Die Wasserpflanzen des Bodensee-Untersees im Wandel der letzten 100 Jahre

Michael Dienst, Irene Strang und Klaus Schmieder

Mitteilungen der Thurgauischen Naturforschenden Gesellschaft, Band 66
43 Seiten • 9 Abbildungen • 2 Tabellen • 2 Beilagen • Frauenfeld 2012

1 Einleitung

Eugen Baumann hat vor 100 Jahren bei seinen Arbeiten zur Vegetation des Untersees eine ganz besondere Vorliebe für die Wasserpflanzen entwickelt. So schwärmt er von einer beeindruckenden Bootsfahrt am 11. August 1928 am Seeausfluss: Die *«lichtumflutete Wärmewelle des diesjährigen Sommers sandte ihre sengenden Strahlen auf mich hernieder, als ich vom idyllischen Rheinstädtchen Stein gegen Eschenz und weiter ruderte.» (Baumann 1928).* Er schreibt von einem *«Dorado für Wasserpflanzen»* von der *«großen Blühbarkeit der zu Beständen vereinigten Laichkrautarten»* (speziell *Potamogeton lucens* und *P. perfoliatus)* aber auch von *«mähnenartigen Strängen des helvetischen Laichkrauts» (P. helveticus).* Weiter schwärmt er: *«Es schien, als ob Myriaden der Individuen von einer förmlichen ‹Blütensucht› befallen waren; ... über kilometerlange Wasserfläche schimmerte es wie ein leichtwogendes Blütenmeer».* Neben diesen teils sehr poetischen Ausführungen listet er aber auch sämtliche Arten detailliert auf und versucht, deren besondere morphologische Ausprägungen in Varianten und Formen einzuteilen und gleichzeitig auch die verschiedenen Ausprägungen ökologisch zu erklären. Auch wenn Baumann die dichte Vegetation auf den niederen Wasserstand und besonders warmes Wasser zurückführte – der Pegel lag im August 1928 tatsächlich etwa einen halben Meter unterhalb des langjährigen Mittels –, zeigen seine Beschreibungen doch sehr eindrucksvoll, dass vor 100 Jahren die Vegetation sehr üppig sein konnte. Die Gründe hierfür möchten wir an anderer Stelle in diesem Text besprechen. Vermutlich war das Wasser vor 100 Jahren wesentlich ärmer an Nährstoffen als heute. Die Nährstoffzunahme (Eutrophierung), die erst seit den 1960er-Jahren durch Messungen belegt ist, hatte bis Ende der 1980er-Jahre zu einer starken Veränderung bei der Wasservegetation geführt. Armleuchteralgen und breitblättrige Laichkräuter waren zwischenzeitlich zurückgegangen, die schmalblättrigen Laichkrautarten sowie der Teichfaden hatten stark zugenommen. Der Bau von Kläranlagen rund um den Bodensee hat seitdem mit einer gewissen zeitlichen Verzögerung wieder zu einer deutlichen Besserung der Wasserqualität (Reoligotrophierung) geführt und damit auch wieder zu einer Umkehrung der oben genannten Vegetationsveränderung.

Diese Arbeit versucht, die starken Veränderungen der Wasservegetation im Untersee in den letzten 100 Jahren anschaulich darzustellen. Neben der Vielzahl von Fundangaben von *Baumann (1911, 1925a, 1925b, 1928)* werden hierfür besonders die seeumfassenden Kartierungen von *Lang (1973a, 1981)* und *Schmieder (1998a)* aus den Jahren 1967, 1978 und 1993 verwendet, ergänzt durch eigene Daten der Autoren vom Nord- und Südufer des Untersees aus den Jahren 2009 und 2010 *(Dienst & Strang 2009, 2010)* sowie weiteren punktuellen Einzelbeobachtungen.

Unter sonst optimalen Wachstumsbedingungen bestimmt der Phosphorgehalt die Deckungsdichte und die Primärproduktion der Wasserpflanzen. Dieser ist in den 1960er-Jahren von ursprünglich unter 10 µg P_{gesamt}/l stark angestiegen und erreichte zwischen 1975 und 1981 Konzentrationen von über 80 µg/l. Durch den Bau von Kläranlagen rund um den See ist der Phosphorgehalt nach 2000

wieder auf Werte unter 10 µg/l gesunken, sodass gegenwärtig wieder ähnliche Verhältnisse wie vor 1960 vorliegen *(Abbildung 1,* siehe auch *Ostendorp 2012,* in diesem Band). Wie hoch dieser Wert zu Zeiten Eugen Baumanns war, kann nur vermutet werden. Wahrscheinlich lag er zumindest im Rheinsee unter 10 µg/l. Es ist aber davon auszugehen, dass es zahlreiche kleine punktuelle Nährstoffquellen gab, die damit lokal für besondere Wachstumsbedingungen sorgten.

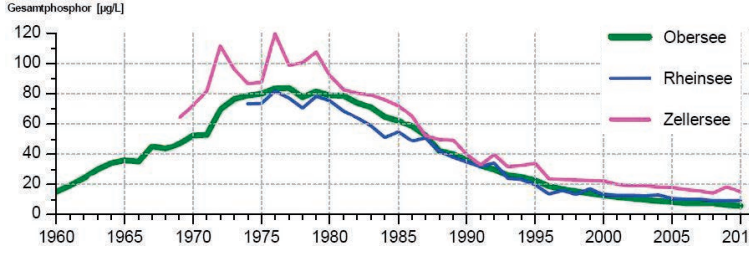


Abbildung 1: Gesamtphosphor-Konzentration im Bodensee, getrennt nach Obersee, Rheinsee und Zellersee (IGKB 2010).

2 Methode

2.1 Baumann-Daten

Baumann schreibt in seiner Dissertation auf mehr als 400 Seiten über Vorkommen, Morphologie und Ökologie aller Pflanzenarten am Unterseeufer *(Baumann 1911)*[1]. Hierbei nehmen die Wasserpflanzen einen besonderen Platz ein. Für Arten, Unterarten, Varietäten und nicht selten auch Bastarde gibt er zum Teil sehr detailliert an, wo sie wachsen, manchmal auch in welcher Wassertiefe und wie ihr Verbreitungsbild zu erklären ist. Leider fehlen Baumanns Belege der Armleuchteralgen im Herbarium der Universität Zürich (Z/ZT), während hingegen viele Herbarbelege der aquatischen Blütenpflanzen (Angiospermen = Bedecktsamer) dort hinterlegt sind *(Peintinger & Rutishauser 2012,* in diesem Band). Eine Übernahme der Funddaten in Kartenform erschien uns aber doch sehr gewagt. Insofern werden im Folgenden nur Häufigkeits- und besondere Standortsangaben wiedergegeben.

2.2 Daten von 1967, 1978 und 1993 sowie 2009 und 2010

Für die Kartendarstellung der Ergebnisse aus den bodenseeweiten Kartierungen von Gerhard Lang in den Jahren 1967 und 1978 *(Lang 1973a, 1981)* sowie von Klaus Schmieder im Jahr 1993 *(Schmieder 1998a)* werden die digitalen Daten verwendet, wie sie in *Schmieder (1998b)* veröffentlicht wurden. Dessen grobe 500-m-Felder werden in 250-m-Felder unterteilt und an der Ufer- und Haldenlinie so angepasst, dass die nicht betroffenen Raster herausfallen. Dies

1 *Die Arbeit wird im Text nicht mehr ausdrücklich jedes Mal zitiert, um den Textfluss zu vereinfachen.*

ergibt ein detaillierteres Verbreitungsbild und die Häufigkeitsberechnungen sind etwas genauer. Das Verbreitungsgebiet wird wie folgt abgegrenzt: im Westen der Rheinsee bei Stein am Rhein einschliesslich Werd-Inseln, im Osten im Seerhein bei Konstanz auf der Linie Grenzbach/Stromeyersdorf. Dies ergibt eine Rasterzahl von n = 755, die auch die nach 2000 nicht mehr erhobenen Flächen vor der Höri und im Zeller See (n = 229) und in zwei grösseren Häfen am östlichen Untersee (n = 6) beinhalten. Die Schnittmenge der allen Erhebungen gemeinsamen Raster beträgt n = 520 (entspricht 69% der gesamten Rasterzahl, vgl. *Abbildung 2).*

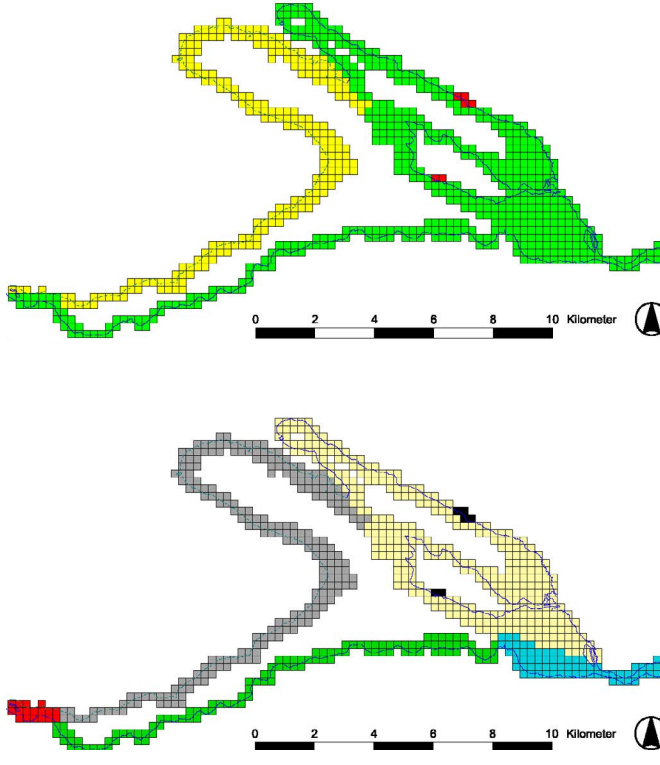


Abbildung 2: Oben: Karte der 250-m-Raster von den Kartierungen der Jahre 1967, 1978 und 1993. Nur die grünen Einheiten können mit den aktuellen Erhebungen aus den Jahren 2009 und 2010 verglichen werden. Gelb = Höri und Zeller See, Rot = 2009 nicht kartiert, da ausserhalb der FFH-Fläche. – Unten: Unterteilung des Unterseeufers (Erläuterung im Text).

Für die Auswertung wurden folgende Gebietsunterteilungen vorgenommen: gesamt 755 Raster *(Tabelle 1,* vgl. *Abbildung 2* unten).

Beim Raster der Erhebungen von 2009 (FFH[2]-Gebiet Bodanrück = 354 Punkte) und 2010 (Thurgauer Unterseeufer = 427 Punkte) handelt es sich um Punkte-Shapes, deswegen erfolgt auch eine etwas andere Darstellung in den Karten.

1 Seerhein = Rheindurchfluss bei Konstanz, westlich bis Ermatingen: strömungsreich	blau	*n = 68*
2 Rheinausfluss bei Eschenz: sehr strömungsreich	rot	*n = 17*
3 Schweizer Ufer: relativ schmal bzw. steil	grün	*n = 111*
4 Nordöstlicher Untersee = Wollmatinger Ried, Reichenau, und Gnadensee inkl. Markelfinger Winkel: relativ flach	orange	*n = 328*
5 Höri, Zellersee bis Mettnau-Südufer: nach 1993 keine Daten	grau	*n = 225*
6 Rasterfelder innerhalb (4), nach 2009 nicht erhoben, da nicht innerhalb der Fläche des FFH[1]-Gebiets Bodanrück	schwarz	*n = 6*

Tabelle 1: Gebietseinteilung bei der Auswertung der Wasserpflanzen-Kartierungen aus den Jahren 1967, 1978 und 1993 mit Anzahl der 250-m-Raster (Bezug: Abbildung 2 unten).
[1] FFH-Gebiet: Europäisches Schutzgebiet nach Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie der Europäischen Union.

Es ergeben sich folgende Aufteilungen bei insgesamt 781 Erhebungspunkten aus den Jahren 2009 (FFH[2]-Gebiet Bodanrück) und 2010 (Thurgauer Unterseeufer): Seerhein (in *Abbildung 3* blau, n = 129), Rhein bei Eschenz (rot, n = 32), das Thurgauer Ufer dazwischen (grün, n = 285) und der Nordostteil des Untersees (orange, n = 335). Die Häufigkeitsstufen der einzelnen Rasterpunkte wurden den Häufigkeits-Mittelwerten von *Schmieder (1998b)* wie folgt zugeordnet (in Klammer Schmieders Mittelwerte von 0/nicht vorhanden, 1/sehr selten bis 5/massenhaft): 1 = sehr selten (0,01–1,39), 2 = selten(1,4–1,99), 3 = mehrfach (2,0–2,79), 4 = häufig (2,8–3,99), 5 = massenhaft (4,0–5).

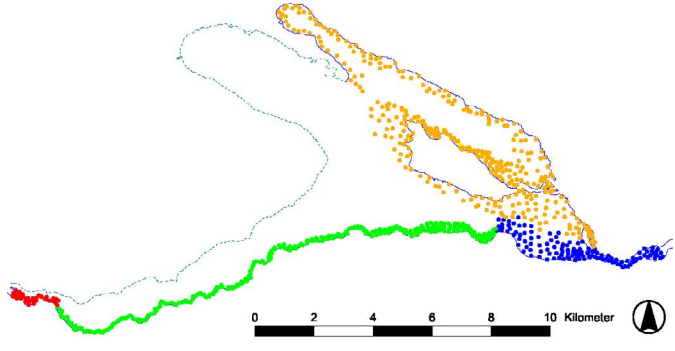


Abbildung 3: Einteilung der 781 Erhebungspunkte aus den Jahren 2009 (FFH-Gebiet Bodanrück) und 2010 (Thurgauer Unterseeufer) in Seerhein (blau, n = 129), Rhein bei Eschenz (rot, n = 32), Thurgauer Ufer dazwischen (grün, n = 285) und Nordostteil des Untersees (orange, n = 335). Für den nordwestlichen Untersee (Zeller See u. Nordufer des Rheinsees) liegen keine aktuellen flächenhaften Daten vor.

2 *FFH = Fauna-Flora-Habitat; die FFH-Richtlinie lautet offiziell Richtlinie 92/43/EWG des Rates vom 21. Mai 1992 zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Tiere und Pflanzen.*

2.3 Makrophytenindex

Die Häufigkeitsstufen fliessen in die Berechnung des Makrophytenindex (MPI) nach *Melzer (1988)* ein. Der MPI gibt Auskunft über die Nährstoffbelastung (Trophiegrad) des untersuchten Gewässerabschnitts (vgl. Kapitel 5 und *Tabelle 2*, letzte Spalte). Der Makrophytenindex MPI wird nach folgender Formel berechnet:

$$MPI = \frac{(IA*QuA) + (IB*QuB) + \ldots\ldots (IZ*QuZ)}{QuA + QuB + \ldots\ldots\ldots QuZ}$$

A, B ... Z = verschiedenen Arten; I = Indikatorwert für die Indikatorgruppe; Qu = Quantitätsstufe [Qu = Pm³]; für die Pflanzenmengen (Pm = 1–5) werden gewissermassen die Volumina berechnet. Die Pflanzenmengen entsprechen den oben genannten Häufigkeitsstufen.

Die errechneten MPI-Werte werden sechs Trophiestufen wie folgt zugeordnet (siehe auch Kapitel 5): sehr gering (1,0–1,99), gering (2,0–2,49), mässig (2,5–2,99), erheblich (3,0–3,49), hoch (3,5–3,99) und sehr hoch (4,0–5,0).

3 Artenliste Häufigkeiten

In *Tabelle 2* werden alle aquatischen Blütenpflanzen sowie die Fadenalgen und Armleuchteralgen aufgeführt, die seit *Baumann (1911)* am Untersee angegeben wurden. Varietäten und Formen werden nicht aufgelistet. Es werden deren Rote-Liste-Status für Baden-Württemberg und für die Schweiz aufgeführt sowie Besonderheiten ihres zeitlichen und räumlichen Vorkommens. In der letzten Spalte ist der Makrophytenindex aufgelistet. Moose werden bei dieser Arbeit nicht berücksichtigt. In den *Abbildungen 4, 5, 6* und *7* werden die Häufigkeiten der in den Jahren 1967, 1978, 1993 und 2009/2010 erfassten Arten dargestellt. Für 1967 und 1978 wurden einige Armleuchteralgen-Arten leider nicht immer auf Art-Niveau erfasst, sodass z. B. *Chara aspera* hier fehlt. Sie dürfte aber 1978 tatsächlich – wenn überhaupt – nur sehr selten vertreten gewesen sein, während *Ch. globularis* bereits 1967 sicher nicht selten war. Auch *Alisma gramineum* wurde 1967 und 1978 nicht erfasst, ebenso wenig wie einige Fadenalgen-Arten.

Auffallend für 1967 ist die Tatsache, dass die breitblättrigen Laichkrautarten gut vertreten waren. Das Durchwachsene Laichkraut *(Potamogeton perfoliatus)* war sogar am häufigsten und das heute eher seltene Spiegel-Laichkraut *(P. lucens)* belegt den sechsten Rang. Das inzwischen fast ausgestorbene *P. gramineum* folgte auf dem zehnten und *P. crispus* auf dem neunten Platz. Auffällig war auch das häufige Auftreten von *Najas intermedia* und *Elodea canadensis*. *Chara tomentosa* dagegen war kaum vorhanden.

Im Jahr 1978 – zum Höhepunkt der Eutrophierung – dominierten *Potamogeton pectinatus* und *Zannichellia palustris* zusammen mit der Fadenalge *Clado-*

Wissenschaftlicher Name[3] (Synonyme)	Deutscher Name	Rote Liste BW[4]	Rote Liste CH[5]	Anmerkung	Karten-verweis[6]	MPI[7]
Makrophytische Grünalgen						
Cladophora spec.	Fadenalge			Eutrophierungszeiger	WEB Beil. 1	5[8]
Enteromorpha spec.	Schlauchalge			Eutrophierungszeiger, neu bei *Schmieder 1998a*	WEB	
Hydrodictyon spec.	Wassernetz			starker Eutrophierungszeiger	WEB	5[8]
Spirogyra spec.	Schraubenalge			Eutrophierungszeiger	WEB	5[8]
Armleuchteralgen						
Chara aspera Willdenow 1809	Raue Armleuchteralge	2	NT	Oligtrophierungszeiger, aktuell sehr häufig, war während Eutrophierungsphase wahrscheinlich erloschen	WEB Beil. 2	1,5
Chara contraria A. Braun ex Kützing	Gegensätzliche Armleuchteralge	3		aktuell sehr häufig	WEB Beil. 1	2,5
Chara denudata A. Braun *(= Ch. dissoluta)*	Nackte Armleuchteralge	n. v.	EN	s. *Schmieder 1998a,* zuvor nur bei *Baumann 1911;* Artstatus fraglich	WEB	
Chara intermedia A. Braun in A. Braun, Rabenhorst & Stitzenberger 1857–1878	Kurzstachelige Armleuchteralge			nur bei *Baumann 1911*		

Tabelle 2: Liste der Wasserpflanzen seit Baumann (1911).

3 *Characeen nach Krause (1997), Blütenpflanzen nach BUWAL (2002)*
4 *BW = Baden-Württemberg, Characeen nach Schmidt et al. (1996), Blütenpflanzen nach Breunig & Demuth (1999) [0 = ausgestorben oder verschollen, 1 = vom Aussterben bedroht, 2 = stark gefährdet, 3 = gefährdet, V = Sippe der Vorwarnliste, R = extrem selten, - = nicht gefährdet]*
5 *Characeen nach Auderset & Schwarzer (2012), Blütenpflanzen nach BUWAL (2002) [RE = in der Schweiz ausgestorben, CR = vom Aussterben bedroht, EN = stark gefährdet, VU = verletzlich, NT = potenziell gefährdet]*
6 *WEB = Verbreitungskarten auf www.bodensee-ufer.de, Beil. 1 = je 4 Karten in Beilage 1, Beil. 2 = je 2 Karten in Beilage 2*
7 *MPI = Makrophytenindex (gibt Hinweis über den Grad der Nährstoffbelastung, vgl. Kapitel 2.3 u. Kapitel 5)*
8 *MPI-Wert nach eigener Einschätzung*
Beil. 1 = je vier Karten in der Beilage 1, Beil. 2 = je zwei Karten in der Beilage 2

Fortsetzung von Tabelle 2

Wissenschaftlicher Name[3] (Synonyme)	Deutscher Name	Rote Liste BW[4]	Rote Liste CH[5]	Anmerkung	Karten-verweis[6]	MPI[7]
Chara globularis Thuillier *(= Ch. fragilis* Desv.)	Zerbrechliche Armleuchteralge		VU	aktuell verbreitet, früher relativ selten	WEB	2,5
Chara rudis (A. Braun) Leonhardi	Furchenstachelige Armleuchteralge			nur bei *Baumann 1911*		
Chara tomentosa Linnaeus *(= Ch. ceratophylla* Wallr.)	Hornblättrige Armleuchteralge	1	EN	Oligotrophierungs-zeiger, aktuell zunehmend, früher häufig, 1960–1990 fast erloschen	WEB Beil. 1	2
Chara virgata Kützing *(= Ch. delicatula)*	Feine Armleuchteralge			nur bei *Baumann 1911*		
Nitella capillaris (Krocker) J. Groves & Bullock-Webster *(= N. capitata* [Nees] Ag.)	Haarfeine Armleuchteralge			nur bei *Baumann 1911*		
Nitella hyalina (De Candolle in Lamarck & De Candolle) C. A. Agardh	Vielästige Glanzleuchteralge	R	CR	*Baumann 1911:* verbreitet; *Lang 1967:* ein Fundort im östlichen Gnadensee		
Nitella flexilis (Linnaeus) C. A. Agardh	Biegsame Armleuchteralge			nur bei *Baumann 1911*		
Nitella mucronata (A. Braun) Miq.	Stachelspitzige Armleuchteralge	3	CR	s. *Schmieder 1998a, Dienst 1993/2011*		
Nitella opaca (Bruzelius) C. A. Agardh	Dunkle Glanzleuchteralge	2	VU	bereits früher sehr selten, bei *Baumann 1911:* vier Fundorte; aktuell: wenige Fundorte	WEB	2,5
Nitella syncarpa (Thuillier) Chevallier	Verwachsenfrüchtige Glanzleuchteralge	2	EN	konnte 2010 wegen fehlender Gametangien nicht eindeutig bestimmt werden		2,5[8]

Fortsetzung von Tabelle 2

Wissenschaftlicher Name[3] (Synonyme)	Deutscher Name	Rote Liste BW[4]	Rote Liste CH[5]	Anmerkung	Karten-verweis[6]	MPI[7]
Nitellopsis obtusa (Desvaux in Loiseleur-Deslongchamps) J. Groves *(= Chara stelligera)*	Stern-Armleuchteralge	3		aktuell verbreitet, früher seltener	WEB	2,5
Tolypella glomerata (Desvaux in Loiseleur-Deslongchamps) Leonhardi	Knäuel-Armleuchteralge	1	EN	Oligotrophierungszeiger früher sehr selten, aktuell in Ausbreitung begriffen, aber selten	WEB Beil. 2	2
Blütenpflanzen						
Alisma gramineum Lej. (= *A. arcuatum* Michalet p.p.) (= *A. loeselii* Gorski)	Gras-Froschlöffel	V	EN	ist in letzten Jahren stark zurückgegangen	WEB Beil. 2	3,5
Callitriche palustris L. + *C. stagnalis* Scop.	Sumpf- und Teich-Wasserstern	?	?	diese schwer bestimmbare Gattung wächst in einigen Zuflüssen		
Ceratophyllum demersum L.	Raues Hornkraut		VU	Eutrophierungszeiger, zerstreut	WEB	5
Elodea canadensis Michx. *(= Helodea canadensis* Rich.)	Kanadische Wasserpest			Eutrophierungszeiger + Neophyt, vor 1900 eingeführt	WEB	5
Elodea nuttallii (J.E. Planchon) H. St. John 1920	Nuttalls Wasserpest			Eutrophierungszeiger + Neophyt seit ca. 1980	WEB Beil. 2	5
Groenlandia densa (L.) Fourr. *(= Potamogeton densus* L.)	Fischkraut	2	NT	selten, abnehmend	WEB	3,5[7]
Hippuris vulgaris L.	Tannenwedel	3	NT	Vorkommen nur in seichten Schilfbuchten		
Lemna gibba L.	Bucklige Wasserlinse			nur bei *Baumann 1911:* eine Fundortsangabe		
Lemna minor L.	Kleine Wasserlinse			nur in stehendem Wasser		

Fortsetzung von Tabelle 2

Wissenschaftlicher Name[3] (Synonyme)	Deutscher Name	Rote Liste BW[4]	Rote Liste CH[5]	Anmerkung	Karten-verweis[6]	MPI[7]
Lemna minuta Humb., Bonpl. & Kunth.	Winzige Wasserlinse			nur Vorflutkanal Wollmatinger Ried 2010		
Lemna trisulca L.	Dreifurchige Wasserlinse	V	NT	Vorkommen in Röhrichten		
Myriophyllum spicatum L.	Ähriges Tausendblatt		NT	verbreitet	WEB	3
Myriophyllum verticillatum L.	Quirlblütiges Tausendblatt	V	NT	wächst nicht im Bodensee sondern in kleineren, benachbarten Stillgewässern		
Najas marina L. subsp. *intermedia* (Wolfg. ex Gorski) Casper *(= Najas marina* L. var. *intermedia* Wolfg.	Mittleres Nixenkraut	V	VU	vor den 1990er-Jahren (fast) nur im Untersee, danach auf den Obersee ausgedehnt (Wasser-erwärmung?)	WEB Beil. 1	3
Najas marina L. subsp. *marina*	Grosses Nixenkraut		VU	Erstfunde 2008 bzw. 2009 am Obersee-Südufer sowie 2010 im Gnadensee		
Najas flexilis (Willd.) Rostk. & W. L. E. Schmidt	Biegsames Nixenkraut	1	RE	seit den 1960er-Jahren am Bodensee erloschen, s. *Baumann 1911* u. *1925a, Lang 1967*		
Najas minor All.	Kleines Nixenkraut	V	EN	s. *Baumann 1911;* in *Schmieder 1998a* nur am Rheindelta		
Nuphar lutea (L.) Sibth. & Sm.	Gelbe Teichrose		NT	nur selten direkt im See	WEB	
Nymphaea alba L.	Weisse Seerose	3	NT	aktuell nur kleine Vorkommen, z. B. am Reichenauer Damm		

Fortsetzung von Tabelle 2

Wissenschaftlicher Name[3] (Synonyme)	Deutscher Name	Rote Liste BW[4]	Rote Liste CH[5]	Anmerkung	Karten-verweis[6]	MPI[7]
Polygonum amphibium L. *(= Persicaria amphibia* [L.] Delarbre)	Wasser-Knöterich		NT	schlechter Erfassungsgrad	WEB	
Potamogeton x *angustifolius* J. Presl *(= P. zizii* Mert. et Koch.) *[= P. gramineus* x *lucens]*	Schmalblättriges Laichkraut	V	EN	aktuell nur landseitige Vorkommen	WEB	
Potamogeton berchtoldii Fieber *(= P. pusillus* L. var. *mucronulatus* F. f. *acutus* F.)	Berchtolds Laichkraut			im Bodensee selbst erst ein Fund 2006 im Hafen Wallhausen *(Dienst mündl.),* sonst im Hinterland		
Potamogeton coloratus Hornem.	Gefärbtes Laichkraut	0	EN	nur bei *Baumann 1911*		
Potamogeton crispus L.	Krauses Laichkraut			eher selten, in strömendem Wasser	WEB	
Potamogeton filiformis Pers.	Faden-Laichkraut	0	VU	nur bei *Baumann 1911, 1928*		
Potamogeton friesii Rupr. *(=P. mucronatus* Schrad.)	Spitzblättriges Laichkraut	V	EN	nicht selten	WEB Beil. 1	5
Potamogeton gramineus L.	Gras-Laichkraut	2	EN	selten, stark abnehmend, wenige Vorkommen am Ufer	WEB Beil. 1	
Potamogeton helveticus (G. Fisch.) W. Koch *(= P. vaginatus* Turcz. subsp. *helveticus* Fischer)	Schweizer Laichkraut	1	EN	vgl. *Baumann 1925b*	WEB	3
Potamogeton lucens L.	Spiegelndes Laichkraut			Bestand abnehmend	WEB Beil. 1	3,5

Fortsetzung von Tabelle 2

Wissenschaftlicher Name[3] (Synonyme)	Deutscher Name	Rote Liste BW[4]	Rote Liste CH[5]	Anmerkung	Karten-verweis[6]	MPI[7]
Potamogeton natans L.	Schwimmendes Laichkraut			nur bei *Baumann 1911,* aber nicht direkt im See		
Potamogeton x *nitens* Weber [= *P. gramineus* x *perfoliatus]*	Glanz-Laichkraut, Schimmerndes Laichkraut	0	EN	s. *Baumann 1911, 1928*		
Potamogeton nodosus Poir. *(P. fluitans* [Roth] auct. f. *terrestris* Glück)	Flutendes Laichkraut		VU	s. *Schmieder 1998a,* aktuell nur bei Markelfingen (Mühlebachmündung)		
Potamogeton pectinatus L.	Kamm-Laichkraut			Eutrophierungszeiger, sehr häufig	WEB	4
Potamogeton perfoliatus L.	Durchwachsenes Laichkraut			häufig, derzeit abnehmend	WEB Beil. 1	3
Potamogeton pusillus L. (= *P. panormitanus* Biv.)	Kleines Laichkraut		VU	häufig	WEB	3,5
Potamogeton x_*salicifolius* Wolfg. *(= P. decipiens* Nolte) [= *P. lucens* x *perfoliatus]*	Weidenblättriges Laichkraut	?		s. *Baumann 1911*		
Potamogeton trichoides Cham. & Schltdl.	Haarblättriges Laichkraut		CR	Eutrophierungszeiger, vor 1993 keine Angaben	WEB	4
Ranunculus circinatus Sibth. (= *R. divaricatus* Schrank.)	Spreizender Hahnenfuss	3	EN	Eutrophierungszeiger, abnehmende Tendenz	WEB	4,5
Ranunculus fluitans Lam.	Flut-Hahnenfuss		NT	fast nur in Zuflüssen	WEB	
Ranunculus rionii Lagger	Rions Wasserhahnenfuss		CR	Angabe nur in *Schmieder 1998b*		
Ranunculus trichophyllus Chaix	Haarblättriger Hahnenfuss			Eutrophierungszeiger, nicht selten	WEB	4,5

Fortsetzung von Tabelle 2

Wissenschaftlicher Name[3] (Synonyme)	Deutscher Name	Rote Liste BW[4]	Rote Liste CH[5]	Anmerkung	Karten-verweis[6]	MPI[7]
Sagittaria sagittifolia L.	Pfeilkraut		EN	aktuell am Untersee nur ein Vorkommen: Reichenau-Ost		
Utricularia australis R. Br. *(=U. vulgaris* L. var. *neglecta* [Lehm.] Meister)	Echter Wasser-schlauch		VU	Vorkommen in lockerem Röhricht		
Utricularia intermedia Hayne	Mittlerer Wasser-schlauch	2		nur im Grosssegen-bereich bzw. in Kalkquellschlenken		
Utricularia minor L.	Kleiner Wasser-schlauch			Kalkquellschlenken		
Zannichellia palustris L. subsp. *palustris*	Teichfaden		VU	Eutrophierungszeiger vgl. *Z. palustris* subsp. *repens* bei *Lang 1973, 1981*	WEB Beil. 1	5

phora spec. Die schmalblättrigen Laichkraut-Arten *Potamogeton pusillus* und *P. friesii* waren deutlich häufiger geworden. Von den Armleuchteralgen waren *Ch. contraria* und *Nitellospis obtusa* zusammen mit *Najas intermedia* noch zahlreich vertreten, vor allem am Nordostufer. Erstaunlich ist, dass *Elodea canadensis* 1978 wesentlich seltener war als 1967. Vielleicht liegt das an der speziellen Populationsdynamik von neu eingebürgerten Pflanzen (Neophyten), die zuerst rasant zunehmen können, dann aber nach einigen Jahren wieder abnehmen, was in den 1980er-Jahren auch bei *Elodea nuttalli* der Fall war (eigene Beobachtungen).

Bis 1993 war der Nährstoffgehalt des Wassers wieder gesunken. Arten, die einen mässigen Nährstoffgehalt anzeigen, waren häufiger als bisher. Auch das eutraphente Wassernetz *(Hydrocotyle* spec.) ist noch reichlich vertreten. *Chara aspera* war zwischenzeitlich wieder eingewandert, während sich die oligotraphente *Ch. tomentosa* noch nicht wieder ausbreiten konnte. Trotz der besseren Wasserqualität war *Potamogeton gramineum* stark zurückgegangen. *P. trichoides* war neu eingewandert – oder wurde in vorangegangenen Jahren übersehen *(Abbildung 6).*

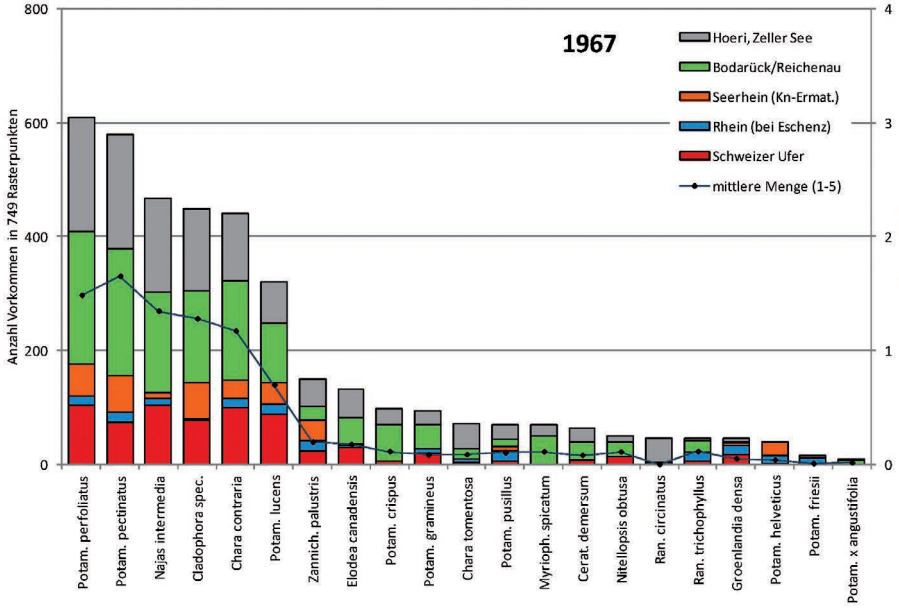


Abbildung 4: Rangfolge der 1967 erfassten Wasserpflanzenarten, berechnet nach Anzahl der Vorkommen in 749 Rastern.

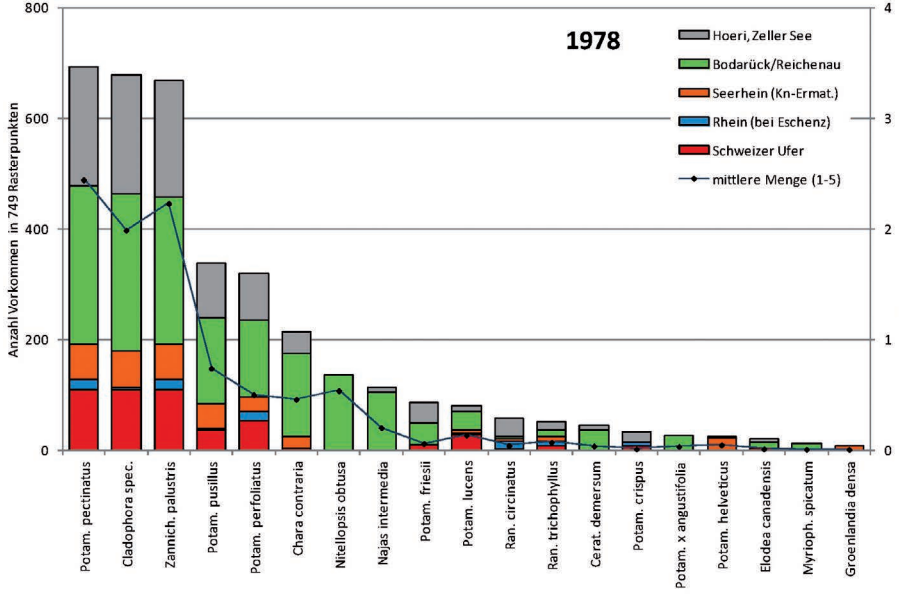


Abbildung 5: Rangfolge der 1978 erfassten Wasserpflanzen, berechnet nach Anzahl der Vorkommen in 749 Rastern.

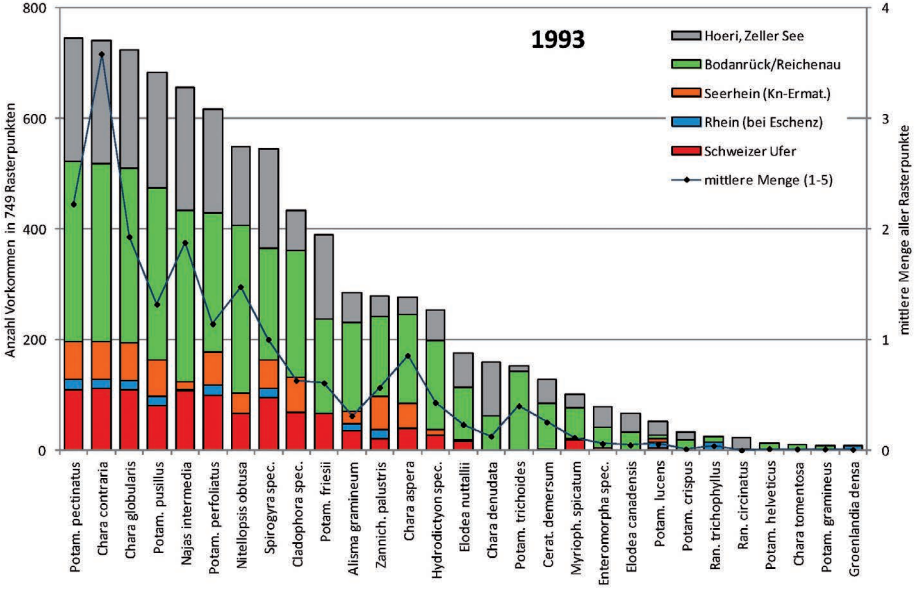


Abbildung 6: Rangfolge der 1993 erfassten Wasserpflanzen, berechnet nach Anzahl der Vorkommen in 749 Rastern.

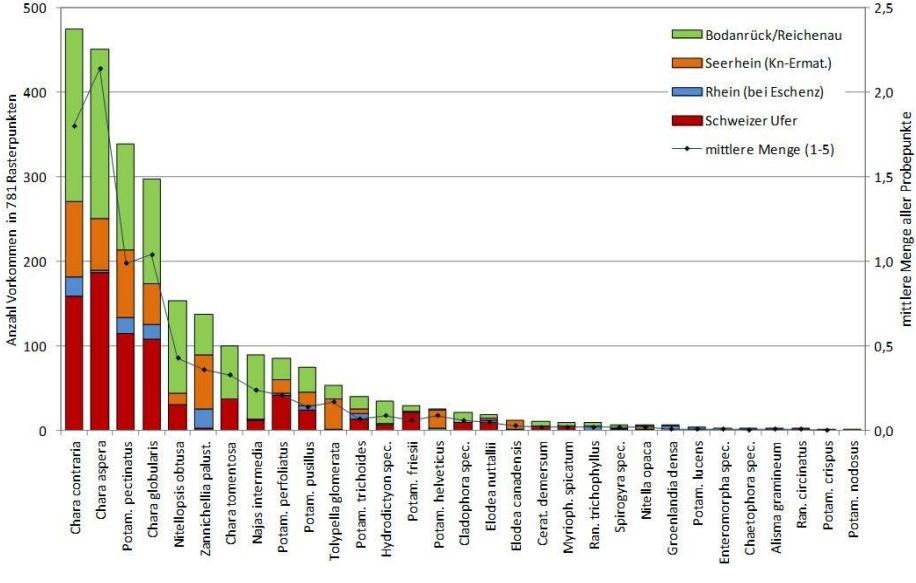


Abbildung 7: Rangfolge der 2009 (Südufer) und 2010 (Nordostufer) erfassten Wasserpflanzen, berechnet nach Anzahl der Vorkommen in 749 Rastern.

Bis 2009/2010 hat sich die Artenzusammensetzung deutlich gewandelt. Am häufigsten sind nun die Armleuchteralgen. *Chara aspera* und *Ch. tomentosa* haben sich deutlich ausgebreitet und *Tolypella glomerata,* die früher nur vereinzelt beobachtet wurde, ist mit Rang 11 lokal häufig vertreten. Manche Nährstoffzeiger wie *Potamogeton pectinatus* und *Zannichellia palustris* sind noch zahlreich vorhanden, kommen aber relativ häufig in strömungsintensiven Bereichen vor. Auffallend ist der starke Rückgang von *Alisma gramineum* gegenüber 1993 *(Abbildung 7).*

4 Verbreitung der einzelnen Arten

Im Folgenden werden alle bisher am gesamten Bodensee beobachteten Wasserpflanzenarten beschrieben. Die Verbreitungen ausgewählter Arten sind in den *Beilagen 1* und *2* wiedergegeben. In der *Beilage 2* mit vier Kartensätzen sind nur die Jahre 1993 und 2009/2010 dargestellt, in der *Beilage 1* mit neun Kartensätzen auch die beiden Erhebungen von Gerhard Lang in den Jahren 1967 und 1978. Für alle Arten, die in den Jahren 2009 und 2010 gefunden wurden, gibt es Verbreitungskarten auf der Homepage der Arbeitsgruppe Bodenseeufer (www.bodensee-ufer.de, vgl. *Tabelle 2).* Bei einigen *Chara*-Arten gibt es für 1967 und 1978 keine Vergleichsdaten, da damals nur die auffälligsten Arten kartiert wurden. Die Nomenklatur richtet sich nach *Krause (1997)* für die Armleuchteralgen bzw. *BUWAL (2002)* für die Blütenpflanzen.

Die Gelbe Teichrose *(Nuphar lutea),* der Wasser-Knöterich *(Polygonum amphibium)* und der Flutende Hahnenfuss *(Ranunculus fluitans),* die bei *Schmieder (1998a)* jeweils für die Jahre 1967, 1978 oder 1993 für das Bearbeitungsgebiet angegeben sind, wurden 2009/2010 nicht gefunden. Folgende Arten sind bei *Schmieder (1998a)* für die Jahre 1967, 1978 oder 1993 zwar für den Bodensee insgesamt, aber nicht für das Bearbeitungsgebiet angegeben und wurden auch 2009/2010 nicht gefunden:

- Nackte Armleuchteralge – *Chara denudata:* in *Schmieder (1998a):* mehrere Vorkommen am Untersee vereinzelt am Obersee; Artstatus ist umstritten.
- Stachelspitzige Armleuchteralge – *Nitella mucronata:* in *Schmieder (1998a):* in drei Häfen des Obersees bei *Lang (1973a)* und *Lang (1981)* keine Angaben.
- Kleines Nixenkraut – *Najas minor:* Vorkommen derzeit wohl nur am Vorarlberger Bodenseeufer *(Dienst 1993/2011, Schmieder 1998a).*
- Schmalblättriges Laichkraut – *Potamogeton* x *angustifolia:* bei *Schmieder (1998a)* nur wenige Vorkommen am Obersee.

4.1 Makrophytische Grünalgen

Cladophora spec., Fadenalge (s. Karten in *Beilage 1)*

Die verschiedenen Fadenalgen-Arten der Gattung *Cladophora* wurden 2009 und 2010 nur noch in wenigen Gebieten festgestellt. Der Rückgang seit 1967 und ganz massiv seit 1993 ist überaus deutlich. Da *Cladophora* allgemein als Eutrophierungszeiger gilt, geben die Verbreitungsschwerpunkte gut die aktuellen Problembereiche wieder. Meist handelt es sich hier um die Ein-

mündung kleinerer Fliessgewässer oder Drainagerohre. Bei der Auswertung ist zu beachten, dass 1967 und 1978 die makrophytischen Grünalgen unter dem Sammelbegriff Fadenalgen zusammengefasst wurden und erst 1993 auf Gattungsniveau unterschieden wurden. Da jedoch *Cladophora* auch bei den älteren Kartierungen die am stärksten vertretende Grünalgengattung war, wird sie in den Verbreitungskarten entsprechend gezeigt. Baumann schrieb lediglich: *«Cladophora-Arten finden sich häufig an Steinen, sogar bis 18 m Tiefe.»*

Hydrodictyon spec., Wassernetz
Auch die Bestände dieser Gattung sind seit 1993 deutlich zurückgegangen. 2009 und 2010 lag das Hauptverbreitungsgebiet des Wassernetzes am Ufer der Reichenau und in den Buchten des Wollmatinger Rieds. Am Schweizer Ufer kam es nur selten vor. Von Gerhard Lang gibt es zwar keine Verbreitungskarten, aber in *Lang (1967)* sind zwei Vorkommen in Vegetationsaufnahmen im Untersee belegt. Baumann gibt nur drei Fundorte von *H. utriculatum* an: Bei Ermatingen, Moos und unterhalb des Reichenauer Münsters. Offenbar war das Wassernetz vor 100 Jahren also wesentlich seltener als heute.

Spirogyra spec., Schraubenalge
Dieser Nährstoffzeiger wurde 2009 und 2010 nur noch selten gefunden (in sieben Rasterpunkten), meist punktuell an Zuflüssen oder in Häfen. Dies ist gegenüber 1993 ein markanter Rückgang. Damals kam die Gattung zwar nur in geringer Häufigkeit, jedoch nahezu flächendeckend im gesamten Untersuchungsgebiet vor. Lang hat die Gattung nicht kartiert. Baumann fand die Art *Spirogyra adnata* Kütz. *«nicht selten»* an Seemauern und auf Steinen der Spritzzone; andere Arten dieser Gattung kämen häufig als grosse, schwebende Watten in Laichkraut-Beständen vor.

Enteromorpha spec., Schlauchalge
Auch dieser Nährstoffzeiger wurde 2009/2010 nur noch selten gefunden (in drei Rastern: Markelfingen, zweimal vor der Reichenau), während die Alge 1993 am Nordufer der Reichenau, im Zeller See und bei Hegne mehrfach vorkam. Diese schlauchförmige Alge war nach *Schmieder (1998a)* in den 1980er-Jahren noch wesentlich häufiger. Die Schlauchalge ist wahrscheinlich seit dieser Zeit neu am Bodensee und konnte stark von der Eutrophierung profitieren. Lang und Baumann haben diese Gattung nie erwähnt.

4.2 Armleuchteralgen

Chara aspera, Raue Armleuchteralge (s. Karten in *Beilage 2)*
Die Raue Armleuchteralge war 2009 und 2010 die zweithäufigste Makrophytenart nach *Chara contraria.* Die Art hat seit 1993 enorm zugenommen. 1993 war sie hauptsächlich am östlichen Untersee bzw. am Nordufer des Gnadensees verbreitet. Da *Chara aspera* damals zum ersten Mal seit vielen Jahren neu aufgefunden wurde, kann man davon ausgehen, dass sie sich gerade in der Ausbreitung befand. 2009/2010 war sie im ganzen Untersuchungsgebiet reichlich vertreten. Auch den Obersee hat sie grösstenteils zurückerobert. Besonders

auffällig ist, dass die Art meist zu Massenentfaltungen neigt und dabei dichte Einartbestände bilden kann. Vor allem die Zone zwischen 0,2 und 3,0 m Tiefe wird besiedelt, nur selten findet sich die Art noch in 6 m Tiefe. *Schmieder (1998a)* gibt an, dass *Ch. aspera* infolge der starken Eutrophierung innerhalb des Zeitraumes zwischen 1967 und 1978 im Bodensee wohl verschollen war, denn bei den Kartierungen in diesen Jahren wurden für die Art keine gesonderten Angaben gemacht. Zu Beginn des 20. Jahrhunderts war *Chara aspera* im Untersee die häufigste Art *(Baumann 1911),* während *Lang (1967)* Anfang der 60er-Jahre bereits *Chara contraria* als häufigste Armleucheralgenart im westlichen Bodensee fand. Die Überdauerung der Rauen Armleuchteralge während der Phase höchster Nährstoffbelastung im Bodensee wurde vermutlich durch die über Jahrzehnte keimungsfähig bleibenden Oosporen (Überdauerungsorgane) bewerkstelligt *(Schmieder 1998a)*. Interessant ist in diesem Zusammenhang der Befund, dass bei der Kartierung 1993 keine fruchtenden Exemplare der Art gefunden wurden. Im Gegensatz dazu wurden von *Dienst & Strang (2008, 2009, 2010)* bei dieser zweihäusigen Art oft männliche und deutlich seltener weibliche Gametangien (Geschlechtszellenbehälter, Antheridien und Oogonien) beobachtet.

Chara contraria, Gegensätzliche Armleuchteralge (s. Karten in *Beilage 1)*
In den Jahren 2009 und 2010 kam die Gegensätzliche Armleuchteralge flächendeckend im gesamten Untersuchungsgebiet vor. Allerdings wurde nur in wenigen Uferabschnitten ein massenhaftes Auftreten festgestellt. Im Vergleich zu 1993 zeigt sich ein deutlicher Rückgang. *Ch. contraria* scheint von *Ch. aspera* verdrängt worden zu sein. Bei Baumann finden sich nur ca. 10 Fundorte; *Ch. contraria* scheint also nicht gerade häufig gewesen zu sein. Obwohl sie 1967 bereits die häufigste Armleuchteralge im Untersee war, fehlte sie an einigen Uferabschnitten (z. B. Nordufer Zeller See und Südufer Reichenau). Danach kam es aufgrund der Eutrophierung zu einem massiven Einbruch in der Verbreitung der Armleuchteralgen-Arten im Bodensee und so wurden bei der Kartierung 1978 nur noch im Gnadensee grössere Vorkommen gefunden. Nach *Schmieder (1998a)* ist der Bestandseinbruch in den 70er-Jahren vor allem auf die hohe Ammonium-Konzentration zurückzuführen, die bis Mitte der 80er-Jahre häufig oberhalb von 160 µg N/l lag und somit den Grenzwert überschritt, den *Krause (1981)* für die Art angibt. Insgesamt bestätigen die Erfahrungen am Bodensee die gute Eignung von *Chara contraria* als Indikatorart für mesotrophe Gewässer (vgl. *Schmieder 1993, Pietsch 1982, Konold 1987)*.

Chara denudata (= Ch. dissoluta), Nackte Armleuchteralge
Der Artstatus von *Chara denudata* ist fraglich. Selbst *Baumann (1911)* schreibt, dass es sich vielleicht nur um eine Varietät von *Chara contraria* handle. Auch *Schmieder (1998a)* gibt zwar Vorkommen an – meist zwischen Reichenau und Radolfzell –, ist sich aber auch über die Abgrenzung zu *Chara contraria* im Unklaren. Gerhard Lang macht in keiner seiner Arbeiten eine Aussage zu dieser zweifelhaften Art. *Melzer et al. (1986)* haben auch im Chiemsee eine Form von *Chara contraria* gefunden, der nahezu sämtliche Rindenzellen fehlen und bringen dieses Phänomen in Zusammenhang mit erhöhter Nährstoffbelastung. Dies

würde auch erklären, dass 2009/2010 nur selten unberindete Exemplare gefunden wurden (vgl. auch *Schmieder 2004).*

Chara intermedia, Kurzstachelige Armleuchteralge
Zu dieser Art gibt es bei Baumann folgende Angaben: *«Wassertümpel westlich Gottlieben (Espi) und in Zuggräben des Wollmatinger Rieds». Lang (1967)* gibt *Chara intermedia* für Kalkflachmoore auf dem Bodanrück an. Sie ist also keine Art des Bodensees-Litorals.

Chara globularis (= Ch. fragilis), Zerbrechliche Armleuchteralge
Bei den Kartierungen 2009/2010 trat die Zerbrechliche Armleuchteralge im gesamten Untersuchungsgebiet auf. Da die Art eine grössere Tiefe als die anderen *Chara*-Arten bevorzugt – ihr Optimum liegt zwischen 3 und 10 m Tiefe – war ein massenhaftes Auftreten immer nur an der Haldenkante zu beobachten. 1993 war *Ch. globularis* eher noch häufiger. Lang hat diese Art nicht kartiert bzw. gibt lediglich ein Vorkommen in einer Gras-Laichkraut-Gesellschaft bei Reichenau-*Fehrenhorn* an *(Lang 1967)*. Auch wenn genaue Angaben fehlen, dürfte *Ch. globularis* in den 70er-Jahren ebenfalls von der allgemeinen Abnahme der Armleuchteralgen-Vegetation betroffen gewesen sein. Baumann erwähnt einige Vorkommen am südöstlichen Untersee und schreibt, dass *Ch. globularis* grün überwintert.

Chara rudis, Furchenstachelige Armleuchteralge
Von dieser Art existieren nur wenige Angaben bei Baumann: Er schreibt, dass *Chara rudis* sogar *«in Menge»* im Ermatinger Becken *(Im Feld)* vorkäme. In späteren Arbeiten wird diese Art nicht mehr erwähnt. Sie ist *Ch. hispida* ähnlich, die Baumann vor dem Markelfinger Winkel und dem Wollmatinger Ried fand.

Chara tomentosa (= Ch. ceratophylla), Hornblättrige Armleuchteralge (s. Karten in *Beilage 1)*
Die Verbreitung der Hornblättrigen Armleuchteralge beschränkte sich 2009 und 2010 weitgehend auf den Bereich zwischen Ermatingen und Steckborn, das Nordufer der Reichenau, die Mettnau-Spitze und östlich Markelfingen. Sie war 1978 erloschen und auch 1993 nur an zwei Stellen bei Allensbach und Berlingen vorhanden. Das aktuelle Verbreitungsbild zeigt, dass *Ch. tomentosa* sich wieder in der Ausbreitung befindet, nachdem sie bereits um 1900 im Untersee wie auch im Obersee gemeinsam mit *Chara aspera* die weitaus häufigste Art war *(Schröter & Kirchner 1902, Baumann 1911).* Baumann beschreibt ausserdem, dass die beiden Arten *«unter dem Namen Müß mit grobzackigen Rechen an langen Holzstangen, den sog. Müßrechen im Frühjahr aus dem See gezogen, in großen Haufen an der Luft getrocknet und als Dünger auf die Felder gebracht werden».* Im Jahr 1967 war die Hornblättrige Armleuchteralge, die oft rotbraune Sprosspitzen hat, bereits stark zurückgegangen und noch am häufigsten im Markelfinger Winkel zu finden (siehe auch Karte in *Lang 1968,* S. 305). Laut *Pietsch (1982)* besiedelt *Chara tomentosa* in Bezug auf die eutrophierenden Pflanzennährstoffe nur sehr enge und niedrige Konzentrationsbereiche, wobei sie nach *Krause (1981)* nicht unbedingt an oligotrophe Verhältnisse gebunden ist.

Chara virgata (= Ch. delicatula), Feine Armleuchteralge
Es gibt nur eine Angabe von Baumann: bei Ermatingen-Buchern als kleine Rasen in einem Nadelbinsen-Bestand mit *Tolypella* spec. Da die Art *Ch. globularis* sehr ähnlich ist, liegt evtl. eine Verwechslung vor.

Nitella opaca, Dunkle Glanzleuchteralge
Im Jahr 2010 wurde die Art an wenigen Stellen im Ermatinger Becken sowie östlich von Eschenz in geringer Anzahl gefunden. Dabei kam *Nitella opaca* sowohl in mässigen (ca. 1,5 m) bis grösseren Tiefen (6 m) vor. 2009 lagen die wenigen Vorkommen im Markelfinger Winkel (und in der Konstanzer Bucht) tiefer als 6 m. Bei den Kartierungen 1967, 1978 und 1993 wurden keine Funde von *Nitella opaca* gemeldet. Frühere Angaben von Baumann weisen die Art als nicht häufig im Untersee aus, wobei folgende Fundorte angegeben werden: Badeanstalt Ermatingen, *Kuhhorn* bei Gottlieben, *Binsenböschen Gresskopf* bei Triboltingen in 1 m Tiefe, sowie eine Angabe von Lauterborn in 12 m Tiefe ebenfalls vor der Badeanstalt Ermatingen.

Nitella hyalina, Vielästige Glanzleuchteralge
Nach Baumann kam *Nitella hyalina* vorzugsweise in schlammigen Untiefen geschützter Buchten, auf der Wysse bis zur Grenzzone vor. Sie bildete am Schweizer Ufer und im Gnadensee ausgedehnte und fast reine Bestände. Bei *Lang (1967)* ist ein Fundort im östlichen Gnadensee angegeben; danach gibt es keine weiteren Funde.

Nitella mucronata, Stachelspitzige Armleuchteralge
Bei der Kartierung 1993 gab es drei Vorkommen in Häfen am Obersee *(Schmieder 1998a).* Das Vorkommen am Untersee begrenzte sich auf einen Zufluss *(Stinkgraben)* im Wollmatinger Ried *(Dienst 1993/2011).* Aus früheren Jahren gibt es keine Angaben. Nach *Krause (1997)* ist *N. mucronata* unempfindlich gegenüber hohen Nährstoffkonzentrationen, was durch die Vorkommen von 1993 bestätigt wird.

Nitella capillaris, Haarfeine Armleuchteralge
Baumann führt eine Angabe von Prof. Alfred Ernst (Zürich) südöstlich *Schopflen* (Reichenau-Ost) *«im dünnen Schilf»* an. Seither wurden keine Vorkommen mehr gemeldet.

Nitella flexilis, Biegsame Armleuchteralge
Lediglich Baumann fand *N. flexilis* und dies nur an einer Stelle, nämlich unterhalb Berlingen, gegen *Schweizerland,* in ca. 15 m Tiefe.

Nitella cf. syncarpa, Verwachsenfrüchtige Glanzleuchteralge
Die Verwachsenfrüchtige Glanzleuchteralge wurde 2010 mit wenigen Einzelpflanzen an nur einer Stelle westlich Mannenbach in etwa 9 m Tiefe gefunden. Die Art konnte wegen fehlender Gametangien nicht eindeutig bestimmt werden. Möglich wäre auch, dass es sich um *Nitella flexilis* (siehe oben) handelte. Von *N.* cf. *syncarpa* wurden bei den Kartierungen in den Jahren 1967, 1978 und 1993 keine Exemplare festgestellt. Baumann gibt die Art als im Untersee ziemlich

verbreitet und stellenweise in Menge an. Er listet für den Untersuchungsbereich über elf Fundorte auf, wobei er als Standort seichtere Buchten mit schlammigem oder sandigem Untergrund angibt. Nur selten drang die Art bis in ca. 6 m Tiefe vor. Eine noch ältere Angabe für die Art stammt von Ludwig Leiner. In seinem Herbar befinden sich sterile Exemplare, die er 1882 beim *«Käntle»*-Konstanz im Obersee in 30 m Tiefe gesammelt hat (zitiert in *Baumann 1911).*

Nitellopsis obtusa, Stern-Armleuchteralge
In den Jahren 2009 und 2010 wuchs *Nitellopsis obtusa* in den tieferen Zonen der Flachwasserzone mit einem Optimum zwischen 3 und 10 m, nur selten fanden sich einzelne Exemplare im seichten Wasser von einem halben bis ein Meter Tiefe. Diese langwüchsige *Characeen*-Art war weit verbreitet und die fünfthäufigste Wasserpflanze im Untersee. Gegenüber der Kartierung von 1993 sind nur geringe Änderungen festzustellen. Baumann schreibt, dass die Art für die Schweiz neu sei. Er gibt nur acht Fundorte an. Dass die Art relativ spät den Bodensee besiedelte, wird auch dadurch bestätigt, dass *Schröter & Kirchner (1902)* die Stern-Armleuchteralge für den Obersee noch nicht angeben. Auch 1967 war sie am Untersee nur wenig verbreitet, hauptsächlich an der Mettnau. Am Obersee gab es nur einen Fundort an der Argen-Mündung. Bis 1978 hatte sie sich auch nur wenig ausgedehnt. Für *Krause (1985)* stellt die Unempfindlichkeit gegenüber Eutrophierungserscheinungen die Grundlage dar für das neuartige Ausbreitungsverhalten von *Nitellopsis obtusa,* dass sie sich nämlich aus ihrer angestammten Wuchszone tieferer Litoralabschnitte in die eutrophierten Flachwasserbereiche ausgebreitet hat.

Tolypella glomerata, Knäuel-Armleuchteralge (s. Karten in *Beilage 2)*
Im Seerhein und im Ermatinger Becken wurde die Knäuel-Armleuchteralge 2009 und 2010 mehrfach angetroffen – stellenweise sogar häufig. Wenige Einzelpflanzen wurden auch westlich Eschenz und westlich der Reichenau entdeckt. Bei den Kartierungen 1967, 1978 und 1993 wurde die Art nicht gefunden, lediglich bei *Schröter & Kirchner (1902)* findet sich eine Angabe vom Paradies bei Konstanz in einer Erweiterung des Rheins. Vom Obersee existiert nur die Angabe von *Geissbühler (1938):* Luxburger Bucht (Obersee) am Oberrand der Halde, zwischen 4 und 7 Meter Wassertiefe. Von Baumann selbst gibt es keine Fundmeldungen. Allerdings notiert er acht Fundorte von *Tolypella* spec. für den Untersee: vier Orte von Ermatingen bis Steckborn, bei der Insel Langenrain (hier von Prof. Alfred Ernst als *Tolypella nidifica* bestimmt), bei Hornstaad (in 8 Meter Tiefe), bei Moos (bis 1 m Länge) und am Nordufer der Reichenau. Baumann schien mit der Bestimmung Probleme gehabt zu haben, weshalb er sich selbst keine Artzuordnung zutraute. Die Zuordnung von Ernst zu der Brack- und Salzwasserart *T. nidifica* war sicherlich falsch. Sie ist in Deutschland nur an der Ostseeküste vorhanden *(Krause 1997).* Der erste Fund in den letzten Jahrzehnten gelang 2001 östlich von Ermatingen *(Dienst & Schmieder 2003). Dienst & Strang (2009)* fanden die Knäuel-Armleuchteralge auch in der Konstanzer Bucht im Obersee in der Nähe von *Nitella opaca.* Eine weitere Ausbreitung dieser seltenen Art in den nächsten Jahren scheint möglich.

4.3 Blütenpflanzen

Alisma gramineum, Gras-Froschlöffel (s. Karten in *Beilage 2)*

Bei den Kartierungen 2009 und 2010 wurde der Gras-Froschlöffel nur noch an zwei Stellen gefunden (Reichenau und Triboltingen). Er wurde bei den Erhebungen mit dem Krauthaken sicherlich nicht immer erfasst , scheint aber doch stark zurückgegangen zu sein, denn 1993 war er noch vielfach vorhanden, besonders am östlichen und nördlichen Untersee. Selbst 2004 wurde er noch mehrfach im Wollmatinger Ried gefunden *(M. Dienst u. W. Ostendorp, mündl. Mitteilung).* 1967 und 1978 wurde die Art nicht erfasst. *Lang (1967)* schreibt aber, dass *Alisma gramineum* am Untersee verbreitet ist, dem Obersee aber fehlt. *Schmieder (1998a)* und *Dienst (1993/2011)* fanden die Art dann auch am östlichen Obersee zwischen Altenrhein und Lochau. Diese wärmeliebende Pflanze bevorzugte dort eher seichte und relativ warme Buchten oder Häfen. Laut Baumann wurde *Alisma gramineum* erst in den 90er-Jahren des 19. Jahrhunderts von seinem Freund Otto Nägeli bei Ermatingen und Mannenbach entdeckt. Baumann gibt vier verschiedene Formen an sowie Fundorte für viele Uferabschnitte.

Callitriche spec., Wasserstern

Diese nur mit Früchten bestimmbare Gattung fand M. Dienst 1993 in neun Zuflüssen des Untersees, meist am östlichen Ende oder bei Radolfzell. Schmieder und Lang haben diese Gattung nicht erwähnt. Baumann schreibt von *C. palustris* und *C. stagnalis,* dass sie *«nicht häufig»* waren und am ehesten in Gräben von Konstanz bis Tägerwilen sowie auf der Reichenau vorkamen. Einige dieser Entwässerungsgräben (z. B. im Stadtteil Paradies von Konstanz) gibt es heute nicht mehr.

Ceratophyllum demersum, Raues Hornkraut

Das Raue Hornkraut wurde 2009 und 2010 nur an neun Stellen im Untersuchungsgebiet kartiert. Dabei zeigte sich, dass die Art bevorzugt in Tiefen über 3,5 m wächst und dann sogar über zwei Meter lange Individuen ausbildet. Bei den Kartierungen 1967, 1978 und 1993 wurde *Ceratophyllum demersum* besonders im Gnadensee und bei Radolfzell festgestellt, wobei es 1993 am häufigsten war. Interessanterweise war das Raue Hornkraut um die Jahrhundertwende *«ziemlich verbreitet»* und kam meist *«in Mengen»* vor *(Baumann 1911).* Laut *Schmieder (1998a)* ist das Vorkommen der Art am Bodensee durch die starke Eutrophierung während der 70er-Jahre stark zurückgegangen. Dies steht im Gegensatz zur Meinung anderer Autoren, die bei *Ceratophyllum demersum* eine Bevorzugung von hohen Phosphat- und Nitrat-Konzentrationen festgestellt haben (z. B. *Pietsch 1982)*. Da die Art jedoch empfindlich gegenüber hohen Ammonium-Konzentrationen zu sein scheint *(Pietsch 1982, Konold 1987),* vermutet *Schmieder (1998a)* hierin einen Grund für den Rückgang während den Jahren der starken Eutrophierung des Bodensees.

Elodea canadensis, Kanadische Wasserpest

Dieser Neophyt wurde bei den Kartierungen 2009 und 2010 nur am Thurgauer Ufer gefunden, hauptsächlich im Seerhein. 1993 gab es am südlichen Untersee überhaupt keinen Fundort. *Schmieder (1998a)* fand die Kanadische Wasserpest mehrfach in zwei Gebieten: im Zeller See und westlich der Reichenau. 1978 war

die Art noch weniger vertreten (Radolfzell, Markelfingen, Mammern), während sie 1967 deutlich häufiger war. Nach *Schröter & Kirchner (1902)* wurde die Wasserpest 1836 aus Amerika nach Europa eingeschleppt und hat ab ca. 1880 den Bodensee besiedelt. In der Anfangszeit gab es wohl enorme Massenvorkommen, die die Schifffahrt behinderten und beseitigt werden mussten. Baumann fand diese von den Fischern als *«Seeteufel»* bezeichnete Art *«vielerorts und meist gesellig».* Da er fast alle Uferabschnitte am Untersee mit 31 Fundorten angibt, war die Wasserpest Anfang des 19. Jahrhunderts offensichtlich viel häufiger als 1967 und danach. Dies hängt wohl auch mit dem Phänomen zusammen, dass sich neu eingeschleppte Pflanzenarten anfänglich rasch vermehren, nach einer gewissen Zeit aber wieder zurück gehen, da z. B. Frassfeinde oder Schädlinge zunehmen.

Elodea nuttallii, Nuttalls Wasserpest (s. Karten in *Beilage 2)*
Die Nuttalls Wasserpest wächst am Thurgauer Unterseeufer ebenfalls nur an wenigen Stellen. Vergleicht man die Vorkommen von 2010 mit denen von 1993, zeigt sich eine leichte Ausbreitung. Meist kommt die Art nur in geringer Häufigkeit vor, lediglich im Bereich der Kläranlage Steckborn gab es dichte Bestände. *E. nuttallii* ist erst nach 1978 in den Bodensee eingewandert. In den 1980er-Jahren kam sie teilweise in Massen vor. Für manche Wasservögel ist sie eine willkommene Nahrung, da sie auch bis in den Winter hinein grün ist, wenn die meisten Laichkräuter schon abgestorben sind.

Groenlandia densa (= Potamogeton densus), Fischkraut
Nur an zwei Fundorten wurde das Fischkraut bei der Kartierung 2010 entdeckt: Ein kleiner Bestand beim Strandbad Triboltingen, am Schilfrand beim Steg, sowie mehrfach im Bereich zwischen Eschenzer Horn und den Werd-Inseln. Besonders auffällig ist, dass *G. densa* praktisch nur zwischen 0,2 und 0,6 m Tiefe vorkommt. Ab einer Wassertiefe von einem Meter wurde die Art nicht mehr gefunden. Bei der Kartierung 2009 wurde kein einziges Exemplar aus dem Wasser gezogen. 1993 konnte lediglich das Vorkommen beim Abfluss des Untersees dokumentiert werden. Auch 1978 gab es nur einen Bestand, allerdings bei Ermatingen, während 1967 noch grössere Bereiche von der Art besiedelt wurden, mit Schwerpunkt wiederum am Ausfluss des Rheinsees. Baumann gibt noch 24 Fundorte rund um den Untersee an, oft auch in Mündungsbereichen von Gräben und Bächen, was auch zeigt, dass es sich bei *Groenlandia densa* eigentlich eher um eine Fliesswasserart handelt. Insgesamt ist die Art am Bodensee sehr selten geworden und offensichtlich empfindlich gegenüber hohen Ammoniumkonzentrationen *(Schmieder 1998a).*

Hippuris vulgaris, Tannenwedel
Baumann gibt für den Tannenwedel noch reichlich Fundorte rund um den Untersee an. Aktuell sind nur noch wenige Wuchsorte bekannt. Hierbei ist zu bedenken, dass die Art oft etwas verborgen im Rohrkolben- und Schilfröhricht wächst. Bei flächenhaften Kartierungen im Wollmatinger Ried haben *Ostendorp & Dienst (2009)* in den Jahren 2003 bis 2006 stark zunehmende Bestände infolge der Niedrigwasserjahre nach 2003 festgestellt. *Schmieder (1998a)* sowie *Lang (1973a* und *1981)* haben *Hippuris vulgaris* nicht erwähnt.

Lemna gibba, Bucklige Wasserlinse
Hierzu gibt es für den Untersee ausschliesslich eine Angabe von Baumann: *«Radolfzell im Graben hinter dem Bahnhof»,* gefunden von J. B. Jack.

Lemna minor, Kleine Wasserlinse
Baumann schreibt, dass die Kleine Wasserlinse verbreitet in stehenden Gräben und stehendem Wasser vorkommt und gibt 22 Fundorte rund um den ganzen Untersee an. Bei der Floristischen Kartierung Baden-Württembergs im Jahr 2011 ist *Lemna minor* für den Untersee fast flächendeckend angegeben. Von Lang und Schmieder wurde die Art nicht erfasst.

Lemna minuta, Winzige Wasserlinse
M. Schneider-Jacoby fand diesen aus Nordamerika stammenden Neophyten 2010 im Regenüberlaufkanal im Wollmatinger Ried. Er wuchs fast flächendeckend und zusammen mit *Lemna minor. Landolt (1979)* nennt einen Erstfund vom Bodensee bei Altenrhein. Die Art wurde dort 1975 von A. Hegi gesammelt: *«Vor allem im Röhricht des Bodenseeufers verbreitet». Wolff (1995)* gibt einen Fundort im Hinterland des Untersees *(Seegertenmoos* westlich Horn) sowie ein Vorkommen in einem Altwasser der Stockacher-Aach (Überlinger See) an. Stark verbreitet ist die Winzige Wasserlinse am Oberrhein *(Floristische Kartierung Baden-Württemberg*[9]*, 2011).*

Lemna trisulca, Dreifurchige Wasserlinse
Auch diese rein submers (untergetaucht) lebende Wasserlinse wächst nur dort, wo wenig Wasserbewegung herrscht. *Dienst (1993/2011)* fand sie an 17 Stellen des Untersees im Röhricht, in offenen Wasserflächen innerhalb von Schilfbeständen sowie in Gräben. Die meisten Fundorte lagen im Wollmatinger Ried und Radolfzeller Aachried. Selbst *Baumann (1911)* schreibt, dass *Lemna trisulc*a sehr selten war und gibt nur wenige Fundorte bei Konstanz und bei Radolfzell an. Interessanterweise existieren keine Daten aus dem Wollmatinger Ried. In den drei grossen Kartierungen der Jahre 1967, 1978 und 1993 finden sich keine Angaben. Selbst *Lang (1973b, 1990)* führt sie in keiner seiner Vegetationsaufnahmen auf.

Myriophyllum spicatum, Ähriges Tausendblatt
Das Ährige Tausendblatt wurde bei der Kartierung 2010 am Rheinsee an den identischen drei Stellen entdeckt wie bereits 1993, nur bei Mammern kam noch ein Fundort dazu. 2009 wurde es in drei Rasterflächen im Gnadensee gefunden. *Schmieder (1998a)* kartierte es dagegen fast durchgängig zwischen Radolfzell und Reichenau-Süd. Während Baumann *Myriophyllum spicatum* um die Jahrhundertwende noch verbreitet fand (37 Fundorte), ist die Art während der Periode der höchsten Eutrophierung des Untersees fast vollständig verschwunden *(Lang 1981).* Noch 1967 gab es grössere Vorkommen im Zeller See und im Markelfinger Winkel sowie am Nordufer der Reichenau. Dies sind völlig andere Areale als 1993. Worin diese sprunghaften Änderungen der Vorkommen begründet liegen, ist unklar.

---

9 *http://www.flora.naturkundemuseum-bw.de/verbreitungskarten_a.htm#karten*

Myriophyllum verticillatum, Quirlblütiges Tausendblatt
Baumann gibt acht Vorkommen des Quirlblütigen Tausendblatts an, jedoch in der Regel nur in einmündenden Gräben. Lang und Schmieder haben die Art im Untersee nicht gefunden. *Dienst (1993/2011)* entdeckte sie auch nur an zwei Stellen: in einem Teich auf der Mettnau und im *Mühlegraben* des Wollmatinger Rieds. *Myriophyllum verticillatum* ist also keine eigentliche See-Art.

Najas marina subsp. *intermedia (= Najas intermedia),* Mittleres Nixenkraut (s. Karten in *Beilage 1)*
Das Mittlere Nixenkraut wurde bei der Untersuchung 2010 nur vereinzelt vorgefunden, was wohl auch daran lag, dass der Kartierzeitpunkt relativ früh lag. Die Funde von 2009 konzentrieren sich auf den West- und Ostteil des Gnadensees, ähnlich wie in 1978. Baumann hält das häufige Vorkommen des Mittleren Nixenkrauts als für den Untersee charakteristisch, da die Art damals im Obersee fehlte. Noch 1967 war *Najas marina* subsp. *intermedia* am Untersee stark verbreitet – mit Lücken im Nordwesten des Zeller Sees und am Südufer der Reichenau –, ging dann aber bis 1978 drastisch zurück. Die Verbreitungskarte von 1993 zeigt eine deutliche Erholung der Bestände, ausserdem wurden auch Vorkommen im kälteren Obersee dokumentiert *(Schmieder 1998a).* Heute kommt diese wärmeliebende Art fast am ganzen Obersee vor, wahrscheinlich aufgrund der Erwärmung des Oberflächenwassers im Zuge des Klimawandels.

Najas marina subsp. *marina (= Najas marina),* Grosses Nixenkraut
Das Grosse Nixenkraut kommt schon seit langer Zeit an dem nördlich Markelfingen liegenden Mindelsee vor *(Lang 1967).* Erst seit 2008 wurde es auch vereinzelt am Obersee-Südufer sowie im östlichen Gnadensee gefunden *(Dienst 2010).*

Najas flexilis, Biegsames Nixenkraut
Das Biegsame Nixenkraut gilt aktuell in Deutschland und der Schweiz als ausgestorben. *Lang (1973a)* fand es noch – wohl als Letzter – an zwei Stellen in der Hegnebucht *(Bibershof* und *Giehrenmoos*[10]*).* Baumann stellte die Pflanze 1905 bei Ermatingen und 1907 beim *Giehrenmoos* fest und schreibt, dass die Art für das Gebiet, Süddeutschland und Schweiz neu sei. Das Areal von *Najas flexilis* umfasst Nordwesteuropa (inkl. Norddeutschland) und Nordamerika. Die Art befand sich also am Bodensee an der Südgrenze ihres Verbreitungsgebietes.

Najas minor, Kleines Nixenkraut
Das Kleine Nixenkraut hat aktuell nur Vorkommen an der Rheinmündung. Für den Untersee wurde es von Baumann nur einmal (1906) am *Giehrenmoos* – zusammen mit *Najas flexilis* – angegeben. Im Gegensatz zu *Najas flexilis* ist *N. minor* (wie auch *N. marina)* eher südlich verbreitet und könnte daher am Bodensee vom Klimawandel und einer dadurch bedingten weiteren Erhöhung der Wassertemperatur profitieren.

10 Das heutige Giehrenmoos wurde von Baumann als Gehrenried bezeichnet.

Nuphar lutea, Gelbe Teichrose
Die Gelbe Teichrose kommt am Untersee am ehesten in der Radolfzeller Aach bzw. deren Mündungsbereich vor, wo sie schon von Baumann erwähnt und auch von *Lang (1973a)* und *Schmieder (1998a)* bestätigt wurde. *Lang (1981)* gibt hingegen nur das Nordufer der Reichenau an. Einmalig sind die Angaben von *Lang (1973a)* für den Ausfluss des Sees bei Eschenz – sehr wahrscheinlich in einer dort vorhandenen schlammigen Bucht.

Nymphaea alba, Weisse Seerose
Nymphaea alba ist eher eine Art der kleinen Weiher im Bodensee-Hinterland (vgl. *Lang 1973b, 1990).* Bei den Kartierungen 1967, 1978 und 1993 wurde sie nicht angegeben. Aktuell kommt die Weisse Seerose gelegentlich in einer Bucht nördlich des Reichenauer Damms vor (eigene Angaben). Baumann gibt mehrere Fundorte zwischen Iznang und Radolfzell sowie Markelfingen (in Ufergräben) und den *Wägliweiher* im Wollmatinger Ried an.

Polygonum amphibium (= Persicaria amphibia), Wasser-Knöterich
Diese amphibische Art mit Schwimmblättern wird bei der Kartierung vom Boot aus nur selten erfasst. Deshalb wundert es nicht, dass sie bei den Erhebungen von Lang und Schmieder in den Jahren 1967, 1978 und 1993 nur vereinzelt notiert wurde. Wenn man hingegen zu Fuss entlang des Ufers kartiert, finden sich mehr Fundorte. So notierte *Dienst (1993/2011)* im Jahr 1993 drei Fundorte bei Radolfzell/Moos und vier im Naturschutzgebiet Wollmatinger Ried. *Lang (1967)* schreibt, dass der Wasser-Knöterich häufig im Steifseggen-Ried und in Röhrichten vorkommt. Eine Zunahme durch Eutrophierung scheint nicht gegeben. Baumann berichtet, dass die Art verbreitet und häufig sei.

Potamogeton x *angustifolius,* Schmalblättriges Laichkraut
Dieser Bastard zwischen *Potamogeton gramineus* und *Potamogeton lucens* wurde 2009 und 2010 nicht gefunden. Aus dem Jahr 1993 gibt es drei Angaben (Graben westl. Gottlieben, Radolfzeller Aachried und Ried bei Horn, *Dienst 1993/2011).* Es ist gut möglich, dass das Schmalblättrige Laichkraut aktuell noch verschiedentlich in der Röhricht-/Grossseggenzone oder in Seegräben vorkommt. Allerdings ist die Wahrscheinlichkeit durch den Rückgang der beiden Elternarten gering. Baumann gibt gut 30 Fundorte an, die sich aber nur auf *«seichte Orte»* und Riedgräben beziehen. 1967 fand Lang das Schmalblättrige Laichkraut nur an der Mettnau, 1978 dann zusätzlich noch am Reichenauer Damm.

Potamogeton berchtoldii, Berchtolds Laichkraut
Baumann hat diese Art[11] für vier Stellen angegeben: bei Konstanz-Paradies, Gottlieben, Ermatingen und Stein am Rhein, meist in einmündenden Bächen oder Gräben. Bei Lang und Schmieder finden sich keine Angaben für den Bodensee. *Dienst (1993/2011)* entdeckte das Berchtolds Laichkraut in drei Gräben und in dem Vogelteich des Wollmatinger Rieds sowie in einem Graben bei Gottlieben. Von F. Leutert *(Schläfli ab 2009)* gibt es einen Fund im Ried bei Ermatingen.

11 Bezeichnet als Potamogeton pusillus L. var. mucronulatus FISCHER

M. Dienst und W. Ostendorp fanden ein Exemplar von *Potamogeton berchtoldii* im Hafen von Wallhausen *(Dienst 2010).* Weitere Funde im Bodensee sind nicht bekannt.

Potamogeton coloratus, Gefärbtes Laichkraut
Von dieser besonders seltenen Art gab es schon früher wohl nur zwei Vorkommen am Untersee. Das bekannteste lag im Wollmatinger Ried. Baumann schreibt von *«Wassergräben längs der Riedstraße»* sowie *«mehreren Zuggräben».* Von K. Bertsch existiert dazu ein Beleg im Stuttgarter Herbarium aus dem Jahr 1944. Bei der *«Riedstraße» (= Gottlieber Weg)* wurde in den 1970er-Jahren ein Regenüberlaufkanal der Kläranlage Konstanz angelegt, und die Zuggräben sind im Laufe der letzten Jahrzehnte immer mehr zugewachsen. Ebenfalls im Stuttgarter Herbarium liegt ein Beleg von A. Bacmeister aus dem Jahr 1939 vom *«Strand Hemmenhofen-Marbach im Hochwasserbereich» (Kleinsteuber & Wolff 1998).* Im Jahr 2003 ist das Gefärbte Laichkraut in einem wieder ausgehobenen Waldteich im *Staffelwald* (Gailingen am Hochrhein) aufgetaucht *(E. Koch, mündl. Mitteilung).* Aktuell ist es dort in drei Teichen in grossen Beständen vorhanden.

Potamogeton crispus, Krauses Laichkraut
Aktuell scheint das Krause Laichkraut sehr selten geworden zu sein. In den Jahren 2009 und 2010 fanden es die Autoren nur an einer Stelle bei Markelfingen an der Mündung des Mühlbaches. Ein weiteres aktuelles Vorkommen ist im Wollmatinger Ried bekannt. Sicherlich kommt *Potamogeton crispus* derzeit noch in einigen Zuflüssen vor. Im See selbst ist die Art wohl weitgehend verschwunden. *Schmieder (1998a)* kartierte die Art noch vereinzelt im Markelfinger Winkel und im Zeller See, während *Lang (1973a)* noch mehrere Fundorte rund um den Untersee angeben konnte, ähnlich wie Baumann, der 20 Stellen notierte, sowohl im See wie auch in Bächen und Gräben.

Potamogeton filiformis, Faden-Laichkraut
Das Faden-Laichkraut wurde im Untersee nur von Baumann gefunden: es sei *«meist steril: Binsenböschen unterhalb Gottlieben, seichte Ufer unterhalb Steckborn, Eschenzer Horn, Insel Langenrain».* Ausserdem gibt Baumann auch einen Fundort beim Stadtteil Paradies (Konstanz) sowie mehrere Fundorte vom Hochrhein und Obersee an. Seit ca. 1950 ist das Faden-Laichkraut am Untersee bzw. am ganzen Bodensee erloschen. Diese Art ist wohl ein Opfer der Wasserverschmutzung geworden *(Kleinsteuber & Wolff 1998).*

Potamogeton friesii (= P. mucronatus), Spitzblättriges Laichkraut (s. Karten in *Beilage 1)*
Das Spitzblättrige Laichkraut war 2009 und 2010 deutlich weniger verbreitet als 1993. Bei der Kartierung 1967 wurde die Art nur im strömungsreichen Bereich östlich der Werd-Inseln angetroffen, während sie 1978 bereits deutlich zugenommen hat und Schwerpunkte im Zellersee, Markelfinger Winkel und der Hegnebucht zeigte. Baumann fand dieses Laichkraut nur an fünf Stellen im Seerhein, bei Tägerwilen und bei Moos. Nach *Schmieder (1998a)* ist die Art anspruchsvoll gegenüber Nitrat sowie tolerant gegenüber Phosphat. Daher

profitierte *Potamogeton friesii* gleichzeitig von den steigenden Nitrat-Konzentrationen und den sinkenden Phosphat-Konzentrationen in den 1980er-Jahren.

Potamogeton gramineus, Gras-Laichkraut (s. Karten in *Beilage 1)*
Das Gras-Laichkraut ist aktuell am Unterseeufer noch am ehesten in den Steifseggen-Rieden vertreten. *Dienst (1993/2011)* gibt fünf Fundorte im verschilften Steifseggen-Ried und in Streuwiesen sowie in einem Teich, einem Graben und in zwei Strandrasen an. Die Pflanzen wachsen oft erst im Sommer, wenn die Flächen überschwemmt sind. Vorkommen in tieferem Wasser sind nicht bekannt. Aktuell nachgewiesen sind von den Autoren zwei Fundorte in Strandrasen westlich Allensbach und beim Reichenauer Damm *(Bibershof).* 2010 wurde *Potamogeton gramineus* von *Bauer et al. (in Vorb.)* auch östlich Mammern bei einem Strandrasen gefunden. *Schmieder (1998a)* gibt nur das Vorkommen am Reichenauer Damm an. 1978 hat *Lang (1981)* nur Vorkommen am Obersee erfasst. Er schreibt aber, dass die Art am Untersee evtl. deshalb nicht erfasst wurde, weil sie nur im Flachwasser vorkommt. 1967 wurden immerhin noch 16 Kartierquadrate erhoben, während Baumann sehr viele Fundorte angibt. Das Gras-Laichkraut war mehr oder weniger am ganzen Ufer vertreten. Er schreibt auch, dass es *«nicht selten im Magnocaricion»* vorkommt. Gemeint sind damit die Steifseggen-Riede landseits der aquatischen Schilfzone.

Potamogeton helveticus, Schweizer Laichkraut
Die Verbreitungskarte des Schweizer Laichkrauts aus den Jahren 2009 und 2010 entspricht weitgehend der von 1967, dabei sind die Vorkommen auf Strömungsbereiche beschränkt. Dies sind Teile des Seerheins mit der Rheinrinne sowie beim Ausfluss des Untersees vor den Werd-Inseln. Dagegen wurden bei den Kartierungen 1993 nur zwei Stellen in der Rheinrinne des Ermatinger Beckens und am Südufer der Reichenau erfasst. 1978 hatte *Lang (1981) Potamogeton helveticus* lediglich im Seerhein kartiert. Schon *Schmieder (1998a)* vermutet, dass die sehr formenreiche Art bei seeumfassenden Kartierungen mancherorts übersehen wurde und schlägt aus diesem Grund eine winterliche (Tauch-)Untersuchung vor, da die Überwinterung im grünen Zustand eine eindeutige Abgrenzung zu *Potamogeton pectinatus* zulässt. Am Obersee ist die Art sehr selten und am ehesten noch im Konstanzer Trichter anzutreffen, wo es ebenfalls starke Strömungen gibt. Die systematische Stellung des Taxon ist umstritten. Mit *P. pectinatus* hat sich Baumann eingehend befasst *(Peintinger & Rutishauser 2012,* in diesem Band).

Potamogeton lucens, Spiegelndes Laichkraut (s. Karten in *Beilage 1)*
Die drei Fundorte des Spiegelnden Laichkrauts, die 2010 am Schweizer Ufer erfasst wurden, stimmen exakt mit denen von 1993 überein, dies sind Ermatingen, Glarisegg und die Werd-Inseln. Auch der Nachweis im Seerhein konnte bestätigt werden. 2009 wurde die Art jedoch am Gnadensee nicht gefunden. *Schmieder (1998a)* gibt noch ein grösseres Vorkommen bei Radolfzell/Mettnau an. Bereits 1978 waren die ursprünglich grossen Bestände deutlich zurückgegangen. Baumann hat *Potamogeton lucens* gemeinsam mit *Potamogeton perfoliatus* zu den häufigsten Arten der Gattung gezählt, die oft grosse Bestände als undurchdringliche *«unterseeische Wälder»* ausbildeten.

Potamogeton natans, Schwimmendes Laichkraut
Vom Schwimmenden Laichkraut gibt es für den Untersee nur drei Angaben. *Baumann (1911)* notiert: *«Gottlieben in einem mit dem See in Verbindung stehenden Weiher, Radolfzell Seebucht beim Güterbahnhof und Allensbach in einem Weiher am Seeufer».* Spätere Funde sind für den eigentlichen See nicht bekannt. *Lang (1973b, 1990)* fand die Art in zwei Torfstichen und einem Weiher bei Allensbach und Hegne.

Potamogeton x *nitens,* Glanz-Laichkraut
Von diesem Bastard zwischen *Potamogeton gramineus* und *P. perfoliatus* existieren nur wenige Angaben. Baumann gibt drei Fundorte am östlichen Untersee sowie einen am Eschenzer Horn an. *Bauer et al. (in Vorb.)* konnten die Art für den Untersee (z. B. als grösseres Vorkommen bei der Insel Werd) bestätigen. Die Autoren fanden sie 2007 ebenfalls bei Mammern und 2009 bei Steckborn/Glarisegg (Belege bestätigt von Klaus van de Weyer).

Potamogeton nodosus, Flutendes Laichkraut
Vom Flutenden Laichkraut ist seit Baumann am Untersee immer nur das eine Vorkommen an der Mündung des Mühlebachs bei Markelfingen bekannt, wo es heute noch wächst.

Potamogeton pectinatus, Kamm-Laichkraut
Das Kamm-Laichkraut war im 20. Jahrhundert wahrscheinlich lange Zeit die häufigste Art der Gattung *Potamogeton.* Am zahlreichsten war es sicherlich während der Eutrophierungsphase, also 1967 und 1978. Bereits 1993 – und verstärkt bis 2009/2010 – ist *Potamogeton pectinatus* wieder deutlich zurückgegangen. *Baumann (1911)* gibt weniger Fundorte an als für *Potamogeton gramineus,* einer heute seltenen Art. Dadurch dass *P. pectinatus* aber auch in grösseren Wassertiefen wächst, kam die Art bestimmt auch früher in grösseren Mengen vor als Arten, die nur im Flachwasser wachsen.

Potamogeton perfoliatus, Durchwachsenes Laichkraut (s. Karten in *Beilage 1)*
Das Durchwachsene Laichkraut ist ein gutes Beispiel für eine Wasserpflanzenart, die bei mässig hohen Nährstoffwerten am besten wächst. Dies erklärt, dass sie sowohl 1967 wie auch 1993 eine starke Ausbreitung aufwies. Zum Höhepunkt der Eutrophierung (1978) wie auch in der neuesten Zeit (2009/2010), wo die Phosphor-Konzentrationen wieder gering sind, ist das Verbreitungsgebiet stark ausgedünnt. Tatsächlich haben die Bestände seit 1993 deutlich abgenommen. Nach Baumann war die Art um die Jahrhundertwende zwar häufig und bildete oft ausgedehnte Einzelbestände sowie *«unterseeische Wälder»* mit anderen Arten *(P. lucens, P. crispus, Myriophyllum spicatum);* jedoch gibt er nur 12 Fundorte an, was darauf hinweist, dass *P. perfoliatus* vor 100 Jahren doch nicht so häufig war wie etwa *P. pectinatus* und *P. lucens.*

Potamogeton pusillus (= P. panormitanus), Kleines Laichkraut
Das Kleine Laichkraut zeigt bei den Kartierungen 2009 und 2010 ein lückiges Vorkommen, wobei die Art zwischen Berlingen und Mammern sowie am östlichen Untersee am häufigsten ist. Gegenüber der Kartierung von 1993 ist es zu einem

deutlichen Rückgang gekommen: *Potamogeton pusillus* zählte 1993 im Untersee zu den am meisten verbreiteten Arten *(Schmieder 1998a)* und hat danach besonders am Gnadensee stark abgenommen. Bei Baumann war *Potamogeton pusillus* nur *«hie und da»* in seichten Buchten und Seegräben vorhanden. Bis 1967 scheint die Art eher zurückgegangen zu sein, während sie bis 1978 durch die Eutrophierung an vielen Uferabschnitten stark zugenommen hat und im Ermatinger Becken ihr Optimum hatte.

Potamogeton x *salicifolius (= P.* x *decipiens),* Weidenblättriges Laichkraut
Baumann vermerkt diesen Bastard als neu für das Gebiet und listet ein Dutzend Fundorte auf, meist bei Mammern/Eschenz und auf der Reichenau. In *Baumann (1925)* beschreibt er diesen Bastard *(P. lucens* x *perfoliatus)* auf über sieben Seiten und führt mehrere Fundorte auch am Hochrhein an. Danach gibt es lange Zeit keine gesicherten Angaben zum Weidenblättrigen Laichkraut. Erst *Schütz (1992)* gibt neben mehreren Fundorten am Oberrhein auch einen bei Kressbronn (Obersee) an. Aktuelle Vorkommen am Untersee sind nicht bekannt.

Potamogeton trichoides, Haarblättriges Laichkraut
In den Jahren 2009 und 2010 wurde das Haarblättrige Laichkraut nur zerstreut vorgefunden. Während bei den Kartierungen von 1967 und 1978 am gesamten Bodensee keine Funde registriert wurden, gab es 1993 grössere Vorkommen im Gnadensee, jedoch nicht am Schweizer Ufer des Untersees. Warum die Art vor 1993 nicht am Bodensee vorkam, ist nicht einfach zu deuten. Auch für den Obersee existierten bis 1993 keine gesicherten Angaben. Nach Untersuchungen von *Roweck & Schütz (1988)* in baden-württembergischen Seen tritt *Potamogeton trichoides* oft nur vorübergehend auf. Die Bestimmungen mehrerer eigener Herbarbelege wurden von den *Potamogeton*-Spezialisten Peter Wolff und Klaus van de Weyer bestätigt.

Ranunculus circinatus, Spreizender Hahnenfuss
Der Spreizende Hahnenfuss wächst aktuell nur noch an wenigen Stellen des Untersees. Bei den Kartierungen 2009 und 2010 wurden nur zwei Fundorte notiert: im Seerhein am Westrand von Gottlieben und in der wahrscheinlich schlammreichen Bucht westlich von Eschenz. Baumann gibt *Ranunculus circinatus* erstaunlicherweise noch als verbreitet an und führt 30 Fundorte auf. Die starke Abnahme während der letzten 100 Jahre kann nicht erklärt werden. Die Art scheint eine Vorliebe für schlammige Wuchsorte zu haben. Dies bestätigen auch die relativ häufigen Vorkommen von *Ranunculus circinatus* in Buchten des Zeller Sees bei den Kartierungen von 1967, 1978 und 1993.

Ranunculus fluitans, Flutender Hahnenfuss
Diese Fliessgewässerart ist nicht typisch für den Bodensee. So wurde sie von Baumann nur an der Radolfzeller Aachmündung sowie am Seerhein zwischen Gottlieben und Ermatingen angegeben. Der letztere Fundort wurde nach 1911 von anderen Autoren nicht mehr bestätigt. *Schmieder (1998a)* erwähnt zwar Vorkommen an der Aachmündung, schreibt aber, dass es sich um eingeschwemmte Pflanzen handle. *Lang (1981)* gibt für 1978 ausschliesslich den Auslauf des Unter-

sees bei Eschenz an, wo der Flutende Hahnenfuss 1993 und 2010 nicht wieder gefunden wurde. Die Art ist in ihrem Vorkommen etwas wechselhaft, eine Abhängigkeit vom Trophiegrad scheint jedoch nicht zu bestehen.

Ranunculus rionii, Rions Hahnenfuss
Diese seltene Hahnenfuss-Art befindet sich im Bodensee an der westlichen Arealgrenze und kommt hier nur sporadisch vor. In *Nebel (1990)* wird der Rions Hahnenfuss noch nicht aufgeführt. *Wolff & Schwarzer (1991)* haben die Art aber für die Oberrheinebene zwischen Darmstadt und Offenburg mehrfach (seit 1988) nachgewiesen. *Hess et al. (1977)* vermerken für die Schweiz neben dem Rhônetal auch den *Wannenweiher* bei Rorschach. Für den Bodensee gibt es ausschliesslich Angaben von *Schmieder (1998b):* Er erwähnt mehrere Vorkommen im Markelfinger Winkel. Es kann gut sein, dass *Ranunculus rionii* oft auch mit *Ranunculus trichophyllus* verwechselt wurde, da beide Arten nur anhand der Früchte sicher zu unterscheiden sind.

Ranunculus trichophyllus, Haarblättriger Hahnenfuss
Das einzige regelmässige Vorkommen des Haarblättrigen Hahnenfusses liegt am Ausfluss des Untersees, wo er 1967, 1978, 1993 und 2010 jeweils mehrfach festgestellt wurde. Bei Radolfzell kam er 1967, 1978 und 1993 in kleinen Beständen vor, 1967 und 1978 auch am Nordufer der Reichenau und 1978 und 2009 am Reichenauer Damm. Erstaunlicherweise hat Baumann diese Art noch als verbreitet mit mehreren Standortsformen an etwa 30 Fundorten angegeben. Die Vorkommen scheinen sich an nährstoffreichen Stellen zu konzentrieren.

Sagittaria sagittifolia, Pfeilkraut
Das Pfeilkraut ist heute am Untersee verschollen. *Baumann (1911)* schreibt zwar, dass diese Art selten sei, benennt aber ca. 30 Fundorte von vier verschiedenen Formen. *Lang (1967)* gab nur noch drei Fundorte für den Untersee an: Gundholzen, das Reichenau-Nordufer und den *Bruckgraben* (ebenfalls Reichenau). Für die Jahrtausendwende konnte nur noch der letztgenannte Fundort bestätigt werden, wo das Pfeilkraut aber vermutlich seit dem Jahr 2007 nach der Ausbaggerung der Fahrrinne erloschen ist. Am Obersee gab es 1993 zumindest noch zwei Fundorte im Bereich des Rheindeltas *(Dienst 1993/2011).*

Spirodela polyrhiza, Vielwurzelige Wasserlinse
Dienst (1993/2011) gibt vier Fundorte dieser grössten Wasserlinse in der Umgebung von Radolfzell an. Auch ein Vorkommen um 2000 im Regenüberlaufkanal im Wollmatinger Ried ist bekannt *(M. Dienst, mündl. Mitteilung).* Bei Baumann finden sich immerhin sechs Fundorte, neben verschiedenen Gräben auch *«Altwässer der Hegauer Aach»* und *«bei Moos in Seebuchten in großer Menge».* Von Lang und Schmieder wird *Spirodela polyrhiza* in den verschiedenen Publikationen nicht erwähnt.

Utricularia australis (= U. neglecta), Echter Wasserschlauch
Der Echte Wasserschlauch ist eine unauffällige Art, da sie meist innerhalb des Röhrichts wächst und wurde darum von *Lang (1973a, 1981)* und *Schmieder*

(1998a) nicht erhoben. Baumann schreibt zu dieser Pflanze: *«Überschwemmte Seerieder, Riedgräben, ruhige Seebuchten, ziemlich verbreitet»* und gibt ein Dutzend Fundorte an, wobei er sicher nicht jeden Uferabschnitt danach abgesucht hat. *Dienst (1993/2011)* listet 20 Fundstellen auf, meist in den Naturschutzgebieten Radolfzeller Aachried und Wollmatinger Ried. Aktuell wird die Art an mehreren Stellen regelmässig beobachtet (eigene Beobachtungen).

Utricularia intermedia, Mittlerer Wasserschlauch
Auch der Mittlere Wasserschlauch ist nicht leicht auffindbar, dürfte aber am Untersee bestimmt wesentlich seltener sein als *Utricularia australis.* Er wächst in nährstoffarmen Quellbereichen landseits der Röhrichte. Baumann gibt nur *«unterhalb Schloß Marbach»* und zweimal *«Wollmatinger Ried»* an. *Lang (1973b, 1990)* führt *Utricularia intermedia* nur in drei Vegetationsaufnahmen in kleinen Seen des Bodensee-Hinterlandes an. *Dienst (1993/2011)* notiert neben zwei Fundorten im Wollmatinger Ried (s. auch *Schmidt 1994)* auch drei an der Rheinmündung. M. Peintinger *(mündl. Mitteilung)* fand den Mittleren Wasserschlauch 1982 auf der Mettnau. Bei *Schläfli (ab 2009)* und im Leiner-Herbar gibt es keine Angaben für den Untersee.

Utricularia minor, Kleiner Wasserschlauch
Der Kleine Wasserschlauch ist die namensgebende Art der Skorpionsmoos-Wasserschlauchgesellschaft (Scorpidio-Utricularietum), eine Pflanzengesellschaft, die im Bodenseegebiet in Schlenken und flachen Gräben vieler Moore und Kalksümpfe vorkommt. *Lang (1973b, 1990)* beschreibt mehrere Fundorte mit *Utricularia minor* im westlichen Bodenseegebiet. Baumann gibt für das Bodenseeufer erstaunliche 11 Fundstellen an (seichte Buchten, überrieselte Riedstellen u. Riedgräben). Nur die Vorkommen im Nordteil des Wollmatinger Rieds wurden später bestätigt *(Dienst 1993/2011, Schmidt 1994).*

Zannichellia palustris, Teichfaden (s. Karten in *Beilage 1)*

Die Vorkommen des Teichfadens beschränkten sich 2009 und 2010 weitgehend auf den Seerhein, das Ermatinger Becken, das Wollmatinger Ried, das Nordufer der Reichenau und den Ausfluss des Untersees bei Eschenz. Gegenüber 1993, wo die Art z. B. zahlreich im Markelfinger Winkel vorkam, ist sie leicht zurückgegangen. Zwischen 1967 und 1978 kam es vor allem im Untersee zu einer Massenvermehrung. *Zannichellia palustris* ist somit ein typischer Eutrophierungszeiger. Die heutigen Vorkommen in fliessendem Wasser können so interpretiert werden, dass bei starker Wasserbewegung die Nährstoffe schneller verfügbar sind. Interessanterweise beschreibt Baumann etwa 60 Fundorte, gibt aber an, dass die Art nur *«hie und da»* vorkommt. Dies deutet an, dass sie wohl hauptsächlich im Bereich kleinflächiger Nährstoffzufuhren wuchs.

5 Makrophytenindex (MPI) – Trophiestufen

Abbildung 8 verdeutlicht die Veränderungen hinsichtlich des Trophiezustands von fünf verschiedenen Uferabschnitten am Untersee. Die *Abbildung 9* zeigt die vier Karten mit den Makrophytenindizes (MPI) von 1967, 1978, 1993 und

2009/2010. Die drastischen Veränderungen sind deutlich erkennbar. Auffallend ist hierbei, dass die MPI-Werte im Bereich von starken Strömungen (Seerhein im Osten und Rheinsee-Ausfluss im Westen) deutlich höher sind. Dies kann damit erklärt werden, dass dort wahrscheinlich die Nährstoffe wegen des schnellen Wasserflusses besser zur Verfügung stehen. Bemerkenswert ist auch, dass sich die Unterwasservegetation recht schnell an die sich verändernden Phosphatkonzentrationen des Wassers anpasst – sowohl in der Eutrophierungs- wie auch in der Reoligotrophierungsphase. Der berechnete Makrophytenindex ist von 2,8 (1993) auf 2,4 zurückgegangen, nachdem er

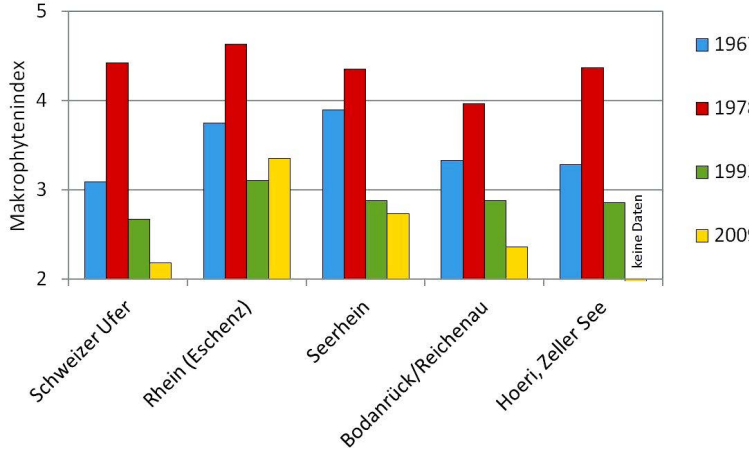


Abbildung 8: Makrophytenindizes an fünf Abschnitten des Untersees über die Jahre 1967, 1978, 1993 und 2009/2010.

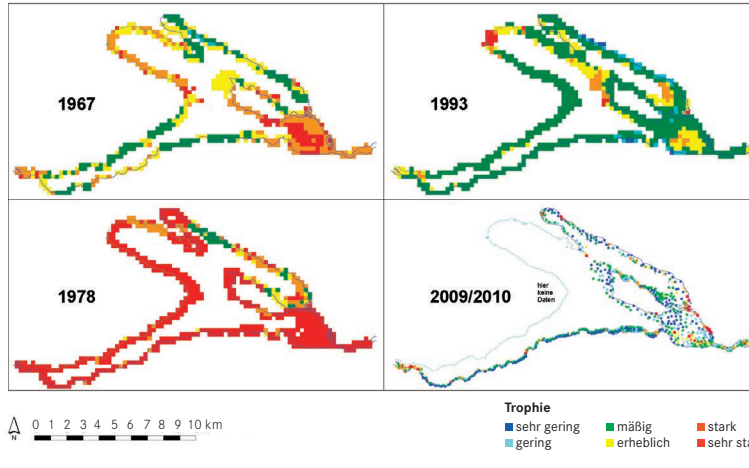


Abbildung 9: Karten der Trophiestufen am Unterseeufer in den Jahren 1967, 1978 und 1993 (nach Schmieder 1998b) sowie 2009/2010 (Makrophytenindex nach Melzer).

1978 noch bei 4,2 lag. Dies kann als grosser Erfolg der Massnahmen zur Gewässerreinhaltung bewertet werden.

6 Zusammenfassung

Aktuelle Wasserpflanzen-Kartierungen am Unterseeufer (2009 und 2010) werden mit Daten aus den Jahren 1993 sowie 1978 und 1967 *(Schmieder 1998b)* verglichen. Die Verbreitung der meisten Arten wird in Karten dargestellt. In den Beschreibungen zu den Arten fliessen auch die Angaben von *Baumann (1911)* mit ein. Mit Hilfe der Makrophytenindizes (MPI) kann der trophische Zustand der Sublitoralzone in den Untersuchungsjahren verglichen werden.

Es zeigt sich, dass die Reoligotrophierung des Bodensees relativ zeitnah eine starke Änderung in der Zusammensetzung der Wasservegetation mit sich gebracht hat. Nährstoffliebende Wasserpflanzen wie die schmalblättrigen Laichkrautarten und die Fadenalgen haben abgenommen, Nährstoffbelastungen meidende Arten deutlich zugenommen. Die Armleuchteralgen prägen aktuell die Struktur der Unterwasservegetation. Die Armleuchteralge *Chara aspera,* die um 1990 am Bodensee erloschen war, ist jetzt neben *Chara contraria* die häufigste Art. Andere, auch seltene Armleuchteralgen sind gegenwärtig am Untersee in der Ausbreitung begriffen. Dies gilt besonders für *Chara tomentosa* und *Tolypella glomerata,* kleinflächig auch für *Nitella opaca.* Viele nährstoffliebende Makrophyten, z. B. *Zannichellia palustris* haben sich auf strömungsreiche Bereiche wie den Seerhein oder den Seeauslauf bei Eschenz zurückgezogen. Dort profitieren sie von der schnellen Verfügbarkeit der im Wasser gelösten Nährstoffe. Gegenüber den Angaben von *Baumann (1911)* sind u. a. besonders folgende Arten vom Rückgang betroffen: *Chara tomentosa* (aktuell wieder zunehmend), *Nitella hyalina, Goenlandia densa, Potamogeton coloratus, P. crispus, P. gramineus, P. lucens, Ranunculus circinatus, Sagittaria sagittifolia.* In den letzten Jahren hat *Alisma gramineum* besonders stark abgenommen. Zugenommen haben in den letzten 100 Jahren nur wenige Arten, dies sind neben den Neophyten *Elodea canadensis* (aktuell wieder rückgängig) und *E. nuttallii* besonders *Potamogeton friesii* und *P. trichoides.*

7 Dank

Wir danken dem Amt für Umwelt des Kantons Thurgau für die Finanzierung des Projekts «Die Unterwasservegetation am Thurgauer Ufer des Bodensee-Untersees 2010» und besonders Heinz Ehmann für die vertrauensvolle Zusammenarbeit. Martin Huber und Fritz Bauer (beide ehemals Wasserwirtschaftsamt Kempten) danken wir für die Angabe von aktuellen Funden aus ihren WRRL-Transekt-Erhebungen (2006–2010). Klaus van de Weyer und Peter Wolff danken wir für die Nachbestimmung einiger kritischer *Potamogeton*-Arten, ebenso Rolf Rutishauser (Universität Zürich) für die kritische Durchsicht des Manuskripts.

8 Literatur und Quellen

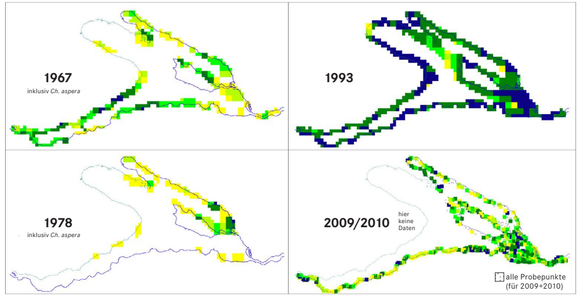
- *Auderset Joye, D. & Schwarzer, A., 2012:* Rote Liste Armleuchteralgen. Gefährdete Arten der Schweiz, Stand 2010. – Bundesamt für Umwelt, Bern und Laboratoire d'écologie et de biologie aquatique (LEBA) der Universität Genf. Umwelt-Vollzug 1213, 72 pp.
- *Bauer, F., Harlacher, R., Huber, M., Schranz, C. & Stelzer, D., in Vorbereitung:* Submerse Makrophyten des Bodensees – Kartierung in den Jahren 2006 bis 2010. – Berichte der Internationalen Gewässerschutzkommission für den Bodensee 58.
- *Baumann, E., 1911:* Die Vegetation des Untersees (Bodensee). – Archiv für Hydrobiologie - Supplements, Band 1, 1–554.
- *Baumann, E., 1915:* Die Vegetation des Untersees (Bodensee) [Vortrag]. – Mitteilungen der Thurgauischen Naturforschenden Gesellschaft, Band 21, 171–200.
- *Baumann, E., 1925a:* Über *Najas flexilis* Ristkov et Schmidt. – Mitteilungen des Badischen Landesvereins für Naturkunde und Naturschutz, Neue Folge 1 (16/17), 364–366.
- *Baumann, E., 1925b:* Über einige kritische Potameen der Schweizer Flora. – Veröffentlichungen des Geobotanischen Institutes, Stiftung Rübel, Zürich, Band 3 (Festschrift Carl Schröter), 582–603.
- *Baumann, E., 1928:* Beiträge zur Flora des Bodensees und des Rheingebietes. – Mitteilungen der Thurgauischen Naturforschenden Gesellschaft, Band 27, 145–157.
- *Breunig, T. & Demuth, S., 1999:* Rote Liste der Farn- und Samenpflanzen Baden-Württemberg. – Naturschutz-Praxis, Artenschutz 2, 161 pp.
- *BUWAL, 2002:* Rote Liste der gefährdeten Arten der Schweiz – Farn- und Blütenpflanzen. – Bern, 118 pp.
- *Dienst, M., 1993/2011:* Kartierung der Wasserpflanzen im Uferbereich des Bodensees 1993. 2 Tabellen und 43 Karten – Universität Hohenheim, Institut für Landschafts- und Pflanzenökologie, im Auftrag der Internationalen Gewässerschutzkommission für den Bodensee, unveröff. PDF-Download unter www.bodensee-ufer.de.
- *Dienst, M., 2010:* Bestimmungsschlüssel für die im Bodensee vorkommenden submersen Blütenpflanzen und Armleuchteralgen, Stand Mai 2010, 16 pp. – PDF-Download unter www.bodensee-ufer.de.
- *Dienst, M. & Schmieder, K., 2003:* Wiederfund von *Tolypella glomerata* (Characeae) im Bodensee-Untersee. – Berichte der Botanischen Arbeitsgemeinschaft Südwestdeutschland, Band 2, 114–116.
- *Dienst, M. & Strang, I., 2008:* Kartierung der Unterwasservegetation im FFH-Gebiet «Bodenseeufer westlich Friedrichshafen» – Rohdaten.
- *Dienst, M. & Strang, I., 2009:* Kartierung der Unterwasservegetation im FFH-Gebiet «Bodanrück» – Rohdaten.
- *Dienst, M. & Strang, I., 2010:* Die Unterwasservegetation am Thurgauer Ufer des Bodensee-Untersees (inkl. Seerhein) 2010 – Kartierung von 2010 im Vergleich mit Erhebungen aus den Jahren 1967, 1978 und 1993. – Bericht im Auftrag des Amtes für Umwelt des Kantons Thurgau, 70 pp. + digitaler GIS-Datensatz.

- *Geissbühler, J., 1938:* Beiträge zur Kenntnis der Uferbiozönosen des Bodensees. – Mitteilungen der Thurgauischen Naturforschenden Gesellschaft, Band 31, 3–38.
- *Hess, H., Landolt, E. & Hirzel, R., 1976–1980:* Flora der Schweiz. 2. Aufl. Birkhäuser, Basel u. Stuttgart. – Bd. 1: 858 pp. (1976); Bd. 2: 956 pp. (1977); Bd. 3: 876 pp. (1980)
- *IGKB, 2010:* Limnologischer Zustand des Bodensees. Bericht Nr. 37. 100 pp. – www.igkb.org
- *Kleinsteuber, A. & Wolff, P., 1998:* Potamogetonaceae – Laichkrautgewächse. – In: «Die Farn- und Blütenpflanzen Baden-Württembergs», *O. Sebald., S. Seybold., G. Philippi & A. Wörz (Hrsg.), pp. 52–9,.* 7. Band – Ulmer, Stuttgart, 540 pp.
- *Konold, W., 1987:* Oberschwäbische Weiher und Seen, Teil II: Vegetation, Limnologie, Naturschutz. – Beihefte zu den Veröffentlichungen für Naturschutz und Landschaftspflege in Baden-Württemberg, Band 52(2), 201–634.
- *Krause, W., 1981:* Die Sigma-Assoziation als Kriterium der Abgrenzung von Characeen-Gesellschaften. – Berichte der internationalen Symposien der Internationalen Vereinigung für Vegetationskunde: Syntaxonomie (Rinteln 31.3.–3.4.1980), 149–167.
- *Krause, W., 1985:* Über die Standortansprüche und das Ausbreitungsverhalten der Stern-Armleuchteralge *Nitellopsis obtusa* (Desvaux) J. Groves. – carolinea, Band 42, 31–42.
- *Krause, W., 1997:* Charales (Charophyceae). – Süsswasserflora von Mitteleuropa Band 18. – Fischer, Jena, 202 pp.
- *Landolt, E., 1979: Lemna minuscula* Herter (= *L. minima* Phil.), eine in Europa neu eingebürgerte amerikanische Wasserpflanze. – Berichte des Geobotanischen Instituts ETH – Stiftung Rübel, Zürich, Band 4, 86–89.
- *Lang, G., 1967:* Die Ufervegetation des westlichen Bodensees. – Archiv für Hydrobiologie - Supplements, Band 32, 437–574.
- *Lang, G., 1968:* Vegetationsänderungen am Bodenseeufer in den letzten hundert Jahren. – Schriften des Vereins für Geschichte des Bodensees und seiner Umgebung, Band 86, 295–319.
- *Lang, G., 1973a:* Die Makrophyten in der Uferzone des Bodensees unter besonderer Berücksichtigung ihres Zeigerwertes für den Gütezustand. – Berichte der Internationalen Gewässerschutzkommission für den Bodensee, Nr. 12, 1–67.
- *Lang, G., 1973b:* Die Vegetation des westlichen Bodenseegebiets. – Pflanzensoziologie 17, 1. Aufl. – Fischer, Jena, 451 pp.
- *Lang, G., 1981:* Die submersen Makrophyten des Bodensees – 1978 im Vergleich mit 1967. – Berichte der Internationalen Gewässerschutzkommission für den Bodensee, Nr. 26, 1–64.
- *Lang, G., 1990:* Die Vegetation des westlichen Bodenseegebiets. – Pflanzensoziologie 17, 2. Aufl. – Fischer, Stuttgart/New York, 462 pp.
- *Melzer, A., Harlacher R., Held K., Sirch R. & Vogt S., 1986:* Die Makrophytenvegetation des Chiemsees. – Informationsberichte des Bayerischen Landesamts für Wasserwirtschaft, Band 4, 210 pp.

- *Melzer, A., 1988:* Die Gewässerbeurteilung bayerischer Seen mit Hilfe makrophytischer Wasserpflanzen. – Hohenheimer Arbeiten: Gefährdung und Schutz von Gewässern, 105–116.
- *Nebel, M., 1990:* Ranunculaceae – Hahnenfussgewächse. – In: «Die Farn- und Blütenpflanzen Baden-Württembergs. – 1. Band». *O. Sebald, S. Seybold & G. Philippi (Hrsg.), 1990,* pp. 235–322. – Ulmer, Stuttgart, 540 pp.
- *Ostendorp, W., 2012:* Umwelt- und Nutzungswandel am Unterseeufer: Seeregulierung, Wasserspiegeltrends und Abwasserbelastung. – Mitteilungen der Thurgauischen Naturforschenden Gesellschaft, Band 66, 63–109.
- *Ostendorp, W. & Dienst, M., 2009:* Vegetationsdynamik im NSG «Wollmatinger Ried-Unterseee-Gnadensee» (Bodensee) unter dem Einfluss von hydrologischen Extremereignissen. – carolinea, Band 67, 93–107.
- *Peintinger, M. & Rutishauser, R., 2012:* Eugen Baumann und sein Werk «Die Vegetation des Untersees». – Mitteilungen der Thurgauischen Naturforschenden Gesellschaft, Band 66, 15–37.
- *Pietsch, W., 1982:* Makrophytische Indikatoren für die ökochemische Beschaffenheit der Gewässer. In: «Ausgewählte Methoden der Wasseruntersuchung», Band II: Biologische, mikrobiologische und toxikologische Methoden, *G. Breitig & W. v. Tümpling (Hrsg.),* pp. 67–88, Fischer, Jena, 579 pp.
- *Roweck, H. & Schütz, W., 1988:* Zur Verbreitung seltener sowie systematisch kritischer Laichkräuter *(Potamogeton)* in Baden-Württemberg. – Veröffentlichungen für Naturschutz und Landschaftspflege in Baden-Württemberg, Band 63, 431–524.
- *Schmidt, D., Van de Weyer, K., Krause, W., Kies, L., Garniel, A., Geissler, U., Gutowski, A., Samietz, R., Schütz, W., Vahle, H.-Ch., Vöge, M., Wolff, P. & Melzer, A., 1996:* Rote Liste der Armleuchteralgen (Charophyceae) Deutschlands, 2. Fassung, Stand: Februar 1995. – Schriftenreihe für Vegetationskunde, Band 23, 547–576.
- *Schmieder, K., 1998a:* Submerse Makrophyten der Litoralzone des Bodensees 1993 im Vergleich mit 1978 und 1967. – Berichte der Internationalen Gewässerschutzkommission für den Bodensee, Band 46, 171 pp.
- *Schmieder, K., 1998b:* BUGIS (Bodensee-Ufer-GIS) – Digitaler Datensatz zur Kartierung der submersen Makrophyten am Bodensee im Jahr 1993 – Vergleich mit den Kartierungen von G. Lang aus den Jahren 1967 und 1978. Institut für Seenforschung der LUBW, Langenargen.
- *Schmieder, K., 2004:* Die Characeen des Bodensees. – Rostocker Meeresbiologische Beiträge, Nr. 13, 179–194.
- *Schmidt, B., 1994:* Die Scorpionsmoos-Wasserschlauchgesellschaft (Scorpidio-Utricularietum) – eine für das Wollmatinger Ried neue Pflanzengesellschaft. – Naturschutzgebiet «Wollmatinger Ried – Untersee – Gnadensee», Naturschutzbund Deutschland, Ortsgruppe Konstanz e. V., Jahresbericht 1993, 6–11.
- *Schröter, C. & Kirchner, O., 1902:* Die Vegetation des Bodensees. – Schriften des Vereins für Geschichte des Bodensees und seiner Umgebung, Band 31, 1–86 (u. Beilagen).
- *Schütz, W., 1992: Potamogeton* x *decipiens* Nolte in Baden-Württemberg. – Jahreshefte der Gesellschaft für Naturkunde in Württemberg, Band 147, 91–95.

- *Wisskirchen, R. & Haeupler, H., 1998:* Standardliste der Farn- und Blütenpflanzen Deutschlands (mit Chromosomenatlas von F. Albers). – In: «Die Farn- und Blütenpflanzen Deutschlands 1», Haeupler H. & Bundesamt für Naturschutz (Hrsg.). – Eugen Ulmer, Stuttgart (Hohenheim), 765 pp.
- *Wolff, P., 1995:* Die Wasserlinsen-Gesellschaften der Donauaue und des Bodensee-Gebiets. – Hoppea, Denkschriften der Regensburger Botanischen Gesellschaft, Band 56, 529–546.
- *Wolff, P. & Schwarzer, A., 1991: Ranunculus rionii* Lagger – eine neue Wasserpflanze in Deutschland. – Floristische Rundbriefe, Band 25, Heft 2, 69–85.

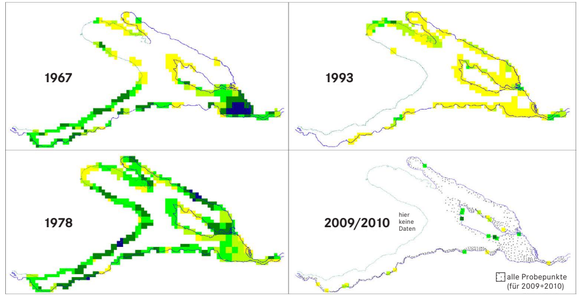
- Floristische Kartierung Baden-Württemberg – aktuelle Verbreitungskarten: http://www.flora.naturkundemuseum-bw.de/verbreitungskarten_a.htm#karten
- Leiner-Herbar: http://www.konstanz.de/biocase/querytool/main.cgi?dsa=leiner
- *Schläfli, A., ab 2009:* Neue Flora Thurgau. – Datenbank der Thurgauer Flora. Siehe: http://www.naturmuseum.tg.ch/xml_82/internet/de/application/d10840/f9524.cfm.



Chara contraria –
Gegensätzliche Armleuchteralge

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 km

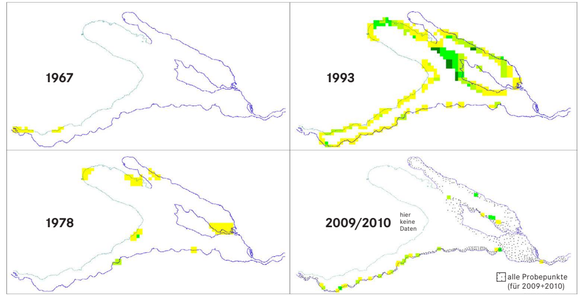
1 – sehr selten
2 – selten
3 – mehrfach
4 – häufig
5 – massenhaft



Cladophora spec. – Fadenalge

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 km

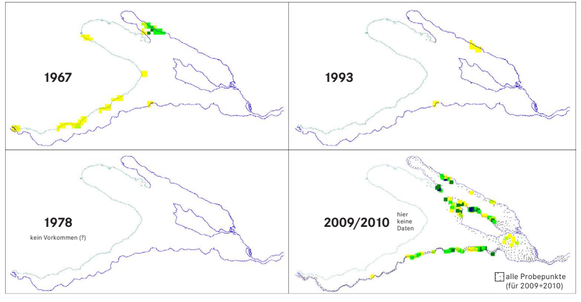
1 – sehr selten
2 – selten
3 – mehrfach
4 – häufig
5 – massenhaft



Potamogeton friesii –
Spitzblättriges Laichkraut

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 km

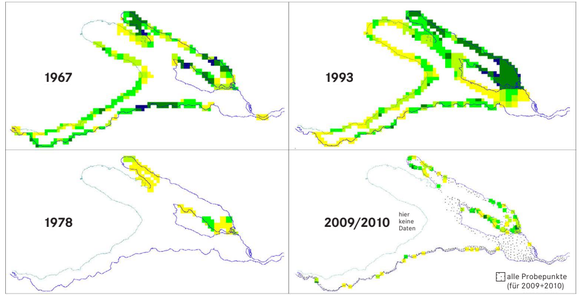
1 – sehr selten
2 – selten
3 – mehrfach
4 – häufig
5 – massenhaft



Chara tomentosa –
Hornblättrige Armleuchteralge

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 km

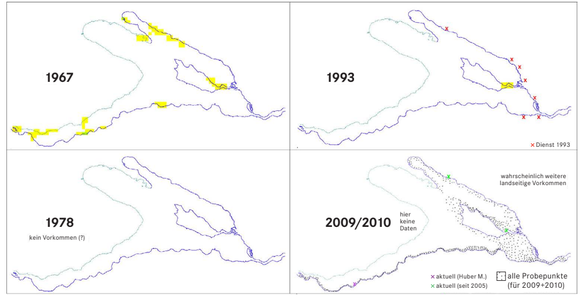
1 – sehr selten
2 – selten
3 – mehrfach
4 – häufig
5 – massenhaft



Najas marina subsp. *intermedia* –
Mittleres Nixenkraut

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 km

1 – sehr selten
2 – selten
3 – mehrfach
4 – häufig
5 – massenhaft

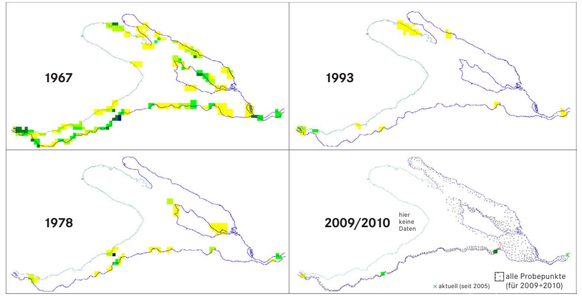


Potamogeton gramineus –
Gras-Laichkraut

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 km

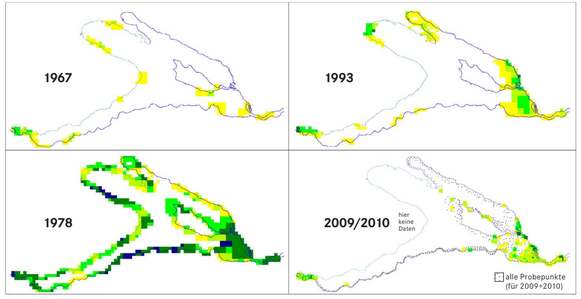
1 – sehr selten
2 – selten
3 – mehrfach
4 – häufig
5 – massenhaft

Beilage 1



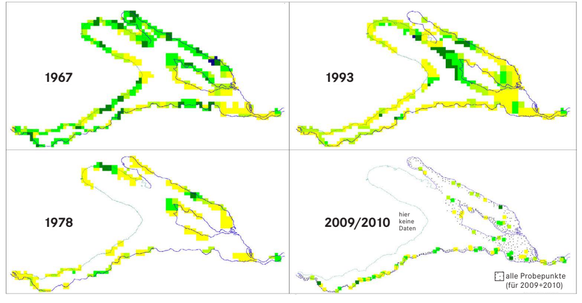
Potamogeton lucens –
Spiegelndes Laichkraut

- 1 – sehr selten
- 2 – selten
- 3 – mehrfach
- 4 – häufig
- 5 – massenhaft



Zannichellia palustris –
Teichfaden

- 1 – sehr selten
- 2 – selten
- 3 – mehrfach
- 4 – häufig
- 5 – massenhaft

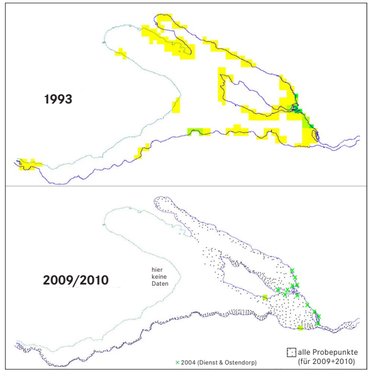


Potamogeton perfoliatus –
Durchwachsenes Laichkraut

- 1 – sehr selten
- 2 – selten
- 3 – mehrfach
- 4 – häufig
- 5 – massenhaft

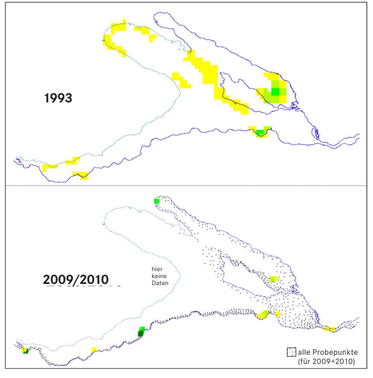
Beilage 1 zu «Wasserpflanzen des Unterseeas: Verbreitung von neun ausgewählten Wasserpflanzen-Arten im Untersee in den Jahren 1967, 1978, 1993 und 2009/2010. Quelle: Schmieder 1998b und eigene Daten.

Beilage 2



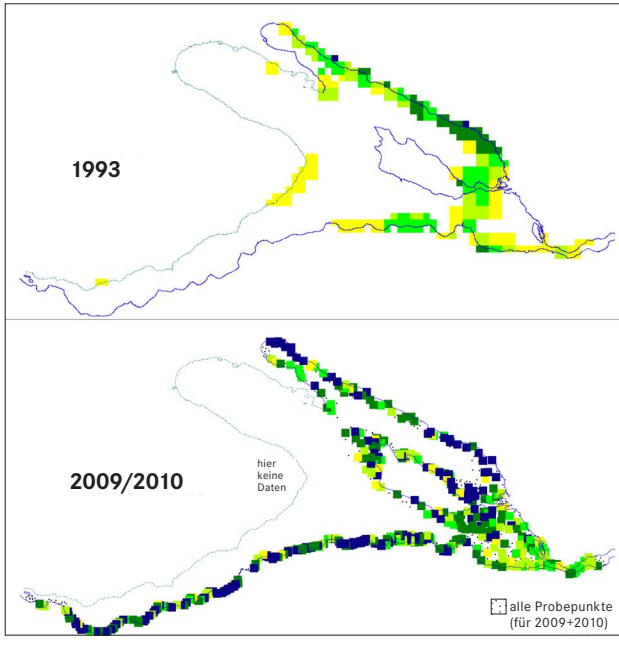
Alisma gramineum –
Gras-Froschlöffel

- 1 – sehr selten
- 2 – selten
- 3 – mehrfach
- 4 – häufig
- 5 – massenhaft



Elodea nuttallii –
Nuttalls Wasserpest

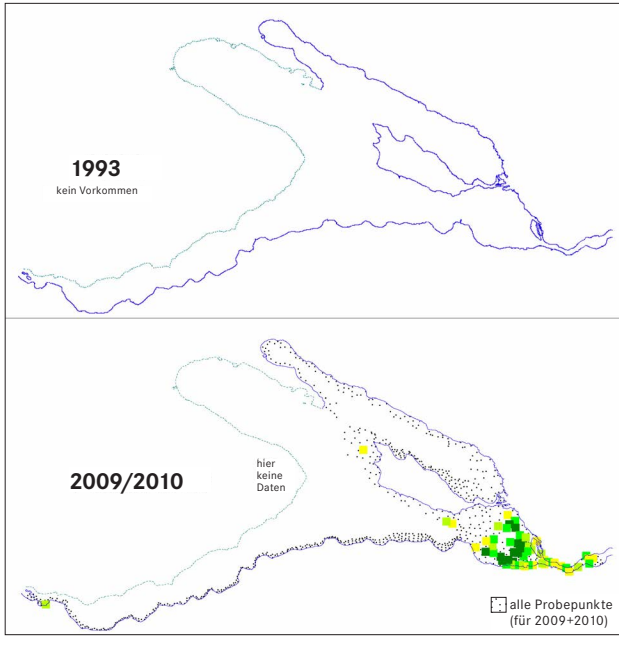
- 1 – sehr selten
- 2 – selten
- 3 – mehrfach
- 4 – häufig
- 5 – massenhaft



Chara aspera –
Raue Armleuchteralge

- 1 – sehr selten
- 2 – selten
- 3 – mehrfach
- 4 – häufig
- 5 – massenhaft

N 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 km



Tolypella glomerata –
Knäuel-Armleuchteralge

- 1 – sehr selten
- 2 – selten
- 3 – mehrfach
- 4 – häufig
- 5 – massenhaft

N 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 km

Beilage 2 zu «Wasserpflanzen des Unterseees»: Verbreitung von vier ausgewählten Wasserpflanzen-Arten im Untersee in den Jahren 1993 und 2009/2010. Quelle: Schmieder 1998b und eigene Daten.

Adressen der Autoren:

Michael Dienst
Arbeitsgruppe Bodenseeufer (AGBU)
Heroséstr. 18
D-78467 Konstanz
michael.dienst@bodensee-ufer.de

Irene Strang
Arbeitsgruppe Bodenseeufer (AGBU)
Eschenweg 17
D-78479 Reichenau
irene.strang@bodensee-ufer.de

Prof. Dr. Klaus Schmieder
Institut für Landschafts- und Pflanzenökologie
Universität Hohenheim
D-70593 Stuttgart
klaus.schmieder@uni-hohenheim.de