

Klaus SCHMIEDER*, Fionn MURPHY, Michael DIENST, Irene STRANG, Eva BOY, Mona SANNY, Magge JANKE, Markus ULMA, Jana HOHNER & Gunnar FRANKE

*Institut für Landschafts- und Pflanzenökologie (320), Universität Hohenheim, 70593 Stuttgart
klaus.schmieder@uni-hohenheim.de

Die Entwicklung der Characeen-Bestände des Bodensees als Spiegel der trophischen Veränderungen der vergangenen Jahrzehnte

Abstract

In the last four decades, Lake Constance underwent dramatic changes in the trophic state. A period of fast eutrophication in the 1960ies and 1970ies was followed by a period of oligotrophication to date reflected by the phosphorous concentrations in the lake water which are nowadays comparable to the situation in the beginning of the 19th century. In particular, charophyte species suffered from eutrophication, several species declined severely or got extinct. Despite a lot of charophyte species recovered from their decline in the 1970ties, only 10 of the 17 original species are present today. This indicates that the littoral ecosystem is still in transition and species distribution dynamics will go on in the next future.

Keywords: Charophytes, Lake Constance, oligotrophication, distribution, *Chara*, *Nitella*, *Tolypella*, *Nitellopsis*

1 Einleitung

Ziel dieses Beitrages ist es eine Übersicht über die im Bodensee aktuell vorkommenden Characeen-Arten und deren Verbreitungsentwicklung der letzten Jahrzehnte zu geben. Die Nomenklatur in diesem Beitrag richtet sich nach KRAUSE (1997).

Aktuelle systematische Untersuchungen der submersen Makrophytenvegetation des Bodensees werden im Zuge der Berichtspflichten der EU-Wasserrahmenrichtlinie entlang von 106 Transekten durchgeführt (BAUER et al. 2014) zuletzt in den Jahren 2013/2014 (SCHRANZ mündl. Mitt.). Die Daten letzterer standen den Autoren für die vorliegende Arbeit allerdings nicht zur Verfügung.

Die letzte detaillierte, seeumfassende Kartierung fand 1993 im Auftrag der Internationalen Gewässerschutzkommission für den Bodensee statt (SCHMIEDER 1998). Die aktuellen Daten entstammen detaillierten Kartierungen, welche von der Arbeitsgemeinschaft Bodenseeuferr (AGBU, <http://www.bodensee-ufer.de>) im Rahmen der Erstellung von Managementplänen für FFH-Gebiete nach der EU-Flora

Fauna Habitat Richtlinie und für das Amt für Umwelt des Kantons Thurgau durchgeführt wurden (DIENST & STRANG 2008, 2009, 2010). Ausgehend von diesen Arbeiten wurden in den vergangenen Jahren im Rahmen mehrerer Abschluss-Arbeiten weitere Uferabschnitte des Bodensees kartiert (BOY 2012, SANNY 2013, ULMA & HOHNER 2014, JANKE 2015, MURPHY 2016), so dass für die submersen Makrophyten relativ aktuelle, hoch aufgelöste Verbreitungsdaten vorliegen, welche die Veränderungen im Zuge der fortschreitenden Oligotrophierung des Bodensees dokumentieren.

2 Trophische Veränderungen des Bodensees in den vergangenen Jahrzehnten

Der Bodensee unterlag in den vergangenen Jahrzehnten markanten Veränderungen in der Trophie, welche sich in der Entwicklung der Phosphorkonzentrationen als Minimumfaktor der Primärproduktion eindrucksvoll widerspiegeln (Abb. 1). Einer Periode der Eutrophierung in den 1960er und 1970er Jahren folgte ab den 1980er Jahren eine Periode der Oligotrophierung, verbunden mit Veränderungen der submersen Makrophytenvegetation (LANG 1973, 1981, SCHMIEDER 1998). Die Oligotrophierungsphase setzt sich bis heute fort, so dass die Makrophytenvegetation sowohl bezüglich der Artenzusammensetzung als auch der Verbreitung einzelner Arten deutliche Unterschiede zur Situation von 1993 zeigt.

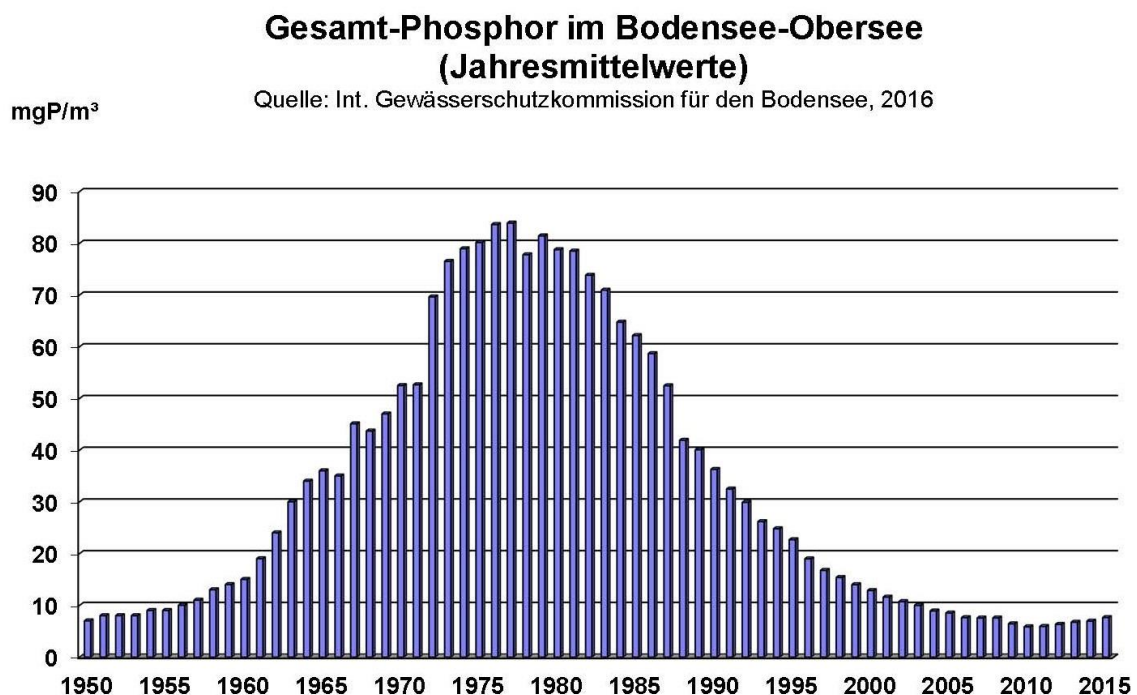


Abb. 1: Entwicklung der Phosphorkonzentration während der Durchmischungsphase im Bodensee von 1951-2001 (Quelle Int. Gewässerschutzkommission für den Bodensee).

3 Methoden

Die aktuellen Kartierungen wurden in verschiedenen Einzelarbeiten (MURPHY 2016, DIENST & STRANG 2008, 2009, 2010, BOY 2012, SANNY 2013, JANKE 2015, ULMA & HOHNER 2014, FRANKE 2013) über mehrere Jahre alle vom Boot aus mit Krauthaken durchgeführt. Die Lage der Stichproben wurde mit GPS dokumentiert. Die Abundanz der jeweils vorkommenden Arten wurde nach KOHLER (1978) in Feldprotokollen notiert. Die Daten wurden in libre office 5 (The Document Foundation, Berlin) digitalisiert und in Quantum GIS 2.8 (Free Software Foundation, Inc.) eingelesen. Die Punktdaten der aktuellen Kartierungen wurden mit den Flächendaten der Kartierungen von 1993, 1978 und 1967 verschnitten und so vergleichbare Punktdatensätze für alle Kartierungen erzeugt. Aus den Daten wurden für jede Art und Kartierungsjahrgang Punkt-Verbreitungskarten erstellt und diese in einer Karte zusammengestellt.

Für die zusammenfassende Darstellung der Verbreitungsentwicklung der einzelnen Arten wurden die Anzahl der Fundpunkte im jeweiligen Kartierungsjahr aufsummiert und in libre office 5 ein Balkendiagramm erstellt.

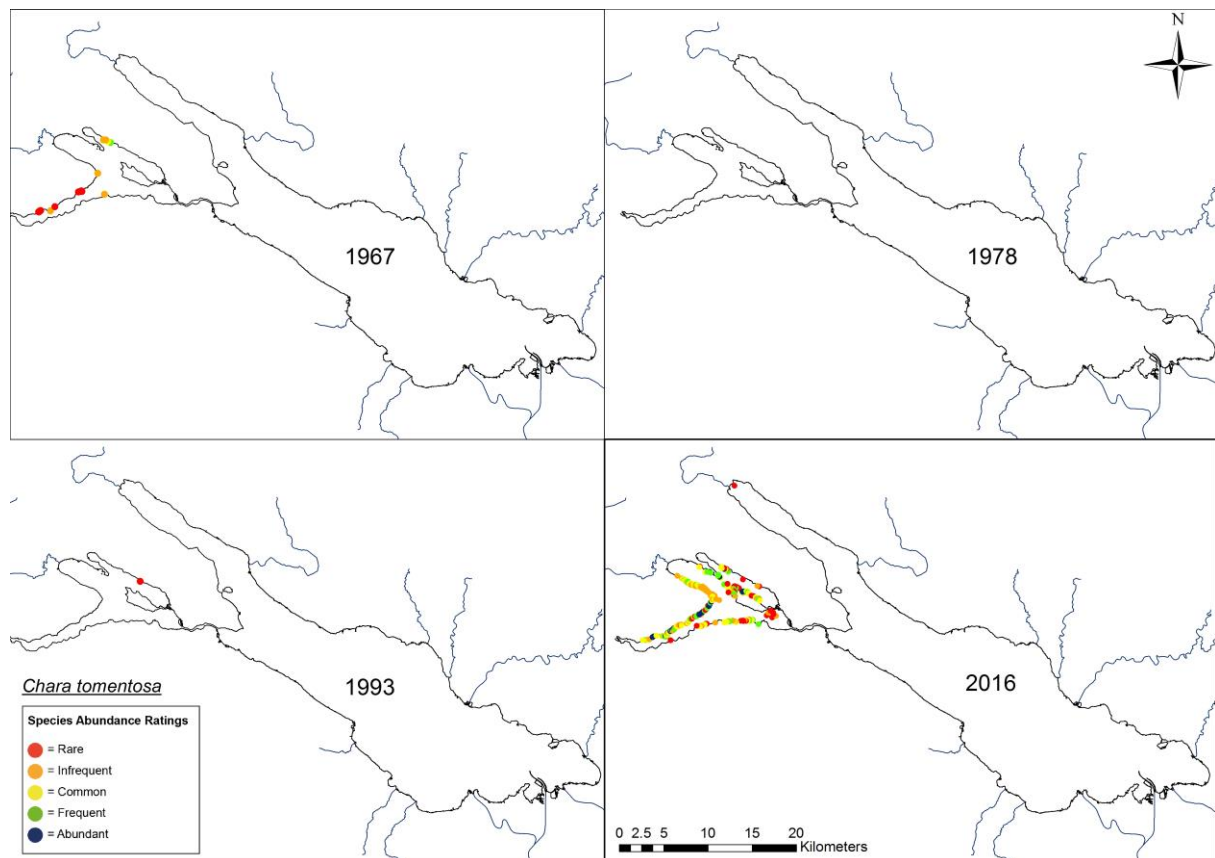


Abb. 2: Verbreitungsentwicklung von *C. tomentosa* in den vergangenen Jahrzehnten.

4 Verbreitungsentwicklung der einzelnen Arten in den letzten Jahrzehnten

Auf die historische Verbreitungsentwicklung der einzelnen Arten wurde bereits in SCHMIEDER (2004) eingegangen. Die langfristige Entwicklung der Wasserpflanzenbestände des Bodensee-Untersees wurde zudem in DIENST et al. (2012) beschrieben. Die nachfolgenden Ausführungen beschränken sich daher auf die Darstellung der Verbreitung der aktuell vorhandenen Arten im Vergleich zu den seeumfassenden Bestandsaufnahmen 1967, 1978 und 1993 für welche digitale Daten in einem Geographischen Informationssystem zur Verfügung stehen.

4.1 *Chara tomentosa* L.

1993 konnte *C. tomentosa* nach 1967 erstmals wieder im Bodensee nachgewiesen werden (Abb. 2). Seither konnte sich die Art im Untersee kontinuierlich ausbreiten und besiedelt bis auf wenige Uferabschnitte im Markelfinger Winkel und der Hegnebucht sowie dem Mündungsgebiet der Radolfzeller Aach praktisch alle Uferbereiche. Sie ist mit *Ch. aspera*, *Ch. contraria* und *Ch. globularis* die häufigste Armleuchteralge im Untersee. Im Obersee wurde sie aktuell allerdings lediglich im Mündungsgebiet der Stockacher Aach nachgewiesen.

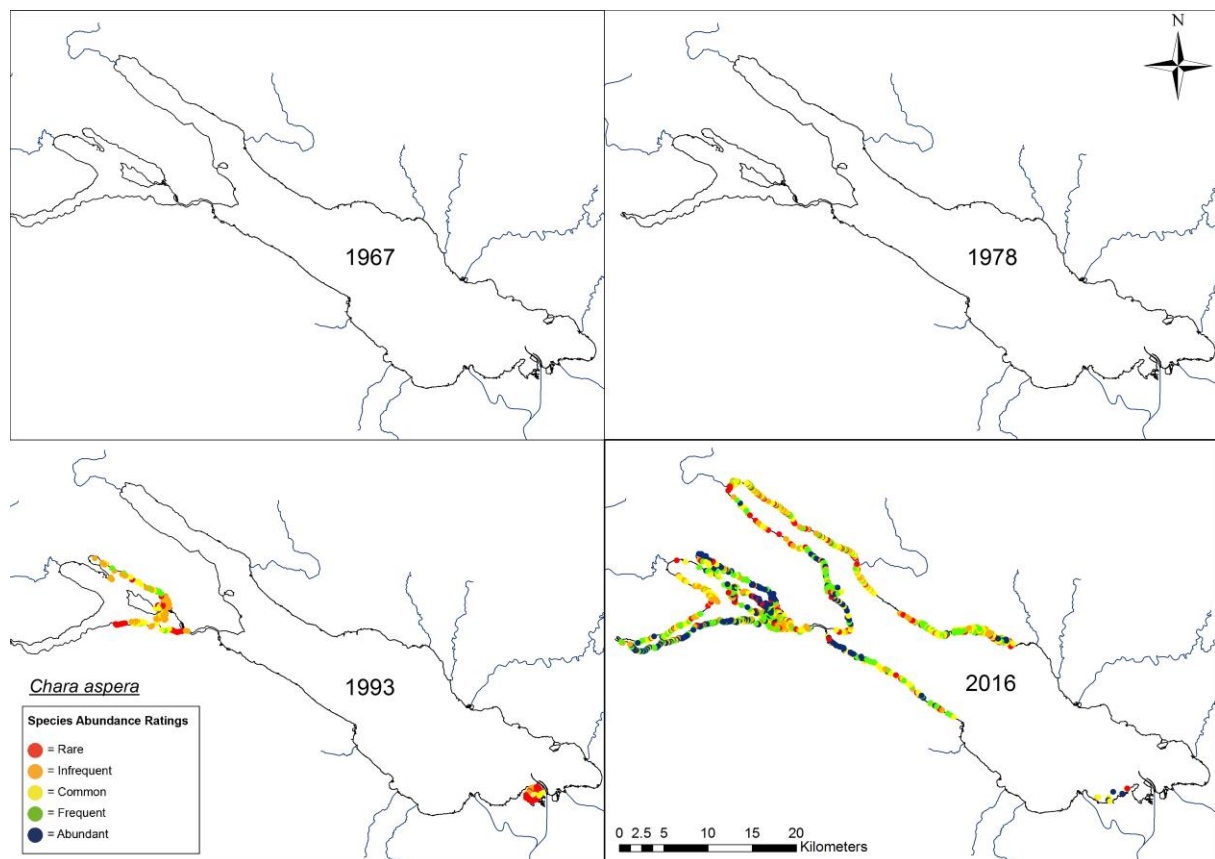


Abb. 3: Verbreitungsentwicklung von *C. aspera* in den vergangenen Jahrzehnten.

4.2 *Chara aspera* Detharding ex Willdenow

Nach LANG (1967) hatte Anfang der 60er Jahre im westlichen Bodensee bereits *C. contraria* *C. aspera* als häufigste Armleuchteralgenart abgelöst, er fand sie jedoch 1967 noch häufig im Ober- und Untersee. Bei den seeumfassenden Kartierungen von 1967 und 1978 (LANG 1973, 1981) wurde die Art allerdings mit *C. contraria* zusammengefasst, so dass für 1967 keine Verbreitungsdaten vorliegen (Abb. 3). Aufgrund der starken Eutrophierung zwischen 1967 und 1978 kann aber von einem kompletten Verschwinden von *C. aspera* im Bodensee ausgegangen werden. Bei Untersuchungen Ende der 1980er Jahre im Untersee und Überlinger See (SCHMIEDER 1991) konnte *C. aspera* nicht nachgewiesen werden. In der seeumfassenden Kartierung von 1993 (SCHMIEDER 1998) wurde *C. aspera* dann im Untersee vor allem im Gnadensee und im Ermatinger Becken wieder verbreitet angetroffen (Abb. 3). Im Obersee lag 1993 der Verbreitungsschwerpunkt von *C. aspera* in der Fussacher Bucht. Aktuell hat *C. aspera* praktisch den gesamten westlichen Bodensee besiedelt. Die Vorkommen im östlichen Bodensee in der Fussacher Bucht sind erloschen, allerdings konnte die Art nahe der Fussacher Bucht westlich des Rohrspitzes nachgewiesen werden.

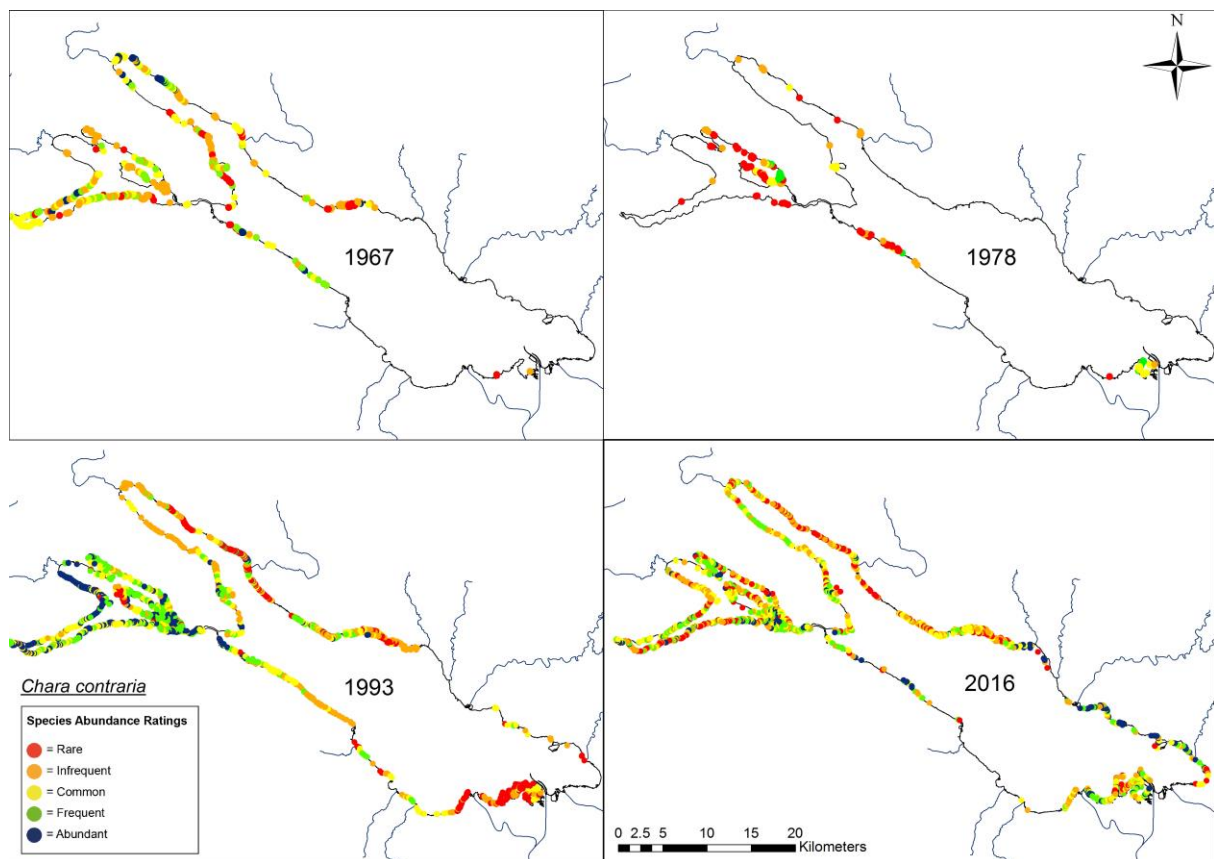


Abb. 4: Verbreitungsentwicklung von *C. contraria* in den vergangenen Jahrzehnten.

4.3 *Chara contraria* A. Braun ex Kützing

1967 besiedelt *C. contraria* den gesamten westlichen Bodensee (Abb. 4), im östlichen Obersee fand sich die Art lediglich im Bereich der Fussacher Bucht. Nach (LANG 1967, 1973) ist sie die häufigste Armleuchteralge des Untersees. Bis 1978 erfolgte jedoch im Zuge der Eutrophierung ein starker Rückgang, lediglich im Gnadensee, am Südufer des Obersees und in der Fussacher Bucht gab es 1978 noch größere Bestände (LANG 1981). Im Jahr 1993 zählte *C. contraria* wieder zu den häufigsten Arten im Bodenseelitoral, wobei die Verbreitung einen deutlichen Schwerpunkt im Untersee erkennen lässt (SCHMIEDER 1998). Ein ähnliches Bild ergibt auch die aktuelle Verbreitung der Art. Teilweise konnten seit 1993 Verbreitungslücken geschlossen werden, wie z. B. in der Friedrichshafener und der Lindauer Bucht. Auffallende Verbreitungslücken zeigen sich aber am Südufer des Obersees, wo die Art nach 1993 offenbar wieder verschwand.

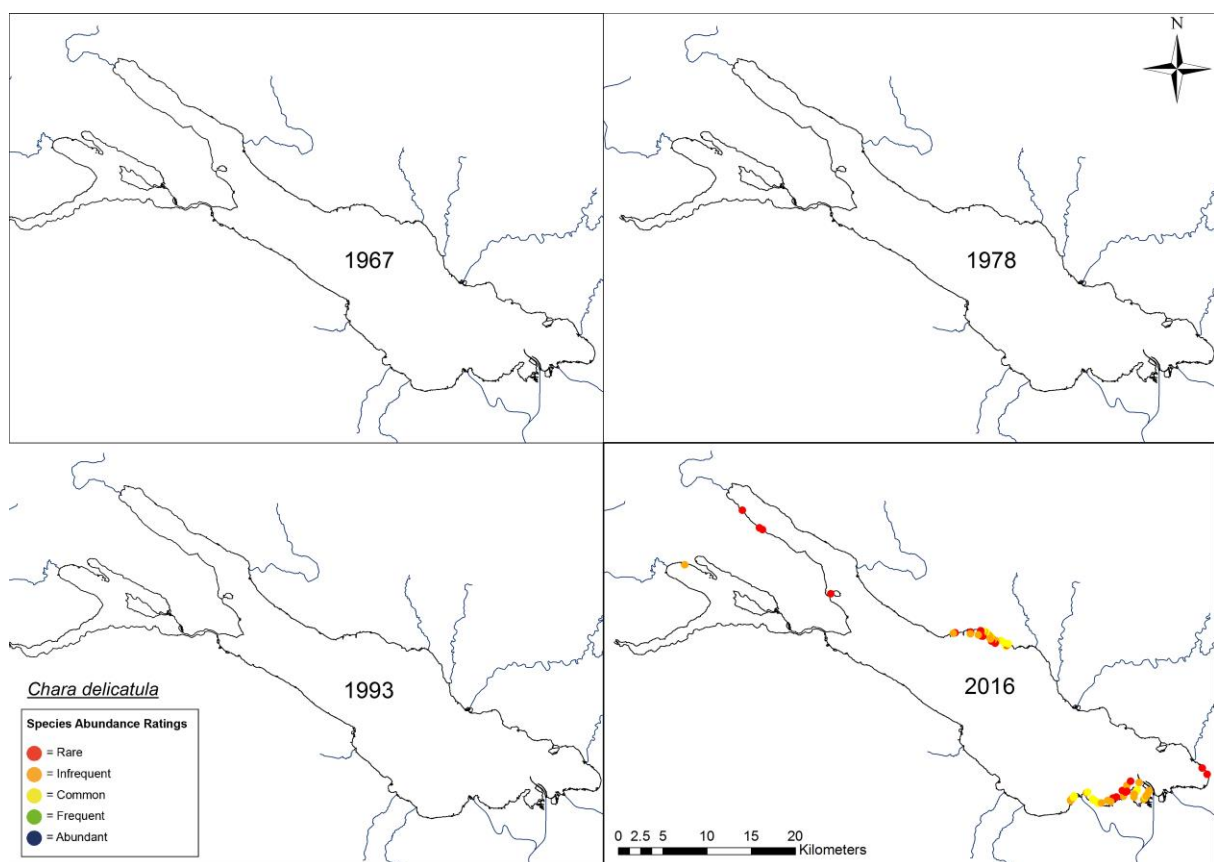


Abb. 5: Verbreitungsentwicklung von *C. delicatula* in den vergangenen Jahrzehnten.

4.4 *Chara delicatula* Agardh

LANG (1973) fand die Art 1967 nicht und auch 1978 und 1993 wurde die Art nicht dokumentiert (Abb. 5). Dies kann aber an der großen Ähnlichkeit der Art mit *C. globularis* liegen. Erst in jüngerer Zeit wurde vermehrt auf diese Arte geachtet und diese auch aktuell vor allem in der Friedrichshafener Bucht und im Bereich der Fussacher Bucht nachgewiesen. Ansonsten kommt die Art nur sporadisch vor, wo bei das Verbreitungsbild vermutlich nicht vollständig ist.

4.5 *Chara denudata* A. Braun

Diese meist rindenzellenlose Form der *C. contraria*, deren Artstatus umstritten ist (siehe JÄGER 2016), wurde in den Kartierungen von 1967 und 1978 nicht angegeben. 1993 hatte sie ihren Verbreitungsschwerpunkt am Nordufer des Zellersees und vor der Westspitze der Insel Reichenau (Abb. 6). Im Obersee fand sich ein kleines Zentrum vor Fischbach. Die Varietät verschwand nach 1993 weitgehend wieder und konnte aktuell nur in einem Vorkommen am äußersten Ostufer nachgewiesen werden.

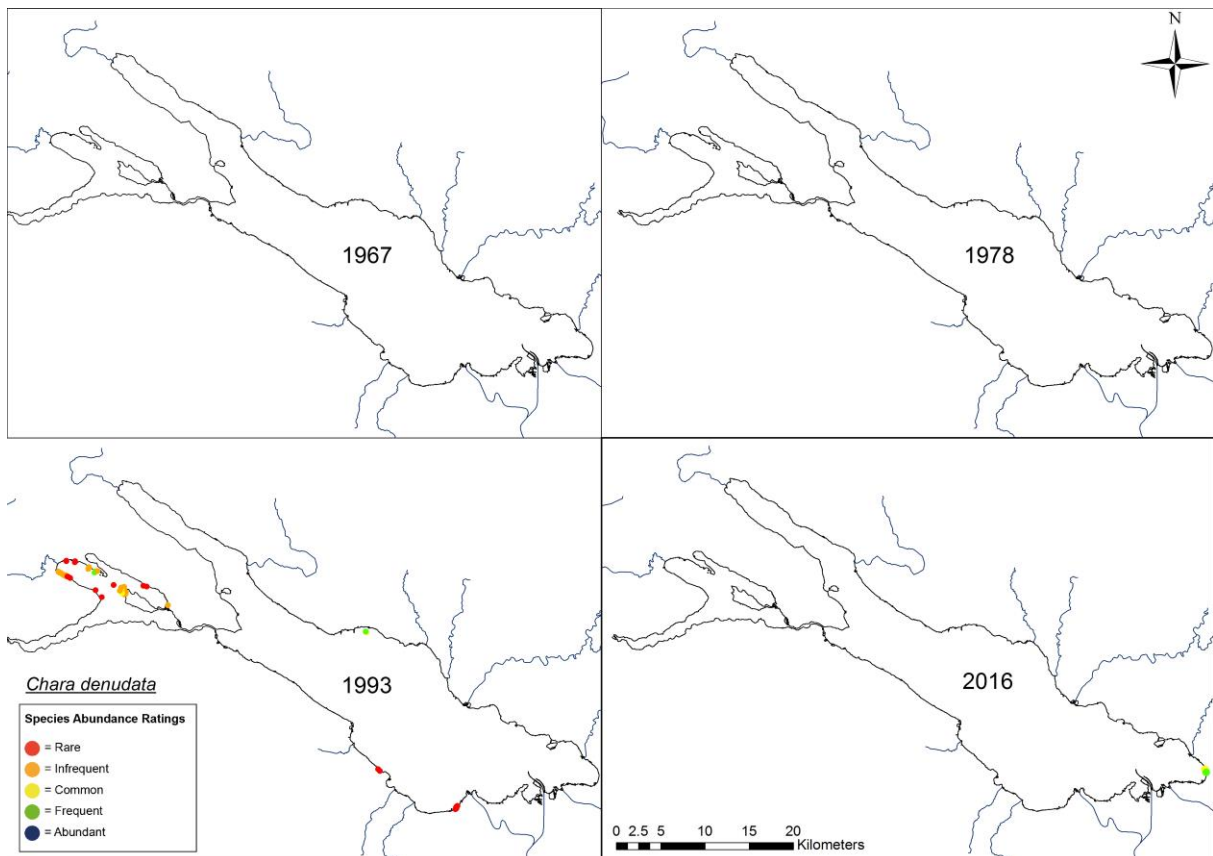


Abb. 6: Verbreitungsentwicklung von *C. denudata* in den vergangenen Jahrzehnten.

4.6 *Chara globularis* Thuillier

C. globularis wurde in den seeumfassenden Kartierungen von 1967 und 1978 nicht gesondert berücksichtigt. LANG (1967, 1973) gibt als einzigen Fundnachweis den Bereich des Fährnhorns am Südufer der Insel Reichenau an. 1993 trat die zerbrechliche Armleuchteralge häufig vor allem im Untersee und meist zusammen mit *C. contraria* auf (Abb. 7). Im Obersee trat die Art vor allem am Südufer und zwischen Neuer und Alter Rheinmündung sowie im Überlinger See auf und zählte mit *C. contraria* zu den häufigsten Armleuchteralgen. Dies trifft auch für die aktuelle Verbreitung zu. Lediglich im Bereich der Friedrichshafener Bucht sowie am Südufer des Obersees sind Verbreitungslücken zu erkennen.

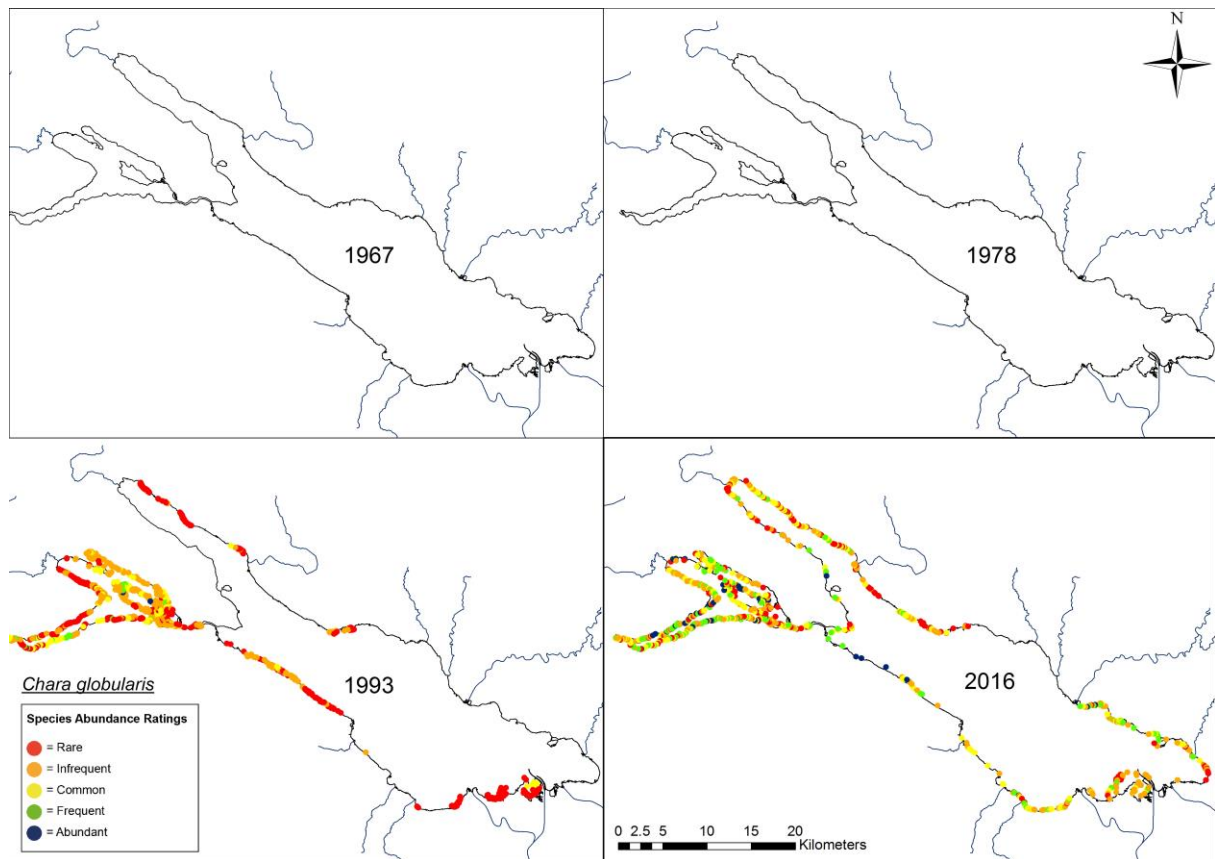


Abb. 7: Verbreitungsentwicklung von *C. globularis* in den vergangenen Jahrzehnten.

4.7 *Nitella mucronata* (A. Braun) Miquel 1840

Nitella mucronata wurde für den Bodensee 1993 (SCHMIEDER 1997) erstmals dokumentiert. Die drei 1993 festgestellten Vorkommen lagen ausschließlich in Häfen des Obersees, dem alten Hafen von Horn am Südufer sowie im Hafen von Langenargen und im westlichen Teil des Yachthafens (Baggerloch) von Langenargen. Aktuell konnte die Art lediglich im Bereich der Alpenrhein-Mündung nachgewiesen werden.

4.8 *Nitella opaca* (Bruzellius) Agardh

N. opaca konnte 2009 im Rahmen einer FFH-Kartierung nach 1911 (BAUMANN 1911) erstmals wieder im Bodensee nachgewiesen werden (DIENST & STRANG 2009). Aktuelle Vorkommen befinden sich im Untersee im Markelfinger Winkel des Gnadensees und dem Ermatinger Becken, im Obersee trat die Art im Konstanzer Trichter und im Überlinger See auf (Abb. 8).

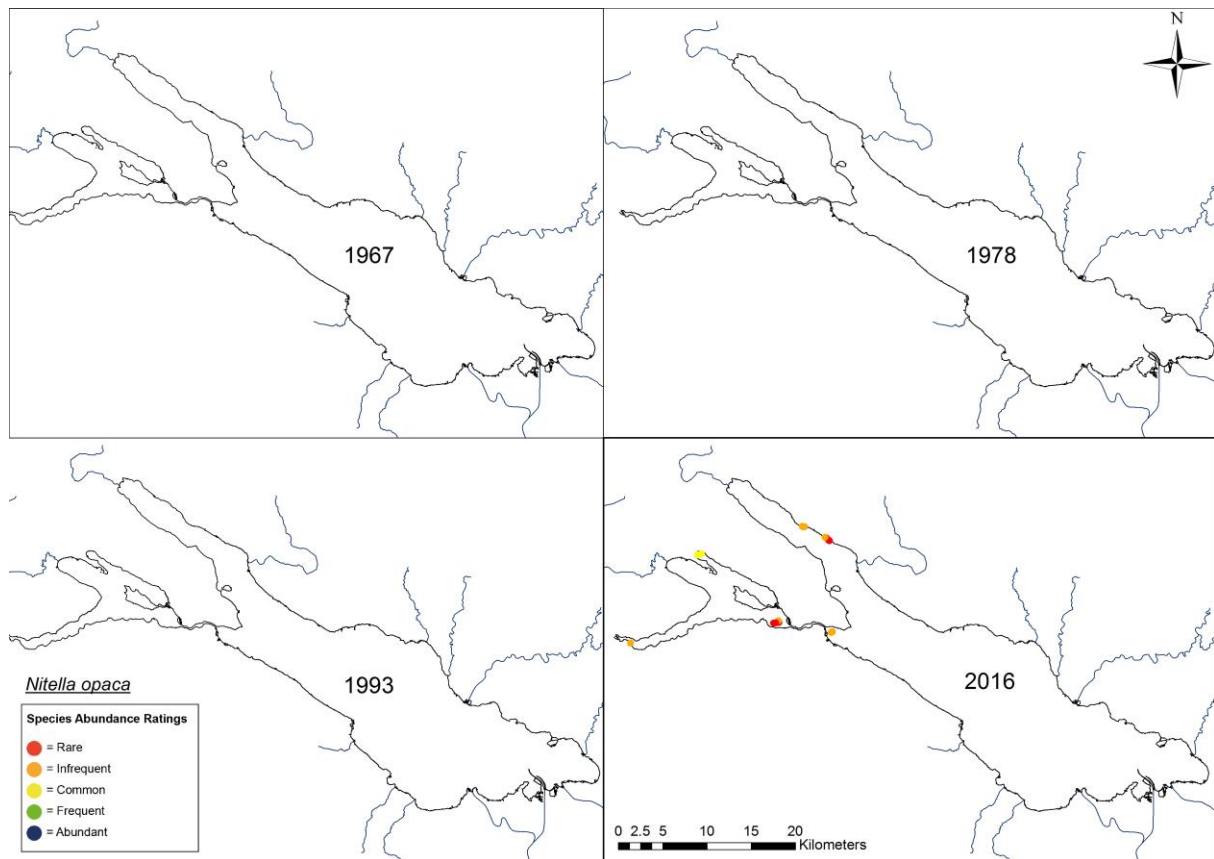


Abb. 8: Verbreitungsentwicklung von *N. opaca* in den vergangenen Jahrzehnten.

4.9 *Tolypella glomerata* (Desvaux in Loiseleur-Deslongchamps) Leonhardi

Im Sommer 2001 wurde *T. glomerata* erstmals nach 1911 in einem dichten Bestand von *C. contraria* im Ermatinger Becken wiederentdeckt (DIENST & SCHMIEDER 2003). Eine weitere Fundmeldung ergab sich 2004 im Strandbad Triboltingen. Aktuelle Fundorte liegen vor allem im Ermatinger Becken sowie dem Mündungsgebiet der Seefelder Aach (Abb. 10).

4.10 *Nitellopsis obtusa* (Desvaux in Loiseleur-Deslongchamps) J. Groves

N. obtusa hat sich in den vergangenen Jahrzehnten ungeachtet der trophischen Veränderungen stetig ausgebreitet. Aktuell fehlt sie nur im Überlinger See sowie in der Friedrichshafener Bucht (Abb. 9). Das 1993 dokumentierte Massenvorkommen in der Fussacher Bucht konnte aktuell bestätigt werden. *N. obtusa* zählt damit zu den vier häufigsten Armleuchteralgen des Bodensees.

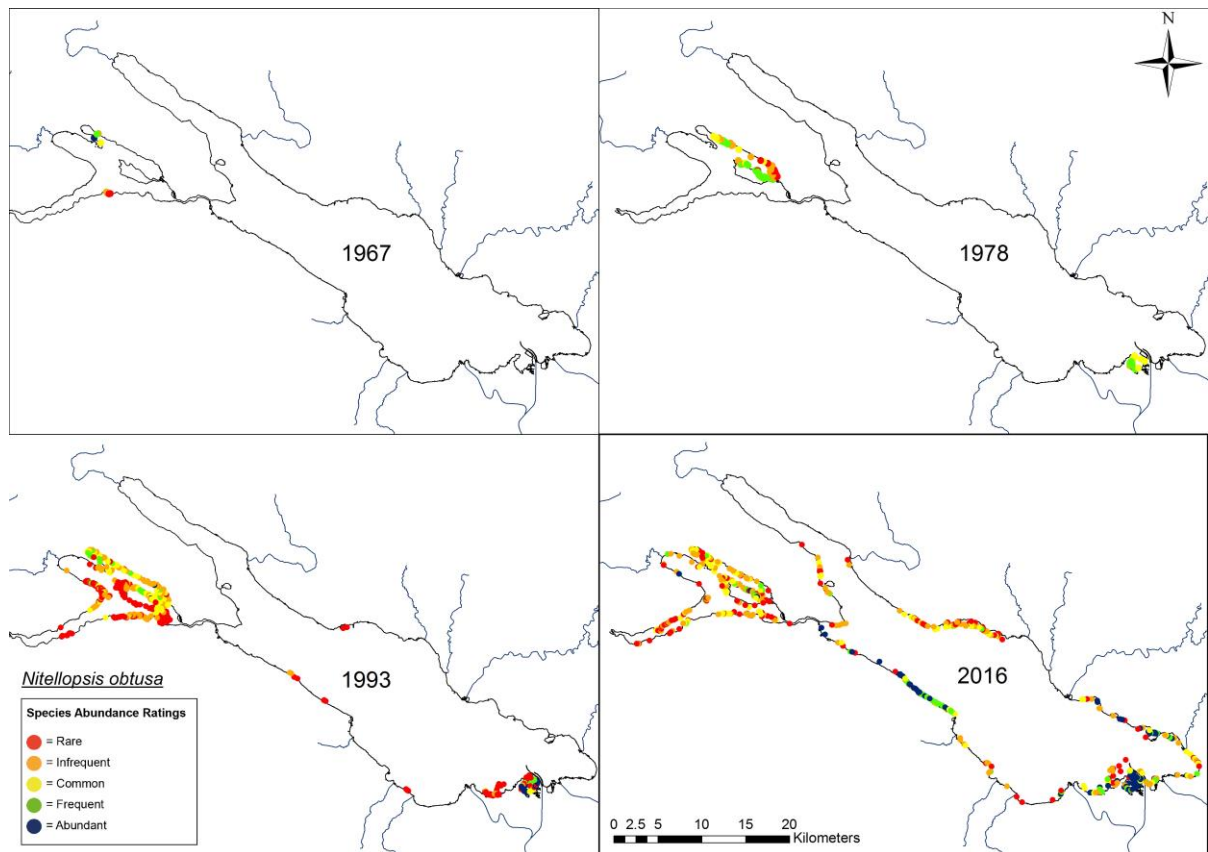


Abb. 9: Verbreitungsentwicklung von *N. obtusa* in den vergangenen Jahrzehnten.

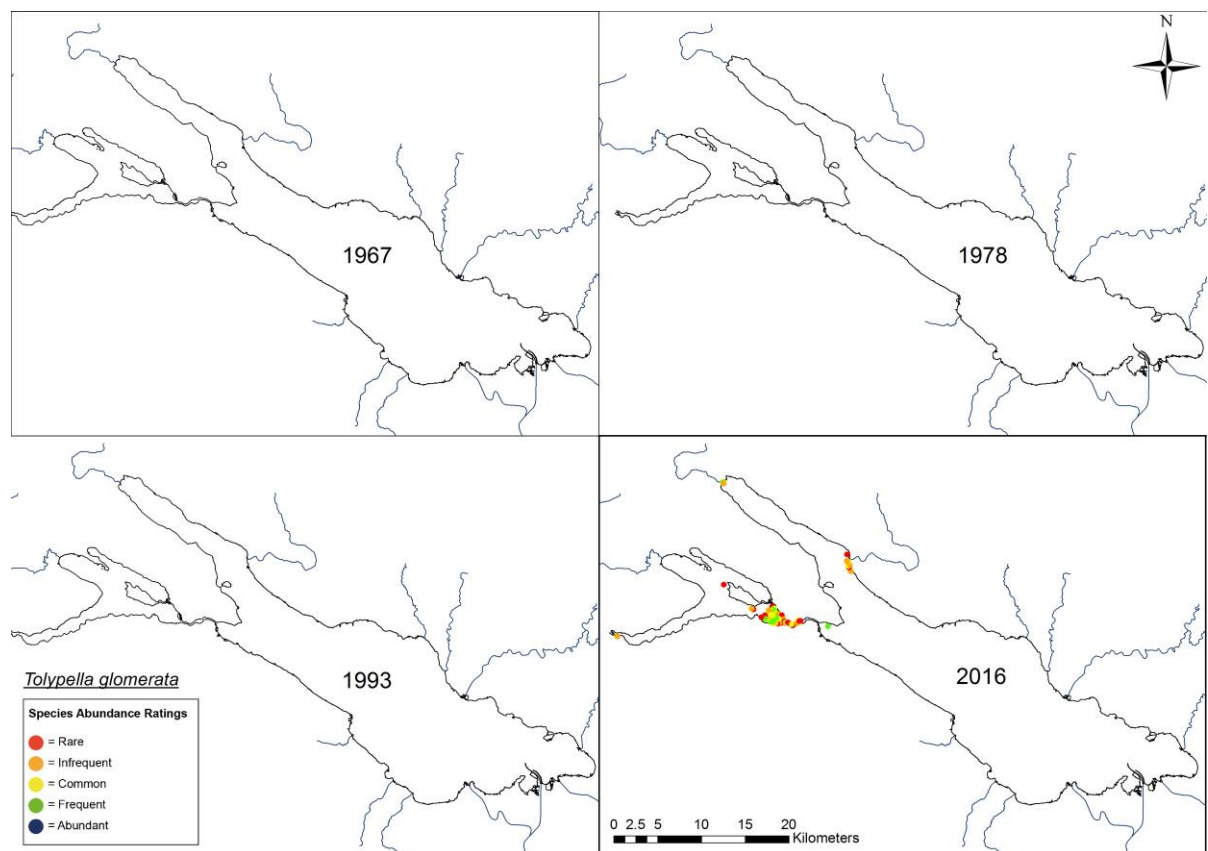


Abb. 10: Verbreitungsentwicklung von *T. glomerata* in den vergangenen Jahrzehnten.

5 Veränderungen der Häufigkeit in den vergangenen Jahrzehnten

Der Vergleich der Anzahl der Fundpunkte in Abb. 11 zeigt zusammenfassend noch einmal deutlich die massiven Veränderungen der Verbreitung der Armleuchteralgenvegetation im Bodenseelitoral insgesamt, aber auch die quantitativen Veränderungen in der Verbreitung der einzelnen Arten. Bereits 1967 waren bis auf *C. contraria* alle Armleuchteralgen nur noch sporadisch im See vorhanden. Im Vergleich zu 1978, als die Characeen im Bodensee infolge der rasanten Eutrophierung kurz vor der Ausrottung standen, war bereits 1993 infolge der Oligotrophierungstendenzen wieder eine starke Ausbreitung zu erkennen, welche sich bis 2016 mit Verschiebungen in der Dominanz der einzelnen Arten fortsetzt. *C. contraria* stellt nach wie vor die häufigste Art im Bodensee dar. Allerdings hat sich *C. aspera* zu Lasten dieser deutlich ausgebreitet und *C. globularis* vom zweiten Platz verdrängt. *N. obtusa* weitete ihr Verbreitungsgebiet bereits seit 1967 im Bodensee stetig aus und stellt heute die vierthäufigste Art dar. Aktuell bilden die Characeen die dominierende Vegetation des Litorals im Bodensee, man kann also wieder von einem oligotrophen Characeen-See sprechen.

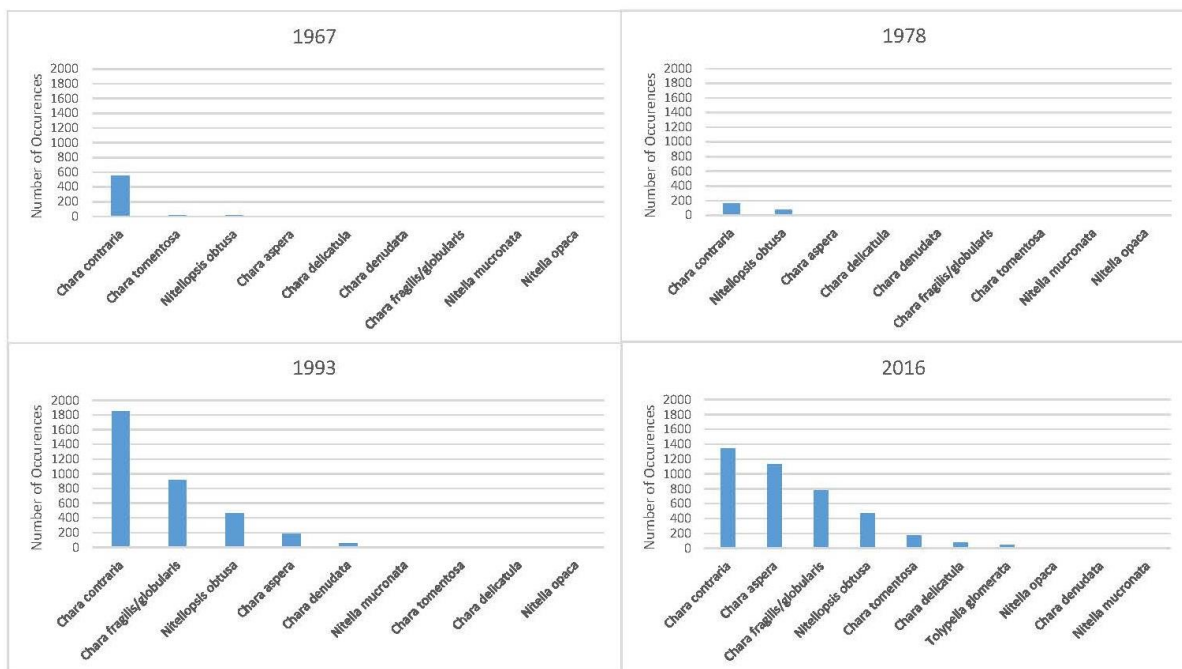


Abb. 11: Verbreitungsentwicklung der Armleuchteralgen in den vergangenen Jahrzehnten. Die Anzahl der Fundpunkte (Number of occurrences) des jeweiligen Kartierungsjahres wurde durch räumliche Überlagerung der Datenpunkte von 2016 mit den Verbreitungskarten der Arten in den früheren Jahren ermittelt.

6 Diskussion

Die Characeen haben im Bodensee in den letzten Jahren eine Renaissance erlebt, nachdem sie im Zeitabschnitt der höchsten Trophie Ende der 1970er Jahre fast verschwunden waren. Die Absenkung der Phosphoreinträge auf das Niveau zu Beginn des 20sten Jahrhunderts trug dabei entscheidend zur Verbesserung der

Lebensbedingungen der Characeen bei. Von den zu Beginn des 20sten Jahrhundert nachgewiesenen 17 Arten (SCHRÖTER & KIRCHNER 1902; BAUMANN 1911; GEIßBÜHLER 1938) sind allerdings erst zehn wieder im Bodensee heimisch (vgl. auch DIENST et al. 2012). Seit der letzten seeumfassenden Kartierung 1993 (SCHMIEDER 1998) wurden zwei Arten wieder entdeckt *T. glomerata* (DIENST & SCHMIEDER 2003) und *N. opaca* (DIENST & STRANG 2009). Die Wiederfunde verschollener Arten in den letzten Jahren waren meist Zufallsfunde im Rahmen anderer Arbeiten, deren Untersuchungsgebiete sich nicht über längere Uferbereiche erstreckten. In der vorliegenden Arbeit wurden diese zusammengetragen und durch Abschlussarbeiten der Universität Hohenheim ergänzt, so dass im Vergleich zu den im Rahmen der EU-Wasserrahmenrichtlinie durchgeführten Erhebungen (BAUER et al. 2014) ein detaillierteres Bild der Verbreitung der einzelnen Arten vorliegt.

Ob die bereits erfolgte Erwärmung des Bodensees im Zuge des Klimawandels (GÜDE & STRAILE 2016) für die Armleuchteralgen eine Rolle spielt ist fraglich; bei der aktuellen Ausbreitung von *Najas intermedia* und *Najas marina* (JANKE 2015, MURPHY 2016) liegt dies jedoch als Ursache nahe.

Auffallend im Vergleich zu den Kartierungen von 1993 (SCHMIEDER 1998) und auch von 2006-2010 (BAUER et al. 2014) ist die offensichtliche Verschlechterung der Lebensbedingungen für die Armleuchteralgen am südöstlichen Bodenseeufer zwischen Romanshorn und Rohrspitz (JANKE 2015), während sich diese in der Friedrichshafener Bucht offensichtlich deutlich verbesserten (DIENST & STRANG 2008, MURPHY 2016).

Durch die starke Ausbreitung der Armleuchteralgen stehen für einige winterrastende Wasservogelarten wieder bedeutende Nahrungsressourcen am Bodensee zur Verfügung (vgl. SZIJJ 1965; SCHMIEDER et al. 2006). Vor allem die winterrastenden Kolbenentenbestände haben sich durch die Erholung der Characeen-Bestände seit 1990 wieder massiv vermehrt (KREBS 2006).

Die aktuellen Kartierungen wurden im Gegensatz zu den früheren, luftbildgestützten Kartierungen als Punktstichproben mit GPS-Registrierung des Fundortes durchgeführt. Die Erstellung der abgebildeten Punktverbreitungskarten erfolgte durch Verschneidung der Punktdaten der aktuellen Kartierungen mit den Flächendaten der Kartierungen von 1993, 1978 und 1967. Teilweise gingen hierdurch Daten der älteren Kartierungen verloren, wenn aktuelle Stichproben nicht über Bestandsflächen der früheren Kartierungen zu liegen kamen. Dies gilt vor allem für Häfen, welche nicht in allen Einzelarbeiten berücksichtigt wurden.

Literatur

- Bauer, F., R. Harlacher, M. Huber, C. Schranz & D. Stelzer, 2014. Submerse Makrophyten des Bodensees – Kartierung in den Jahren 2006-2010. Ber. Int Gewässerschutzkomm. Bodensee (IGKB) 58: 153 S.
- Baumann, E., 1911. Die Vegetation des Untersees (Bodensee). Arch. Hydrobiol., Suppl. 1: 469 S., Stuttgart.
- Boy, E., 2012. Die submerse Makrophytenvegetation an Uferabschnitten des Bodensee - Untersees Vegetation und Standortdynamik. MSc-Arbeit, Universität Hohenheim: 223 S.
- Dienst, M. & K. Schmieder, 2003. Wiederfund von *Tolypella glomerata* (Characeae) im Bodensee-Untersee. Berichte der Botanischen Arbeitsgemeinschaft Südwestdeutschland 2: 114-116.
- Dienst, M. & I. Strang, 2008. Kartierung der Unterwasservegetation im FFH-Gebiet „Bodenseeufer westlich Friedrichshafen“ Rohdaten.

- Dienst, M. & I. Strang, 2009. Kartierung der Unterwasservegetation im FFH-Gebiet „Bodanrück“ Rohdaten.
- Dienst, M. & I. Strang, 2010. Die Unterwasservegetation am Thurgauer Ufer des Bodensee-Untersees (inkl. Seerhein) 2010. Bericht Amt für Umwelt des Kantons Thurgau: 73 S. (http://www.bodensee-ufer.de/___Botanik/Wasservegetation/wasservegetation.html).
- Dienst, M., I. Strang & K. Schmieder, 2012. Die Wasserpflanzen des Bodensee-Untersees im Wandel der letzten 100 Jahre. Mitt. Thurg. Naturf. Ges. 66: 111-153.
- Geißbühler, J., 1938. Beiträge zur Kenntnis der Uferbiozönosen des Bodensees. Mitt. Thurg. Naturf. Ges. 31: 3-38.
- Güde, H. & D. Straile, 2016. Bodensee – Ökologie und anthropogene Belastungen eines Tiefen Voralpensees. Limnologie aktuell 15: 271 S.
- Jaeger, D., 2016. Taxa incerta sedis: Chara dissoluta. In AG Characeen Deutschlands (Hrsg.), Die Armeleuchteralgen Deutschlands. Springer, Berlin: 538-548.
- Janke, M., 2015. Mapping of submerged macrophytes of Lake Constance from Romanshorn, CH to Bregenz, AT. MSc-Arbeit Universität Hohenheim: 78 S.
- Kohler, A., 1978. Methoden der Kartierung von Flora und Vegetation von Süßwasserbiotopen. Landschaft + Stadt 10: 73-85.
- Krause, W., 1997. Charales (Charophyceae). Süßwasserflora von Mitteleuropa Bd. 18: 202 S.
- Krebs, A., 2006. Die Saisoniers vom Bodensee. http://www.natuerlich-online.ch/fileadmin/Natuerlich/Archiv/2006/12-06/12_46-51_kolbenente.pdf.
- Lang, G., 1967. Die Ufervegetation des westlichen Bodensees. Arch. Hydrobiol. Suppl. 32 (4): 437-574.
- Lang, G., 1973. Die Makrophyten in der Uferzone des Bodensees unter besonderer Berücksichtigung ihres Zeigerwertes für den Gütezustand. Ber. Internat. Gewässerschutzkomm. Bodensee (IGKB) 12: 67 S.
- Lang, G., 1981. Die submersen Makrophyten des Bodensees – 1978 im Vergleich mit 1967. Ber. Int. Gewässerschutzkomm. Bodensee (IGKB) 26: 64 S.
- Sanny, M.L., 2013. Kartierung der submersen Makrophytenvegetation eines Uferabschnitts am Bodensee-Untersee im Hinblick auf einen langjährigen Vergleich. BSc-Arbeit Universität Hohenheim: 92 S.
- Schmieder, K., 1991. Veränderungen der submersen Makrophytenvegetation des Bodensee-Untersees als Spiegelbild der trophischen Entwicklung. Bericht Institut für Seenforschung Langenargen, unveröff. 155 S.
- Schmieder, K., 1998. Submerse Makrophyten der Litoralzone des Bodensees 1993 im Vergleich mit 1978 und 1967. Ber. Int. Gewässerschutzkomm. Bodensee (IGKB) Nr. 46: 171 S.
- Schmieder, K., 2004. Die Characeen des Bodensees. Rostock. Meeresbiol. Beitr. 13: 179-194.
- Schmieder, K., S. Werner & H.-G. Bauer, 2006. Submersed macrophytes as a food source for wintering waterbirds at Lake Constance. Aquat. Bot. 84: 245–250.
- Schröter, C. & O. Kirchner, 1902. Die Vegetation des Bodensees. Schr. Ver. Gesch. Bodensee 31: 1-86 (Beilagen).
- Sziji, J., 1965. Ökologische Untersuchungen an Entenvögeln (Anatidae) des Ermatinger Beckens (Bodensee). Die Vogelwarte 23 (1): 24-71.
- Ulma, M. & J. Hohner, 2014. Submerse Makrophyten der Litoralzone des Bodensees 2014 im Vergleich mit 1993, 1978 und 1967. MSc-Arbeit Universität Hohenheim: 144 S.