 Proben)	Transekte 1, 2, 4, 5, 6, 9, 10: 3 Tiefenstufen (0 – 1 m, 1 – 2 m, 2 – 4 m), Transekt 9: 2 Tiefenstufen (1 – 2 m, 2 – 4 m)
Keimung (90 Proben)	Transekte 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 10: 3 Tiefenstufen (0 – 1 m, 1 – 2 m, 2 – 4 m), Transekte 8, 9, 11: 2 Tiefenstufen (1 – 2 m, 2 – 4 m), drei Replikate je Tiefenstufe

3 Methoden der Diasporenbankuntersuchung

Die Diasporenbank wurde mit zwei verschiedenen Methoden mit unterschiedlicher Beprobungsintensität untersucht. Die Transekte wurden für beide Methoden anhand von Vegetationsuntersuchungen ausgewählt, die in den Jahren 2002 und 2008 stattfanden. Einerseits war es das Ziel, das im Sediment vorhandene Diasporenpotential möglichst vollständig abzuschätzen (Diasporenbankanalyse). Hierzu wurde eine Anzahl von 20 Proben von sieben Transekten und zwei bis drei Tiefenstufen bearbeitet, die über den See verteilt sind (Abb. 1, Tab. 3). Dabei wurden keine Replikate für die Tiefenstufen je Transekt genommen. An einem Transekt konnte die 0,5 m Tiefenstufe aufgrund von Schilfbeständen und sehr steilem Uferabfall nicht bearbeitet werden.

Weiterhin sollte vor allem auch die Keimungsfähigkeit der Diasporen festgestellt werden. Dazu wurden von 11 Transekten und zwei bis drei Tiefenstufen insgesamt 90 Proben inkubiert (Abb. 1, Tab. 3). In jeder Tiefenstufe wurden drei Replikate beprobt. An drei Transekten konnte die 0,5 m Tiefenstufe aus o. g. Gründen nicht bearbeitet werden.

Mit diesen beiden Methoden zur Untersuchung der Diasporenbank sind Aussagen möglich, welcher Anteil der im Sediment vorhandenen Diasporen unter definierten

Bedingungen keimt. Hierzu wurden bessere Lichtbedingungen als die im See vorhandenen simuliert. Das Zusammenführen der Ergebnisse beider Methoden ermöglicht damit ein passenderes Abschätzen der Verhältnisse zwischen vorhandenen und keimenden Arten. Da mittels der Diasporenbankanalyse teilweise nur Artengruppen bestimmbar sind, können diese Ergebnisse durch die Keimungsversuche präzisiert werden.

3.1 Diasporenbankanalyse

Das Sieben der frischen Sedimente wird mit einer Rüttelmaschine und einem Siebsatz mit den Maschenweiten 1-2 mm, 0,5-1 mm, 0,2-0,5 mm durchgeführt. Die drei Fraktionen wurden 8 Stunden bei 80 °C im Trockenschrank getrocknet. Das Auszählen der Proben erfolgte mittels eines Binokulars. Die große Probenfraktion (1-2 mm) wurde vollständig untersucht, um alle vorhandenen Diasporen zu erfassen. Von der mittleren (0,5-1 mm) und kleinsten Fraktion (0,2-0,5 mm) wurde aufgrund der teilweise großen Probemenge eine Stichprobe von 25 % bzw. 10 % der Fraktion untersucht (Ostendorp 1998). Die Diasporenzahlen in der Probe wurden für eine Fläche von 1 m² umgerechnet, um spätere Vergleiche mit anderen Angaben zu ermöglichen.

Da das zu untersuchende Gewässer ein limnischer See ist, kann nicht auf vorhandene Bestimmungsliteratur für Oosporen von Characeen zurückgegriffen werden. Der Schlüssel von Vedder (2004) für die brackigen Küstengewässer enthält auch Süßwasserarten, so dass dieser als Grundlage verwendet wurde. Dieser ermöglicht nicht in jedem Fall die Unterscheidung bis zur Art, sondern es können teilweise nur Artengruppen unterschieden werden, bei denen bis zu vier Arten in Frage kommen. Diese werden durch das Ausschließen von nur im Salzwasser vorhandenen Arten für limnische Seen auf weniger Arten eingegrenzt. Im Folgenden werden die Gruppen dargestellt, die im See zu finden sind.

Die Gattung *Nitella* erscheint auffallend mit einem ovalen Querschnitt der Oospore. Diese Gattung lässt sich nicht eindeutig bis zur Art bestimmen. Oosporen von *Chara hispida* lassen sich aufgrund ihrer Größe und ihrer typischen Form eindeutig aus der Gruppe *Chara hispida/baltica/horrida* ausgrenzen. Wobei letztere beide Arten auch typisch für salzhaltige Gewässer sind. Aus der Gruppe der kleinen und mittelgroßen Oosporen (bis 750 µm) lassen sich Oosporen von *Chara contraria/vulgaris* eindeutig

aufgrund der vorhandenen Basalsäule abtrennen, so dass diese aus zwei Arten bestehende Untergruppe identifiziert werden konnte. Von den restlichen Arten kann *Chara cansescens* aufgrund der limnischen Bedingungen im See ausgeschlossen werden, so dass eine zweite Untergruppe von Oosporen der Arten *Chara globularis/virgata/aspera* abzugrenzen ist.

Im Falle der Angiospermen wurde *Potamogeton* nach Aalto (1970) und Jessen (1955) bestimmt. Die gefundene Art konnte nicht eindeutig bestimmt werden und deshalb wurde die Bezeichnung *Potamogeton pusillus/friesii* gewählt. Die anderen auftretenden Arten ließen sich nach Form und Größe den Arten zuordnen (Bertsch 1941, Beijerinck 1947). Dies bezieht sich auf die vorgefundenen Samen von *Ruppia cirrhosa/maritima*, *Zannichellia palustris* und *Najas* sp.

3.2 Keimungsversuche

Die Sedimente der drei Replikate einer Tiefenstufe wurden jeweils gut durchmischt und in je ein Becherglas überführt. Dazu wurde ein Sedimentvolumen von 200 mL verwendet und dieses mit 300 mL Seewasser überschichtet. Die Ansätze wurden bei 15 °C temperiert und mit 100 μmol ($\pm 20 \mu\text{mol}$) Photonen pro $\text{m}^2 \text{s}^{-1}$ in einem Rhythmus von 12:12 Stunden Hell-/Dunkelphase behandelt. Diese Bedingungen wurden gewählt, da sie ungefähr einer Frühlingskeimung entsprechen. Individuelle Keimungsbedingungen einzelner Arten konnten nicht berücksichtigt werden. Die Bechergläser wurden wöchentlich kontrolliert, um die Gläser zu reinigen und Wasser nachzufüllen. Das Bestimmen der Arten erfolgte zum Ende des Versuches.

4 Untersuchungen der Diasporenbank und Keimungsfähigkeit

4.1 Zusammensetzung und Tiefenabhängigkeit der Diasporenbank

Insgesamt konnten 5 Arten bzw. Artengruppen im Dieksee diagnostiziert werden. Im Sediment des Sees findet man Diasporen von den Angiospermen *Zannichellia palustris* und *Potamogeton pusillus/friesii*. Beide Arten konnten in der Vegetation des Jahres 2002 nachgewiesen werden. Insbesondere *Potamogeton pusillus* tritt auch im Jahre 2008 wiederholt auf. Für andere Angiospermen, die in Vorjahren in der

Vegetation auftraten, konnte kein Nachweis in der Diasporenbank erbracht werden. Das Fehlen von relativ schweren Diasporen ist nicht untypisch, da diese nur selten im Sediment vorhanden sind. Die Diasporendichten von *Zannichellia palustris* nehmen mit der Wassertiefe zu und erreichen ziemlich hohe Werte im Vergleich zu anderen Seen (Selig & Steinhardt 2009). Diasporendichten dieser Größenordnung von *Zannichellia palustris* wurden in Küstengewässern gefunden (Selig & Steinhardt 2008). Der Anteil von *Z. palustris* an der Diasporenbank ist wie erwartet höher als für die andere gefundene Angiospermenart *Potamogeton pusillus/friesii*. Diasporen von *Potamogeton pusillus/friesii* wurden in allen Wassertiefen mit etwa gleich hohen Werten gefunden. Diese liegen in einer Größenordnung, wie sie in Strandseen nachgewiesen werden konnten (Selig & Steinhardt 2009).

Tabelle 4: Mittlere Diasporendichten (Standardabweichung) der drei Tiefenstufen und Anteil der Arten an der gesamten Diasporenbank.

Art/Artengruppe	Wassertiefe [m]				Anteil [%]
	0,5	1,5	3,0	Gesamt	
	Anzahl [m ⁻²]				
<i>Zannichellia palustris</i>	59 (145)	3747 (4655)	9617 (19740)	4283 (11106)	8,8
<i>Potamogeton pusillus/friesii</i>	148 (235)	118 (183)	118 (214)	115 (193)	0,2
<i>Chara globularis/delicatula/aspera</i>	5074 (9195)	49354 (46594)	58233 (67751)	44312 (52498)	90,9
<i>Chara vulgaris/contraria</i>	30 (72)	0	0	9 (40)	0,02
<i>Nitella</i> sp.	0	0	148 (361)	44 (198)	0,1

Aus der Gruppe der Characeen sind Artengruppen im Sediment vorhanden, aus denen Arten in den Jahren 2002 und 2008 in der Vegetation vorkamen. Die Diasporendichten der *Chara globularis/delicatula/aspera* Gruppe nehmen erwartungsgemäß mit der Wassertiefe zu und sind im Flachwasser gering und im Mittel- und Tiefwasserbereich (1,5 m und 3,0 m) hoch im Vergleich zu anderen Seen (Selig & Steinhardt 2009). Diasporen dieser Artengruppe haben mit über 90 % den höchsten Anteil an der Diasporenbank. Arten der *Chara vulgaris/contraria* Gruppe

kommen nur im Flachwasser (0,5 m) mit sehr geringen Diasporendichten und an einem Transekt vor. Eine Besonderheit ist die Gattung *Nitella* sp., die ebenfalls an nur einem Transekt in einer Tiefe von 3,0 m auftritt.

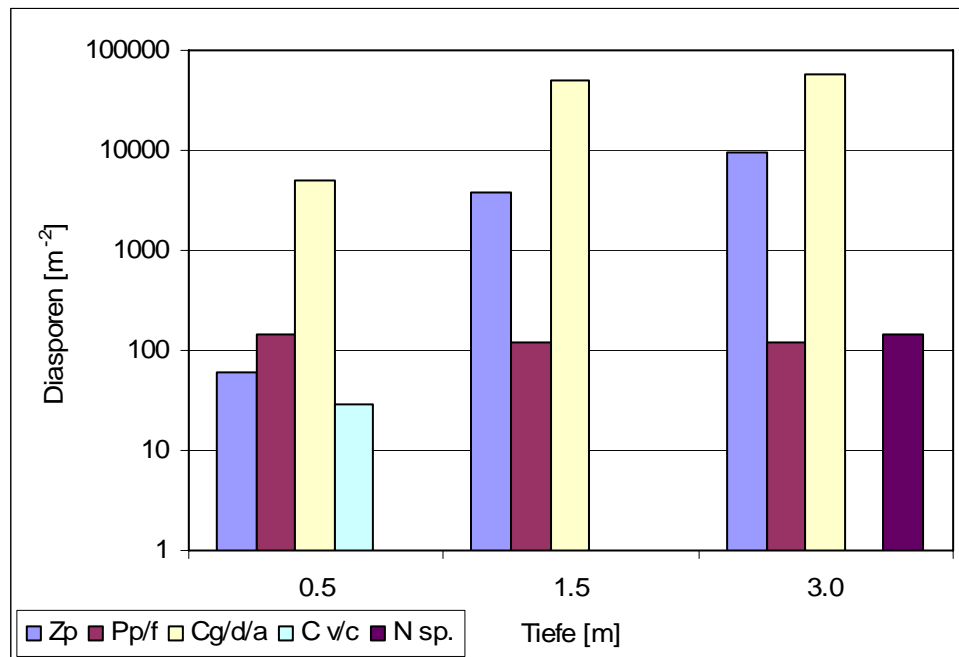


Abbildung 2: Tiefenabhängigkeit der Diasporendichten der Characeen und Angiospermen (Zp: *Zannichellia palustris*, Pp/f: *Potamogeton pusillus/friesii*, Cg/d/a: *Chara globularis/delicatula/aspera*, Cv/c: *Chara vulgaris/contraria*, N sp.: *Nitella* sp.).

4.2 Horizontale Verteilung der Diasporendichten

Von den drei Tiefenstufen jedes Transektes wurde zur Darstellung der horizontalen Verbreitung der Diasporen im See der Mittelwert berechnet. Dadurch können Unterschiede zwischen den Transekten erkannt werden und eine räumliche Darstellung erfolgen. Die Reihenfolge der Transekte in Abbildung 3 ist am Ostufer mit Transekt 1 beginnend im Uhrzeigersinn über das Süd-, West- und Nordufer bis zu Transekt 4 gewählt worden (Abb. 1, 3).

Diasporen von der *Chara globularis/delicatula/aspera* Gruppe und *Zannichellia palustris* kommen an allen untersuchten Transekten des Sees vor, wobei die Diasporendichten der ersten Artgruppe im gesamten See in der gleichen Größenordnung liegen. Die Diasporendichten von *Zannichellia palustris* schwanken um ca. zwei Größenordnungen und es könnte sich dabei um Expositionsunterschiede handeln. In den geschützten Lagen der Ostufer und hinter Landzungen sind die Diasporendichten höher als an exponierten Transekten.

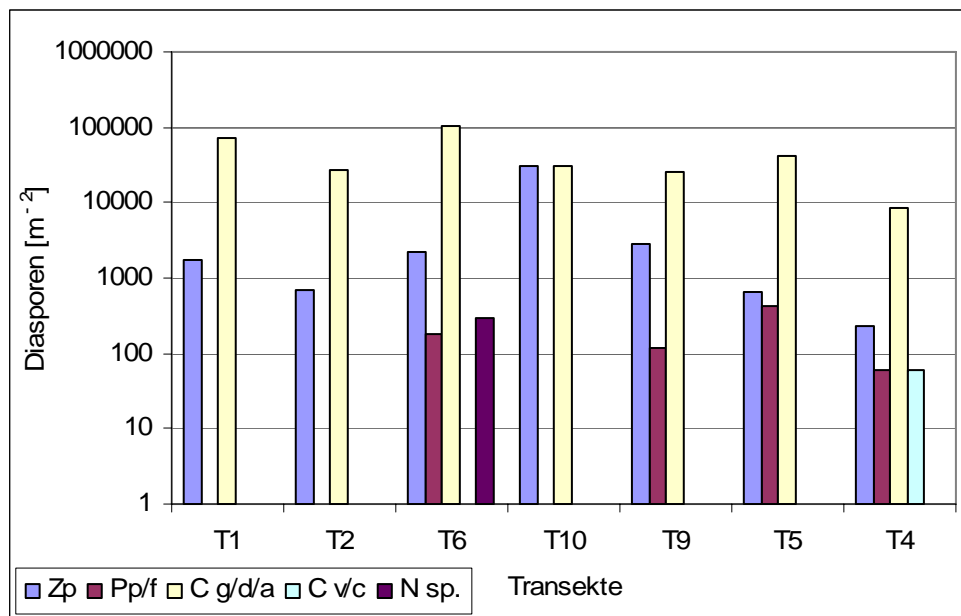


Abbildung 3: Horizontale Verbreitung der Diasporendichten der Characeen und Angiospermen (Zp: *Zannichellia palustris*, Pp/f: *Potamogeton pusillus/friesii*, Cg/d/a: *Chara globularis/delicatula/aspera*, Cv/c: *Chara vulgaris/contraria*, N sp.: *Nitella* sp.).

Diasporen von *Potamogeton pusillus/friesii* findet man nicht an allen Transekten, aber über den gesamten See verteilt. Die Diasporendichten sind dabei jeweils in der gleichen Größenordnung. Einzelfunde zeichnen sich für die Gruppe *Chara vulgaris/contraria* und die Gattung *Nitella* sp. ab.

4.3 Keimungsfähigkeit der Diasporenbank

Im Keimungsexperiment war es möglich vier Arten zur Entwicklung zu bringen. Insgesamt war die Anzahl der Keimlinge sehr gering. Es konnten 96 Keimlinge der Characeen und zehn Keimlinge von Angiospermen im gesamten Ansatz festgestellt werden. Die keimenden Arten waren zwei Characeenarten: *Chara contraria*, die die höchsten Individuenzahlen pro Quadratmeter hatte und *Chara globularis*. In vergleichbaren Experimenten mit Sedimenten von Strandseen war die Keimlingsdichte (m⁻²) der häufigsten Art *Chara contraria* bis zu 20 Mal höher (Selig und Steinhardt 2009). Als Angiospermen traten *Zannichellia palustris* und *Potamogeton pectinatus* mit geringen Individuenzahlen auf. In einigen Fällen konnten die Pflanzen nicht bis zur Art bestimmt werden, da sie bis zum Ende des

Keimungsexperimentes die dafür notwendige Individuengröße noch nicht erreicht hatten.

In der folgenden Abbildung 4 ist die Keimlingsdichte für *Chara contraria* in den drei Tiefenstufen dargestellt. Die Individuenzahl pro Quadratmeter ist äußerst gering. Die Streuung dieses Parameters dagegen ist hoch. Das resultiert aus den großen Unterschieden in den Keimlingsdichten, die zwischen Null und 18 Individuen je Probengefäß lag. Mit zunehmender Wassertiefe ist eine geringe Erhöhung der Individuenzahl pro Quadratmeter zu erkennen. Diese könnte sich aus einer Verlagerung der Oosporen in diese größeren Wassertiefen ergeben aber auch auf einen früheren stärkeren Bewuchs hindeuten. Im Flachwasser war die Keimungsfähigkeit von *Chara contraria* dagegen sehr gering.

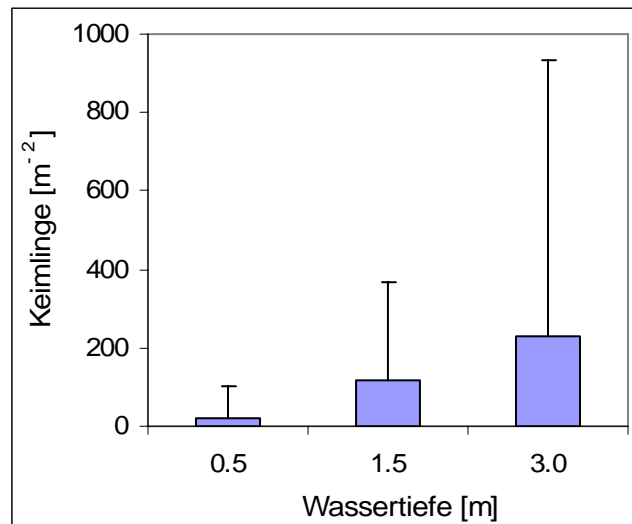


Abbildung 4: Mittlere Keimlingsdichte (+Standardabweichung) von *Chara contraria* der elf Transekte in drei Tiefenstufen.

Aufgrund der geringen Individuenzahl kann die Tiefenabhängigkeit der Keimlingsdichte von *Chara globularis* nicht zuverlässig dargestellt werden. Diese Art tritt im Flachwasser (0,5 m) nicht und in 3,0 m Tiefe am häufigsten auf. Im mittleren Tiefenbereich (1,5 m) konnte sie ebenfalls zur Keimung gebracht werden. *Zannichellia palustris* tritt auf zwei Transekten jeweils in 1,5 m Wassertiefe mit je einem Exemplar auf. *Potamogeton pectinatus* keimte ebenfalls in 1,5 m Wassertiefe auf zwei Transekten mit insgesamt drei Pflanzen.

Zwei Arten sind sowohl in den Vegetationsuntersuchungen 2002 und 2008 als auch in den Diasporenbankuntersuchungen und Keimungsversuchen 2010 nachgewiesen worden (Tab. 5).

Tabelle 5: Vorkommen der Arten in Vegetations-, Diasporenbank- und Keimungsuntersuchungen der beprobten Transekte im Dieksee (^{a)} Diekseestudie 2002, ^{b)} Stuhr & lanaplan 2008).

	2002 ^{a)}	2008 ^{b)}	2010	
			Diasporen	Keimung
Anzahl beprobter Transekte (vgl. Tab. 3)	11	8	7	11
<i>Chara globularis</i>	8	4	7	6
<i>Chara delicatula</i>	-	4	7	-
<i>Chara contraria</i>	-	5	2	8
<i>Chara vulgaris</i>	1	-	1	-
<i>Zannichellia palustris</i>	10	4	7	2
<i>Myriophyllum spicatum</i>	5	5	-	-
<i>Potamogeton pectinatus</i>	11	7	-	2
<i>Potamogeton perfoliatus</i>	8	7	-	-
<i>Potamogeton friesii</i>	8	-	5	-
<i>Potamogeton pusillus</i>	11	3	5	-
<i>Potamogeton x nitens</i>	3	3	-	-
<i>Potamogeton crispus</i>	1	-	-	-
<i>Elodea canadensis</i>	6	6	-	-
<i>Ceratophyllum demersum</i>	2	1	-	-
<i>Ranunculus circinatus</i>	11	8	-	-

Das betrifft *Chara globularis* und *Zannichellia palustris*. Zwei weitere Arten (*Potamogeton friesii* und *P. pusillus*) konnten durch Vegetationsuntersuchungen und in der Diasporenbank aber nicht in Keimungsversuchen belegt werden. *Chara vulgaris* konnte in der Vegetationsstudie 2008 und in den Keimungsversuchen nicht nachgewiesen werden. *Potamogeton pectinatus* ließ sich in der Diasporenbank nicht nachweisen, trat aber in den Vegetationsuntersuchungen 2002 und 2008 sowie im Keimungsversuch auf, wobei es in letzterem Versuch aus Turionen regeneriert. *Myriophyllum spicatum*, *Potamogeton perfoliatus*, *Ranunculus circinatus* und *Potamogeton x nitens* konnten weder in der Diasporenbank noch in den

Keimungsexperimenten nachgewiesen werden. Diese Arten wurden aber in der Vegetation 2002 und 2008 beschrieben. Das Ausbleiben dieser Arten ist jedoch nicht ungewöhnlich, da diese relativ große Diasporen haben, die selten in der Diasporenbank zu finden sind.

Aus Sedimenten des Transektes vier und elf erfolgte keine Keimung von Pflanzen. Die Artenzahl der anderen Transekte schwankt zwischen eins und drei (Anhang, Tab. 6 - 16).

Auf dem Transekt 1 ließen sich *Chara contraria* und *Potamogeton pectinatus* zur Keimung bringen, wobei diese in der Diasporenbank nicht gefunden wurden, aber mindestens einmal in Vegetationsuntersuchungen vorkamen (Tab. 6).

Auf Transekt 2 keimen beide Characeenarten (*C. contraria*, *C. globularis*) und *P. pectinatus*, dagegen wurde *C. contraria* nicht in der Diasporenbank nachgewiesen (Tab. 7).

Transekt 3 ist durch das Keimen von drei Arten gekennzeichnet, wobei die beiden Characeenarten in der Vegetationsuntersuchung 2002 nicht belegt werden konnten und dieses Transekt 2008 nicht untersucht wurde (Tab. 8). Diasporenbankuntersuchungen erfolgten auf diesem Transekt nicht.

Obleich auf Transekt 4 Diasporen von fünf Arten nachgewiesen werden konnten, stellte sich kein Keimungserfolg auf diesem Transekt ein (Tab. 9).

Transekt 5 zeichnet sich durch den Erstnachweis von *Chara contraria* für dieses Transekt aus, wobei auch *Chara globularis* zur Keimung kommt. Drei weitere Angiospermenarten konnten in der Diasporenbank belegt werden (Tab. 10).

Aus Sedimenten von Transekt 6 keimen beide Characeenarten, die schon in Vegetationsuntersuchungen gefunden wurden. Drei weitere Angiospermenarten lassen sich in der Diasporenbank nachweisen (Tab. 11).

Auf Transekt 7 wachsen beide Characeenarten, die auch schon in Vegetationsstudien gezeigt werden konnten (Tab. 12).

Für Transekt 8 konnte durch die Keimung der Erstnachweis für *Chara contraria* in diesem Seebereich erbracht werden. *Chara globularis* war ebenfalls keimfähig, aber auch schon in der Vegetation 2002 vorhanden (Tab. 13).

Aus Sedimenten von Transekt 9 erfolgte keine Keimung von Characeen, obschon diese in Vegetationsuntersuchungen oder der Diasporenbank vorhanden waren. *Zannichellia palustris* ist die einzige Art, die auf diesem Transekt keimt und parallel in Vegetationsuntersuchungen und der Diasporenbank vorhanden war (Tab. 14).

Auf Transekt 10 keimt nur *Chara contraria*, trotzdem *Chara globularis* in der Diasporenbank und *Chara vulgaris* in Vegetationsuntersuchungen vorhanden war (Tab. 15).

Aus Sedimenten von Transekt 11 erfolgte keine Keimung, wobei in Vegetationsuntersuchungen im Gegensatz zu Angiospermen keine Characeen dokumentiert werden konnten (Tab. 16).

5 Regenerationspotential der Makrophyten

Das Besiedlungspotential durch Makroalgen und Angiospermen lässt sich mittels der Ergebnisse der Diasporenbankanalyse, der Keimungsversuche und dem Bezug zur ursprünglichen und damit angestrebten Vegetation abschätzen. Die Diasporenbankanalyse ergibt in qualitativer Hinsicht eine verarmte Diasporenbank für den gesamten See. Von den zu erwartenden Arten insbesondere von den Characeen sind Diasporen im Sediment vorhanden und damit besteht auch ein Regenerationspotential. Allerdings können sich nur die Arten regenerieren, die schon im See vorhanden sind. Weitere Characeen, die typisch für diesen See wären, sind in der Diasporenbank nicht zu finden und können dem zu Folge sich auch nicht regenerieren.

Für die Angiospermen lassen sich viele Arten nicht nachweisen, die dadurch auch kein generatives Regenerationspotential haben. Oft sind diese Arten jedoch in der Lage durch vegetative Vermehrung den Bestand zu erhalten oder wieder neu zu etablieren. Aus diesem Grund spielt die Diasporenbank für diese Pflanzengruppe eine untergeordnete Rolle für die Wiederbesiedlung.

In quantitativer Hinsicht ist die Diasporenbank der in der Vegetation vorhandenen Arten des Dieksees gut ausgebildet. Die Diasporendichten einiger Arten sind niedrig dennoch sind die der dominanten Characeenart (*Chara globularis*) der Vegetationsuntersuchungen so hoch, dass die Regeneration über die Diasporenbank möglich sein müsste. Diese Tendenz zeigt sich auch in der horizontalen Verteilung der Diasporen im See. Aufgrund dessen erscheint eine Wiederbesiedlung durch die bedeutende Art der Vegetation flächenhaft im See möglich. Dagegen sind Diasporen von nur einer Gattung (*Nitella*) im See vorhanden, die nicht in der Vegetation vorkommt. Deren Diasporendichten sind aber so gering, dass auch eine Etablierung in der Vegetation unwahrscheinlich ist.

Die Keimungsversuche stützen die Ergebnisse der Diasporenbankuntersuchung teilweise und deuten auf ein wesentlich geringeres Regenerationspotential der Diasporenbank hin. Zunächst ist die hohe Artenzahl mit nur einer fehlenden Characeenart im Keimungsexperiment gegenüber den Vegetationsuntersuchungen überraschend und lässt ein relativ hohes Besiedlungspotential vermuten. Die Keimlingsdichte ist jedoch für alle keimenden Arten sehr gering und *Chara contraria* hat ein wenn auch nur unwesentlich höheres Regenerationspotential in größeren Wassertiefen. Auch in der flächenhaften Verbreitung der Arten im See hat diese Art das höchste Besiedlungspotential obgleich in einigen Seebereichen keine Keimung festgestellt werden konnte.

Widersprüchlich für die Diasporenbanken dieses Sees insgesamt erscheinen die zumindest für eine Artgruppe (*Chara globularis/delicatula*) relativ hohen Diasporendichten im Sediment im Zusammenhang mit nur geringem Keimungserfolg. Ursachen hierfür sind in der Alterung der Diasporenbank zu suchen, die nicht durch eine Vegetation erneuert wird, die den Generationszyklus schließt. Die Keimungsbedingungen wurden als geeignet erachtet, da sie mit Sedimenten anderer Seen erfolgreich getestet wurden. Da die Lichtverhältnisse im See jedoch schlechter sind als im Keimungsversuch, ist im See mit noch einem geringeren Keimungserfolg zu rechnen.

Die Diasporenbank des Dieksees kann abschließend für eine aussichtsreiche und schnelle Regeneration einer artenreichen Vegetation im Sinne der WRRL bis 2015 als nicht ausreichend eingeschätzt werden. Es könnte sich vorerst eine Vegetation mit geringer Flächendeckung und dominiert von einer Art mit wenigen Begleitarten geringer Individuenzahl herausbilden. Hat diese Vegetation durch die im See bereits vorhandenen guten Lichtbedingungen die Möglichkeit Diasporen auszubilden, könnte die Regeneration der internen Diasporenbank im Sediment erfolgen. Allerdings trifft das nur für die Arten zu, die schon in der Vegetation des Sees vorhanden sind. Weitere Arten können nur durch Diasporenzugabe oder den Eintrag von Pflanzen etabliert werden.

6 Zusammenfassung

Der Dieksee hat eine an Arten verarmte Diasporenbank bezüglich auf den potentiell natürlichen Zustand, der durch Maßnahmen der WRRL erreicht werden soll. Die gefundenen Diasporen sind von Arten, die bei Vegetationsuntersuchungen der letzten Dekade vorhanden waren. Eine weitere Gattung (*Nitella*) konnte im Sediment nachgewiesen werden, deren Diasporenmengen für die Regeneration nicht ausreichen.

Durch Keimungsversuche wurde gezeigt, dass der überwiegende Teil der Diasporenbank keimfähig ist. Allerdings sind die Keimlingsdichten nur für eine Art (*Chara contraria*) so hoch, dass eine Regeneration aus der Diasporenbank möglich erscheint. Für die anderen Arten ist der Keimungserfolg so gering, dass eine schnelle und flächendeckende Wiederbesiedlung aus der Diasporenbank nicht möglich erscheint. Generell kann die Regeneration aus der Diasporenbank nur für Arten geschehen, die schon in der Vegetation vorhanden sind.

Um die ursprüngliche Vegetation des Sees wieder herzustellen sind zusätzliche Maßnahmen wie die Zugabe von Diasporen oder die Ansiedlung von Pflanzen notwendig.

7 Literatur

Aalto, M. (1970): Potamogetonaceae Fruits. I. Recent and subfossil endocarps of the fennoscandian species. *Acta Botanica Fennica* 88: 74-76.

Beijerinck, W. (1947): *Zadenatlas der Nederlandsche Flora*, Weenmann & Zonen-Verlag, Wageningen.

Bertsch, K. (1941): *Früchte und Samen - Handbücher der praktischen Vorgeschichtsforschung*, Band I, Verlag Ferdinand Enke, Stuttgart.

Diekseestudie Anhang C (2002): *Untersuchungen am Dieksee*. Kieler Institut für Landschaftsökologie. Auftraggeber: Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume Schleswig Holstein (LLUR).

Jessen, K. (1955): Key to subfossil Potamogeton. *Kopenhagen Botanisk Tidsskrift* 52: 1-7. LAWA (1998) *Gewässerbewertung – Stehende Gewässer. Richtlinie zur Bewertung von natürlich entstandenen Seen nach trophischen Kriterien*. Länderarbeitsgemeinschaft Wasser: 74 S.

Ostendorp, W. (1998): *Hemmenhofener Methoden - Sedimentologische und Paläolimnische Methoden in der Siedlungsarchäologie*. *Forschungen und Berichte zur Vor- und Frühgeschichte in Baden-Württemberg* 68: 243-299.

Schaumburg, J., Schranz, C., Stelzer, D., Hofmann, G. (2007): *Handlungsanweisung für die ökologische Bewertung von Seen zur Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie: Makrophyten und Phytobenthos (Stand Oktober 2007)*. Bayerisches Landesamt für Umwelt (Hrsg.), München.

Selig, U., Steinhardt, T. (2008): *Sediment-Samen Analysen – Nachweis von Diasporen der Characeen und Angiospermen in Sedimenten innerer Küstengewässer*. Bericht für das Landesamt für Natur und Umwelt Schleswig-Holstein: 34 S.

Selig, U., Steinhardt, T. (2009): Risikoabschätzung von Salzwassereinstrom in Strandseen. Bericht für das Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein, Ausschreibungsnummer 4121.3-2008-470F, 85 S.

Stuhr, J., lanaplan (2008): Monitoring der Qualitätskomponente Makrophyten für die WRRL und FFH-Richtlinie in schleswig-holsteinischen Seen 2008. Auftraggeber: Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume Schleswig Holstein (LLUR).

Succow, M., Kopp, D. (1985): Seen als Naturraumtypen. Petermanns Geogr. Mitt. 3, 161-170.

Vedder, F. (2004): Morphologie und Taxonomie rezenter und subfossiler Characee-Oosporen aus der Ostsee. Rostock. Meeresbiolog. Beitr. 13: 43-54.

Weyer, K., Nienhaus, I., Tigges, P., Hussner, A., Becker, E. (2006): Entwicklung einer Methode zur Kartierung der Unterwasservegetation an großen Seen am Beispiel des Schaalsees und seiner angrenzenden Nebengewässer zur Erfüllung des operativen EG-WRRL-Monitorings und FFH-Monitorings. Endbericht 13.03.2006. Unveröff. Gutachten im Auftrag des Landesamtes für Natur- und Umwelt Schleswig-Holstein, Nettetal.

8 Anhang

Tabelle 6: **Transekt 1:** Arten in Vegetations-, Diasporenbank- und Keimungsuntersuchungen (a) Diekseestudie 2002, b) Stuhr & lanaplan 2008).

	2002 ^{a)}	2008 ^{b)}	2010	
			Diasporen	Keimung
<i>Chara globularis/delicatula</i>	<i>C. globularis</i> : X	X	X	-
<i>Chara contraria</i>	-	X	-	X
<i>Zannichellia palustris</i>	X	-	X	-
<i>Myriophyllum spicatum</i>	X	X	-	-
<i>Potamogeton pectinatus</i>	X	X	-	X
<i>Potamogeton perfoliatus</i>	X	X	-	-
<i>Potamogeton friesii</i>	X	-	X	-
<i>Potamogeton pusillus</i>	X	-	X	-
<i>Potamogeton x nitens</i>	X	-	-	-
<i>Ranunculus circinatus</i>	X	X	-	-

Tabelle 7: **Transekt 2:** Arten in Vegetations-, Diasporenbank- und Keimungsuntersuchungen (a) Diekseestudie 2002, b) Stuhr & lanaplan 2008).

	2002 ^{a)}	2008 ^{b)}	2010	
			Diasporen	Keimung
<i>Chara globularis/delicatula</i>	<i>C. globularis</i> : X	-	X	<i>C. globularis</i> : X
<i>Chara contraria</i>	-	X	-	X
<i>Zannichellia palustris</i>	X	-	X	-
<i>Myriophyllum spicatum</i>	-	-	-	-
<i>Potamogeton pectinatus</i>	X	X	-	X
<i>Potamogeton perfoliatus</i>	-	X	-	-
<i>Potamogeton friesii</i>	X	-	-	-
<i>Potamogeton pusillus</i>	X	-	-	-
<i>Potamogeton x nitens</i>	-	X	-	-
<i>Ranunculus circinatus</i>	X	X	-	-

Tabelle 8: **Transekt 3:** Arten in Vegetations-, Diasporenbank- und Keimungsuntersuchungen
(^{a)} Diekseestudie 2002, ^{b)} Stuhr & lanaplan 2008), n.b.: nicht bearbeitet.

	2002 ^{a)}	2008 ^{b)}	2010	
			Diasporen	Keimung
<i>Chara globularis/delicatula</i>	-	n.b.	n.b.	<i>C. globularis</i> : X
<i>Chara contraria</i>	-	n.b.	n.b.	X
<i>Zannichellia palustris</i>	X	n.b.	n.b.	X
<i>Myriophyllum spicatum</i>	X	n.b.	n.b.	-
<i>Potamogeton pectinatus</i>	X	n.b.	n.b.	-
<i>Potamogeton perfoliatus</i>	X	n.b.	n.b.	-
<i>Potamogeton friesii</i>	-	n.b.	n.b.	-
<i>Potamogeton pusillus</i>	X	n.b.	n.b.	-
<i>Potamogeton x nitens</i>	X	n.b.	n.b.	-
<i>Ranunculus circinatus</i>	X	n.b.	n.b.	-

Tabelle 9: **Transekt 4:** Arten in Vegetations-, Diasporenbank- und Keimungsuntersuchungen
(^{a)} Diekseestudie 2002, ^{b)} Stuhr & lanaplan 2008).

	2002 ^{a)}	2008 ^{b)}	2010	
			Diasporen	Keimung
<i>Chara globularis/delicatula</i>	-	-	X	-
<i>Chara contraria</i>	-	-	X	-
<i>Zannichellia palustris</i>	-	X	X	-
<i>Myriophyllum spicatum</i>	X	-	-	-
<i>Potamogeton pectinatus</i>	X	X	-	-
<i>Potamogeton perfoliatus</i>	X	X	-	-
<i>Potamogeton friesii</i>	X	-	X	-
<i>Potamogeton pusillus</i>	X	-	X	-
<i>Potamogeton x nitens</i>	-	-	-	-
<i>Ranunculus circinatus</i>	X	X	-	-

Tabelle 10: **Transekt 5:** Arten in Vegetations-, Diasporenbank- und Keimungsuntersuchungen (^{a)} Diekseestudie 2002, ^{b)} Stuhr & lanaplan 2008).

	2002 ^{a)}	2008 ^{b)}	2010	
			Diasporen	Keimung
<i>Chara globularis/delicatula</i>	<i>C. globularis</i> : X	X	X	<i>C. globularis</i> : X
<i>Chara contraria</i>	-	-	-	X
<i>Zannichellia palustris</i>	X	X	X	-
<i>Myriophyllum spicatum</i>	X	X	-	-
<i>Potamogeton pectinatus</i>	X	X	-	-
<i>Potamogeton perfoliatus</i>	X	X	-	-
<i>Potamogeton friesii</i>	X	-	X	-
<i>Potamogeton pusillus</i>	X	X	X	-
<i>Potamogeton x nitens</i>	X	X	-	-
<i>Ranunculus circinatus</i>	X	X	-	-

Tabelle 11: **Transekt 6:** Arten in Vegetations-, Diasporenbank- und Keimungsuntersuchungen (^{a)} Diekseestudie 2002, ^{b)} Stuhr & lanaplan 2008).

	2002 ^{a)}	2008 ^{b)}	2010	
			Diasporen	Keimung
<i>Chara globularis/delicatula</i>	-	X	X	<i>C. globularis</i> : X
<i>Chara contraria</i>	-	-	-	X
<i>Zannichellia palustris</i>	-	X	X	-
<i>Myriophyllum spicatum</i>	-	-	-	-
<i>Potamogeton pectinatus</i>	X	X	-	-
<i>Potamogeton perfoliatus</i>	X	X	-	-
<i>Potamogeton friesii</i>	-	X	X	-
<i>Potamogeton pusillus</i>	-	X	X	-
<i>Potamogeton x nitens</i>	-	-	-	-
<i>Ranunculus circinatus</i>	X	X	-	-

Tabelle 12: **Transekt 7:** Arten in Vegetations-, Diasporenbank- und Keimungsuntersuchungen (^{a)} Diekseestudie 2002, ^{b)} Stuhr & lanaplan 2008), n.b.: nicht bearbeitet.

	2002 ^{a)}	2008 ^{b)}	2010	
			Diasporen	Keimung
<i>Chara globularis/delicatula</i>	<i>C. globularis</i> : X	-	n.b.	<i>C. globularis</i> : X
<i>Chara contraria</i>	-	X	n.b.	X
<i>Zannichellia palustris</i>	X	-	n.b.	-
<i>Myriophyllum spicatum</i>	-	-	n.b.	-
<i>Potamogeton pectinatus</i>	X	-	n.b.	-
<i>Potamogeton perfoliatus</i>	X	X	n.b.	-
<i>Potamogeton friesii</i>	X	-	n.b.	-
<i>Potamogeton pusillus</i>	X	X	n.b.	-
<i>Potamogeton x nitens</i>	-	X	n.b.	-
<i>Ranunculus circinatus</i>	X	X	n.b.	-

Tabelle 13: **Transekt 8:** Arten in Vegetations-, Diasporenbank- und Keimungsuntersuchungen (^{a)} Diekseestudie 2002, ^{b)} Stuhr & lanaplan 2008), n.b.: nicht bearbeitet.

	2002 ^{a)}	2008 ^{b)}	2010	
			Diasporen	Keimung
<i>Chara globularis/delicatula</i>	<i>C. globularis</i> : X	n.b.	n.b.	<i>C. globularis</i> : X
<i>Chara contraria</i>	-	n.b.	n.b.	X
<i>Zannichellia palustris</i>	X	n.b.	n.b.	-
<i>Myriophyllum spicatum</i>	-	n.b.	n.b.	-
<i>Potamogeton pectinatus</i>	X	n.b.	n.b.	-
<i>Potamogeton perfoliatus</i>	-	n.b.	n.b.	-
<i>Potamogeton friesii</i>	-	n.b.	n.b.	-
<i>Potamogeton pusillus</i>	X	n.b.	n.b.	-
<i>Potamogeton x nitens</i>	-	n.b.	n.b.	-
<i>Ranunculus circinatus</i>	X	n.b.	n.b.	-

Tabelle 14: **Transekt 9:** Arten in Vegetations-, Diasporenbank- und Keimungsuntersuchungen für im Dieksee (^{a)} Diekseestudie 2002, ^{b)} Stuhr & lanaplan 2008).

	2002 ^{a)}	2008 ^{b)}	2010	
			Diasporen	Keimung
<i>Chara globularis/delicatula</i>	<i>C. globularis</i> : X	X	X	-
<i>Chara contraria</i>	-	X	-	-
<i>Zannichellia palustris</i>	X	X	X	X
<i>Myriophyllum spicatum</i>	X	X	-	-
<i>Potamogeton pectinatus</i>	X	X	-	-
<i>Potamogeton perfoliatus</i>	X	-	-	-
<i>Potamogeton friesii</i>	X	-	X	-
<i>Potamogeton pusillus</i>	X	X	X	-
<i>Potamogeton x nitens</i>	-	-	-	-
<i>Ranunculus circinatus</i>	X	X	-	-

Tabelle 15: **Transekt 10:** Arten in Vegetations-, Diasporenbank- und Keimungsuntersuchungen (^{a)} Diekseestudie 2002, ^{b)} Stuhr & lanaplan 2008).

	2002 ^{a)}	2008 ^{b)}	2010	
			Diasporen	Keimung
<i>Chara globularis/delicatula</i>	<i>C. globularis</i> : X	<i>C. globularis</i> : X	X	-
<i>Chara contraria</i>	-	X	X	X
<i>Chara vulgaris</i>	X	-	X	-
<i>Zannichellia palustris</i>	X	X	X	-
<i>Myriophyllum spicatum</i>	-	X	-	-
<i>Potamogeton pectinatus</i>	X	X	-	-
<i>Potamogeton perfoliatus</i>	-	X	-	-
<i>Potamogeton friesii</i>	-	X	-	-
<i>Potamogeton pusillus</i>	X	X	-	-
<i>Potamogeton x nitens</i>	-	-	-	-
<i>Ranunculus circinatus</i>	X	X	-	-

Tabelle 16: **Transekt 11:** Arten in Vegetations-, Diasporenbank- und Keimungsuntersuchungen (^{a)} Diekseestudie 2002, ^{b)} Stuhr & lanaplan 2008), n.b.: nicht bearbeitet.

	2002 ^{a)}	2008 ^{b)}	2010	
			Diasporen	Keimung
<i>Chara globularis/delicatula</i>	-	n.b.	n.b.	-
<i>Chara contraria</i>	-	n.b.	n.b.	-
<i>Zannichellia palustris</i>	X	n.b.	n.b.	-
<i>Myriophyllum spicatum</i>	-	n.b.	n.b.	-
<i>Potamogeton pectinatus</i>	X	n.b.	n.b.	-
<i>Potamogeton perfoliatus</i>	X	n.b.	n.b.	-
<i>Potamogeton friesii</i>	X	n.b.	n.b.	-
<i>Potamogeton pusillus</i>	X	n.b.	n.b.	-
<i>Potamogeton x nitens</i>	-	n.b.	n.b.	-
<i>Ranunculus circinatus</i>	X	n.b.	n.b.	-