

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



Oktober 2010

Auftraggeber:

Amt für Umwelt des Kantons Thurgau, Frauenfeld

Bearbeiter:

Dipl.-Biologe Michael Dienst & Dipl.-Biologin Irene Strang,
Arbeitsgruppe Bodenseeufer (AGBU), Konstanz (www.bodensee-ufer.de)

Thurgau 


AGBU

Inhaltsverzeichnis

1	Zusammenfassung.....	7
2	Anlass – Zielsetzung.....	8
3	Methode.....	9
4	Ergebnisse und Diskussion	13
4.1	Häufigkeiten	13
4.2	Verbreitung der einzelnen Arten.....	15
4.2.1	Makrophytische Grünalgen.....	17
4.2.1.1	Borsten-Grünalge – <i>Chaetophora incrassata</i>	17
4.2.1.2	Fadenalgen – <i>Cladophora spec.</i>	18
4.2.1.3	Wassernetz – <i>Hydrodictyon spec.</i>	20
4.2.1.4	Schraubenalge – <i>Spirogyra spec.</i>	21
4.2.2	Armleuchteralgen – Characeen	22
4.2.2.1	Raue Armleuchteralge – <i>Chara aspera</i>	22
4.2.2.2	Gegensätzliche-Armleuchteralge – <i>Chara contraria</i>	23
4.2.2.3	Zerbrechliche-Armleuchteralge – <i>Chara globularis</i> (= <i>Ch. fragilis</i>)	23
4.2.2.4	Hornblättrige-Armleuchteralge – <i>Chara tomentosa</i> (= <i>Ch. ceratophylla</i>).....	26
4.2.2.5	Dunkle Glanzleuchteralge – <i>Nitella opaca</i>	28
4.2.2.6	Verwachsenfrüchtige Glanzleuchteralge – <i>Nitella cf. syncarpa</i>	29
4.2.2.7	Stern-Armleuchteralge – <i>Nitellopsis obtusa</i>	29
4.2.2.8	Knäuel-Armleuchteralge – <i>Tolypella glomerata</i>	31
4.2.3	Blütenpflanzen – Angiospermae	32
4.2.3.1	Gras-Froschlöffel – <i>Alisma gramineum</i>	32
4.2.3.2	Raues Hornkraut – <i>Ceratophyllum demersum</i>	33
4.2.3.3	Kanadische Wasserpest – <i>Elodea canadensis</i>	33
4.2.3.4	Nuttalls Wasserpest – <i>Elodea nuttallii</i>	33
4.2.3.5	Fischkraut – <i>Groenlandia densa</i> (= <i>Potamogeton densus</i>).....	37
4.2.3.6	Ähriges Tausendblatt – <i>Myriophyllum spicatum</i>	37
4.2.3.7	Mittleres Nixenkraut – <i>Najas marina</i> subsp. <i>intermedia</i>	37
4.2.3.8	Spitzblättriges Laichkraut – <i>Potamogeton friesii</i> (= <i>P. mucronatus</i>)	41
4.2.3.9	Schweizer Laichkraut – <i>Potamogeton helveticus</i>	41
4.2.3.10	Spiegelndes Laichkraut – <i>Potamogeton lucens</i>	42
4.2.3.11	Kamm-Laichkraut – <i>Potamogeton pectinatus</i>	46
4.2.3.12	Durchwachsenes Laichkraut – <i>Potamogeton perfoliatus</i>	46
4.2.3.13	Kleines Laichkraut – <i>Potamogeton pusillus</i> (= <i>P. panormitanus</i>)	46
4.2.3.14	Haarblättriges Laichkraut – <i>Potamogeton trichoides</i>	50
4.2.3.15	Spreizender Hahnenfuss – <i>Ranunculus circinatus</i>	50

4.2.3.16	Haarblättriger Hahnenfuss – <i>Ranunculus trichophyllus</i>	52
4.2.3.17	Teichfaden – <i>Zannichellia palustris</i>	52
4.3	Tiefenverteilung	55
4.4	Makrophytenindex – Trophiestufen	58
4.4.1	Makrophytenindex (MPI) in Abhängigkeit von der Uferbewertung	60
4.4.2	Trophiestufe in Abhängigkeit von Wassertiefe	62
4.5	Deckungsgrad und Uferbewertung	63
4.6	Rote Liste	65
4.6.1	Armluchteralgen	65
4.6.2	Blütenpflanzen	65
4.7	Besonders belastete Uferabschnitte	66
5	Schlussfolgerung	68
6	Literatur und Quellen	69
Anhang: A. Karte der Trophiestufen (2010)		
B. 2 Karten der mit Nährstoffen besonders belasteten Gebiete		

Abbildungsverzeichnis (siehe zusätzlich Verbreitungskarten in Kap. 4.2)

Abb. 1	Pegelverlauf 2010 (rot) sowie maximale und minimale Werte für den Zeitraum 1886–2009 am Pegel Berlingen; Quelle: Abt. Hydrologie, BAFU. MMW = Mittlere Mittelwasserlinie.	9
Abb. 2	Anzahl der 422 Probenahmepunkte nach Höhenstufen à 50 cm. Fünf weitere Entnahmepunkte lagen tiefer als 14 m und wiesen keine Vegetation auf.	10
Abb. 3	Probepunkte sortiert nach Tiefenlage. Tiefenwerte unterhalb der Mittleren Mittelwasserlinie des Bodensee-Untersees (= 395,40 m ü. M). Nicht von ungefähr entspricht die Kurve optisch etwa dem Verlauf der Uferbank. Allerdings liegt der ‚Knick‘ der Halde in natura bei ca. 6 und nicht wie hier bei 2 bis 3 m.	10
Abb. 4	Deckungswerte der Unterwasservegetation bei 40 % der Probepunkte.	11
Abb. 5	Die 16 häufigsten Makrophyten im Thurgauer Untersee (2010); Grundlage: 422 Probepunkte.	13
Abb. 6	Die 16 häufigsten Makrophyten-Arten im Untersuchungsgebiet aus 12 Transekten von HUBER & BAUER (2010).	14
Abb. 7	Höhenverteilung von vier Arten, die bevorzugt in geringen Wassertiefen wachsen.	55
Abb. 8	Höhenverteilung von <i>Chara aspera</i> und <i>Chara contraria</i> .	55
Abb. 9	Höhenverteilung von acht Arten, die bevorzugt im tieferen Zonen wachsen.	56
Abb. 10	Höhenverteilung von <i>Zannichellia palustris</i> und <i>Potamogeton trichoides</i> .	57
Abb. 11	Höhenverteilung von <i>Potamogeton pectinatus</i> und <i>P. pusillus</i> .	57
Abb. 12	Hochwüchsige Laichkräuter (gelb umrahmt) an der Haldenkante und nahe dem Schilfröhricht westlich Ermatingen; Luftbild von 2008.	57
Abb. 13	Verteilung der fünf Trophiestufen am Thurgauer Unterseeufer in den Jahren 1967, 1978, 1993 und 2010.	58
Abb. 14	Gesamt-Phosphor im Bodensee-Obersee während der Durchmischungsphase; Quelle IGKB 2006.	58

Abb. 15	Mittelwerte der Makrophyten-Indexwerte am Thurgauer Unterseeufer in den Jahren 1967, 1978, 1993 (nach SCHMIEDER 1998 aus 250m-Rastern) und 2010 (422 Probepunkte) mit Standardabweichungen.	58
Abb. 16	Karten der Trophiestufen am Thurgauer Unterseeufer in den Jahren 1967, 1978, 1993 [nach SCHMIEDER 1998, Durchschnittswerte in (ca. 190) 250m-Rastern] und 2010 (422 Probepunkte).	59
Abb. 17	Makrophytenindizes der 422 Probepunkte in Abhängigkeit von der Uferbewertung der IGKB (2006) – siehe auch Fussnote 8.	60
Abb. 18	Makrophytenindex und Uferbewertung an den Beispielen Berlingen (oben) und Steckborn/Feldbach (unten). Bei Berlingen gibt es einen geringen Wasseraustausch, da sich der Bootssteg in einem Uferwinkel befindet. Es sammelt sich nährstoffreicher Schlamm an; deshalb ist die Trophiestufe erheblich. – Bei Ermatingen scheint es trotz grosser Steganlage eine halbwegs günstige Wasserzirkulation zu geben, obwohl das Ufer als naturfremd bewertet ist: Trophiestufe mässig. Besser noch sind die Bedingungen im östlich gelegenen Bojenfeld: Trophiestufe gut bis sehr gut. Allerdings fehlt hier durch Schwojkreise an vielen Stellen die Makrophytenvegetation.	61
Abb. 19	Abhängigkeit des Makrophytenindex (MPI) von der Wassertiefe; Zuordnung der häufigsten Wasserpflanzen zu den Punktegruppen (manuell).	62
Abb. 20	Korrelation von Trophiestufe und Wassertiefe bei 422 Probepunkten (Mittelwerte u. Standardabweichungen).	62
Abb. 21	Mittelwerte von Deckungsgrad und den berechneten Makrophytenindizes bei den vier verschiedenen Uferbewertungen (vgl. Text zu Tab. 4).	63
Abb. 22	Abhängigkeit der Deckungsgrade vom Makrophytenindex an 170 Probestellen mit linearer Trendlinie (vgl. Fussnote auf letzter Seite).	64
Abb. 23	Trophiestufen von 422 Probepunkten (2010); Nummern vgl. Tab. 5.	67
Abb. 24	Beispiel eines belasteten Uferbereichs im Gebiet Ermatingen „Wösterfeld“.	67

Tabellenverzeichnis

Tab. 1	Im Text verwendete Verweise auf frühere Makrophyten-Erhebungen am Ober-und Unterseeufer (chronologisch).	8
Tab. 2	Die 16 häufigsten Makrophyten im Thurgauer Untersee (2010). Grundlage: 422 Probepunkte.	13
Tab. 3	Liste der in den letzten 100 Jahren für den Bodensee aufgeführten submersen Makrophyten (ohne Moose) mit Angaben zur Gefährdung und Makrophytenindex. Grün hinterlegt: im Juli/August 2010 erfasste Arten.	16
Tab. 4	Mittelwerte von Deckungsgrad, Wassertiefe (unter MMW) und den berechneten Makrophytenindizes bei den vier verschiedenen Uferbewertungen (nach IGKB 2006). Dies betrifft nur 172 Probenahmen, bei denen die Sichttiefe eine Einschätzung der Vegetationsdeckung zuließ. Die Uferbewertung „naturfremd“ war nicht betroffen.	63
Tab. 5	Mit Nährstoffen belastete Uferbereiche (vgl. Nummern in Abb. 23).	66

Fotoverzeichnis

Foto 1	Verwendete Krauthaken. Das linke Modell ist bei kiesigem Substrat besser geeignet als das rechte Modell, das bei der bodenseeweiten Kartierung 1993 hauptsächlich eingesetzt wurde.	10
Foto 2	Das Mittlere Nixenkraut (<i>Najas marina</i> subsp. <i>intermedia</i>) ist eine wärmeliebende Art. Sie entwickelte sich 2010 relativ spät und ist deshalb in den Erhebungen unterrepräsentiert. Erst vor ca. 20 Jahren hat es sich vom wärmeren Untersee an den Obersee ausgebreitet. Grund hierfür ist wahrscheinlich die Tatsache, dass das Wasser dort durch den Klimawandel wärmer geworden ist. Links: 15.06.2006, rechts: 30.06.2009.	14
Foto 3	Die Borsten-Grünalge wächst auf einem Stein; Litzelstetten (Überlinger See) am 20.07.2010.	17
Foto 4	Das Wassernetz trägt seinen Namen nicht von ungefähr; Steckborn, 26.07.2010.	20
Foto 5	<i>Chara aspera</i> mit Antheridien, rechts: mit aufgeplatzte Schildzellen; 26.07.2010.	23
Foto 6	<i>Chara globularis</i> wächst bevorzugt an der Halde, kann aber auch in Häfen oder Steganlagen grosse Bestände aufweisen, so wie bei Ermatingen (rechts); 12.09.2009.	25
Foto 7	<i>Chara tomentosa</i> ist eine besonders auffällige Armleuchteralge. Dichte Bestände kann man unter Wasser an der rotbraunen Färbung erkennen. Berlingen, 20.07.2010.	26
Foto 8	<i>Nitella opaca</i> am 09.07.2009 im Markelfinger Winkel. Die obersten Quirle der Sprossenden sind auffällig seitlich „gekämmt“	28
Foto 9	<i>Tolypella glomerata</i> weist an den Sprossenden charakteristische Knäuel auf; deswegen der deutsche Name Knäuel-Armleuchteralge.	31
Foto 10	<i>Elodea nuttallii</i> ; 16.07.2008.	33
Foto 11	Die kräftigen Sprosse des Schweizer Laichkrauts sind wintergrün und in den strömungsreichen Bereichen an der Rheinrinne bei Gottlieben bis Ermatingen und bei Eschenz zu finden. 06.07.2010.	41
Foto 12	Das Spiegelnde Laichkraut tritt nur an wenigen Stellen auf – dann aber oft in grossen Beständen; hier bei Ermatingen am 13.07.2010.	42
Foto 13	Der strömungsreiche Bereich bei Eschenz und den Werd-Inseln ist typisch für z. B. Fischkraut (<i>Groenlandia densa</i>), Schweizer Laichkraut (<i>Potamogeton helveticus</i>) Haarblättriger Hahnenfuss (<i>Ranunculus trichophyllus</i>) und auch Teichfaden (<i>Zannichellia palustris</i>); Nov. 2007. BAUMANN (1928) berichtet von einer beeindruckenden Bootsfahrt im August 1928, bei er in diesem Bereich besonders dichte Wasserpflanzenbestände vorfand, in denen zusätzlich vorkamen: Tannenwedel (<i>Hippuris vulgaris</i>), Gras-Laichkraut (<i>Potamogeton gramineus</i>), Glänzendes Laichkraut (<i>P. lucens</i>), Durchwachsenes Laichkraut (<i>P. perfoliatus</i>), deren Bastarde <i>P. x angustifolius</i> und <i>P. x nitens</i> sowie Kleines Laichkraut (<i>P. pusillus</i>), Krauses Laichkraut (<i>P. crispus</i>) und sogar Faden-Laichkraut (<i>P. filiformis</i>). Es kann also auch bei oligotrophem Wasser eine üppige Vegetation entstehen. BAUMANN führt dies auf den niederen Wasserstand und besonders warmes Wasser zurück.	52

Danksagung: Wir danken dem Amt für Umwelt des Kantons Thurgau für die Finanzierung des Projekts und besonders Heinz Ehmann für die vertrauensvolle Zusammenarbeit. Martin Huber und Fritz Bauer (Wasserwirtschaftsamt Kempten) danken wir für die Angabe von aktuellen Funden aus ihren WRR-L-Transekt-Erhebungen (2006–2009). Klaus Schmieder (Universität Hohenheim) hat uns freundlicherweise die Daten seiner Auswertungen aus den 1990er Jahren zur Verfügung gestellt.

Alle Fotos von M. Dienst u. I. Strang

Fotos auf Titelseite v. l.: *Ceratophyllum demersum*, *Tolypella glomerata*, *Potamogeton lucens*

1 Zusammenfassung

Zwischen dem 5. Juli und 4. August 2010 wurden am 28 km langen Thurgauer Unterseeufer 422 Pflanzenproben der Unterwasservegetation mit Krauthaken entnommen. Durch die Verwendung der Kartiermethode nach SCHMIEDER (1998) war es möglich, die Erhebungen von 2010 mit denen von 1993 sowie 1978 und 1967 flächig zu vergleichen. Alle 29 aufgenommenen Arten werden in Verbreitungskarten dargestellt. Mit Hilfe der Makrophytenindizes (MPI) wird der trophische Zustand der Flachwasserzone ermittelt. Die Vorkommen der einzelnen Arten bzw. die Trophiestufen der Proben werden mit den Tiefenangaben sowie den Uferbewertungen der IGKB (2006) verglichen.

Es zeigt sich, dass die Reoligotrophierung des Bodenseewassers relativ zeitnah eine starke Änderung in der Zusammensetzung der Wasservegetation mit sich gebracht hat. Nährstoffliebende Wasserpflanzen wie die Laichkrautarten und auch Fadenalgen haben wieder abgenommen, nährstoffmeidende Arten deutlich zugenommen. Die Armelechteralgen prägen aktuell die Struktur der Unterwasserflora. *Chara aspera*, die um 1990 am Bodensee erloschen war, ist jetzt neben *Chara contraria* die häufigste Art. Andere, auch seltene Armelechteralgen sind gegenwärtig am Untersee in der Ausbreitung begriffen. Dies gilt besonders für *Chara tomentosa* und *Tolypella glomerata*, kleinflächig auch für *Nitella opaca*. Viele nährstoffliebenden 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.

Beim Vergleich von Trophiestufe und Uferbewertung (Kap. 4.4) zeigt sich, dass die Probepunkte, die vor „natürlichen“ Uferabschnitten liegen, leicht höhere MPI-Werte aufweisen. Vor naturfernen Uferabschnitten sind die MPI-Werte geringer. Die naturnahen und beeinträchtigten Abschnitte nehmen eine Zwischenstellung ein. Das Ergebnis scheint widersprüchlich zu sein. Jedoch sind naturnahe Ufer in der Regel flacher als verbaute Ufer, und dort reichern sich eher nährstoffreiche Feinsedimente an als an den naturfernen und meist steileren Uferabschnitten.

Die Vegetationsdeckung ist bei naturfernen Uferabschnitten höher als bei naturnahen bzw. natürlichen Abschnitten, da dort die Trophiegrade geringer sind und sich dadurch zwar niedrigwüchsige, aber flächendeckende Armelechteralgrasen (oft *Chara aspera*) entwickeln können (Kap. 4.5).

Es werden 15 Uferabschnitte aufgeführt (Kap. 4.7), an denen auffällig höhere Trophiestufen berechnet wurden und wo Fadenalgen, Laichkräuter und Teichfaden sowie eine der beiden Wasserpest-Arten gehäuft auftreten. Dies sind teils Mündungsbereiche von Bächen mit mehr oder weniger natürlichen Nährstoffzufuhren, aber auch Häfen und Steganlagen mit wenig Wasseraustausch oder sonstige Uferbereiche mit unbekanntem Nährstoffquellen. Neun dieser 15 Uferabschnitte bedürfen nach unserer Einschätzung einer genaueren Analyse.

2 Anlass – Zielsetzung

Am Ende des 19. Jahrhunderts wurde zum ersten Mal die Verbreitung der Wasserpflanzen des Bodensees umfassend aufgezeichnet (SCHRÖTER & KIRCHNER 1902). Um die Jahrhundertwende geschah dies sehr ausführlich für den Untersee durch BAUMANN (1911). Seeumfassende Kartierungen wurden später von Lang (1973 u. 1981) und Schmieder (1998) veröffentlicht (s. Tab. 1).

Am Schweizer Ufer wurde die Unterwasservegetation seit 17 Jahren nicht mehr flächendeckend erfasst. In der Zwischenzeit haben sich gleichzeitig die Rahmenbedingungen stark geändert; vor allem die Wasserqualität hat sich deutlich gebessert (Reoligotrophierung). Verschiedene punktuelle Erhebungen in der Flachwasserzone des Bodensees, die im Rahmen der Wasserrahmenrichtlinie und von FFH-Managementplänen (s. Tab. 1) durchgeführt wurden, haben bereits gezeigt, dass es grosse Verschiebungen in der Artenzusammensetzung gibt. Daher war es an der Zeit, auch am Schweizer Ufer die submersen Makrophyten wieder flächendeckend zu erheben. Dies wurde nun im Sommer 2010 für den Untersee realisiert. Die Daten werden darüber hinaus für das laufende Projekt zur 100 Jahre alten Publikation „Vegetation des Untersees“ (BAUMANN 1911) verwendet.

Als Ziel wurde angestrebt, die Daten mit ähnlichen flächendeckenden Kartierungen aus den Jahren 1967, 1978 (LANG 1973 u. 1981) sowie 1993 (SCHMIEDER 1998) zu vergleichen. Ferner sollte geprüft werden, wie weit die durch die Vegetation angezeigte Trophiestufe mit dem Grad des Uferverbaus korreliert.

Tab. 1 Im Text verwendete Verweise auf frühere Makrophyten-Erhebungen am Ober-und Unterseeufer (chronologisch).

Literaturzitat	Untersuchungszeitraum / -gebiet
SCHRÖTER & KIRCHNER 1902	vor 1902 / Obersee
BAUMANN 1911	wohl meist 1908 (und früher) / Untersee
LANG 1973	1967 / Bodensee
LANG 1981	1978 / Bodensee
DIENST 1993	1993 / Bodensee (Zuflüsse, Häfen, Röhrichte)
SCHMIEDER 1998	1993 / Bodensee
DIENST & STRANG 2009	2009 / FFH-Gebiet „Bodanrück“ inkl. Nordufer des Untersees von Markelfingen bis Konstanz inkl. Reichenau
HUBER & BAUER 2010	2006–2009 / Bodensee, für Wasserrahmenrichtlinie (Transektmethode)

3 Methode

Das **Bearbeitungsgebiet** erstreckt sich von der Grenze zum Kanton Schaffhausen bei den Werd-Inseln bis zur Landesgrenze im Osten (= Westgrenze der Stadt Konstanz). Bei der Uferbewertung (IGKB 2006) sind dies 560 Abschnitte à 50 m, also exakt 28 km. Als einzige Insel am Thurgau Ufer hat die grosse Werd-Insel¹ zusätzlich eine Länge von 487 m. Im Bereich Werd-Insel/Eschenzer Horn, im Ermatinger Becken und im Seerhein nahe Konstanz reicht die Unterwasservegetation bis über die Staatsgrenze. Als Begrenzung wurde dann die Staatsgrenze aus den Topograpischen Karten verwendet, da eine Grenzlinie in digitaler Form zu Zeit nicht vorliegt².

Die Kartierung wurde nach der **Methodik** von SCHMIEDER 1998 durchgeführt. Er hatte 1993 die submersen Makrophyten des ganzen Bodensees in Transekten von 50 m Abständen kartiert. Aus Kostengründen wurden bei der aktuellen Kartierung Transekte im Abstand von 150 bis 200 m angelegt.³ Je nach Breite der Uferbank wurden pro Transekt zwei bis sieben Probepunkte genommen. Bei sehr schmalen Ufern wurde nicht streng nach Transekten gefahren, sondern die Entnahmestellen zickzackförmig angesteuert; hierbei wurde möglichst ein Punkt nahe der Halde, einer nahe dem Ufer und zwei im mittleren Bereich gewählt. Die Kartierung wurde zum Optimum der Makrophytenentwicklung durchgeführt, zwischen dem 5. Juli und 4. August 2010. Die Wasserstände waren für ein Befahren mit dem Motorboot sehr günstig. Der Pegel betrug bei den acht Befahrungen (05.07., 06.07., 13.07. 19.07., 20.07., 26.07., 27.07., 04.08.) zwischen 30 und 70 cm über der Mittelwasserlinie.

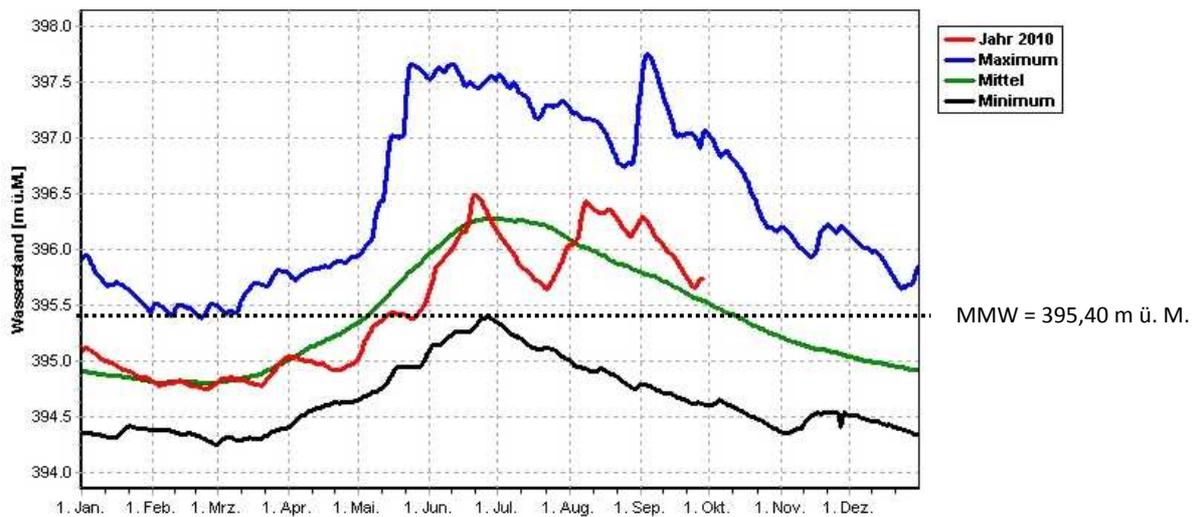


Abb. 1 Pegelverlauf 2010 (rot) sowie maximale und minimale Werte für den Zeitraum 1886–2009 am Pegel Berlingen; Quelle: Abt. Hydrologie, BAFU. MMW = Mittlere Mittelwasserlinie.

¹ Die beiden kleinen Werd-Inseln gehören zum Kanton Schaffhausen.

² Die Staatsgrenze ist nach Auskunft des Amtes für Geoinformation Thurgau wegen Änderung des Uferverlaufs bei Eschenz in Bearbeitung und muss noch durch einen Staatsvertrag bestätigt werden.

³ Diese Methode wurde in den Vorjahren von den Autoren bereits mehrfach am Bodensee durchgeführt: u. a. im Rahmen von Managementplänen für FFH-Gebiete zwischen Hagnau und Friedrichshafen (2008) sowie am Ufer des Bodanrücks (2009).

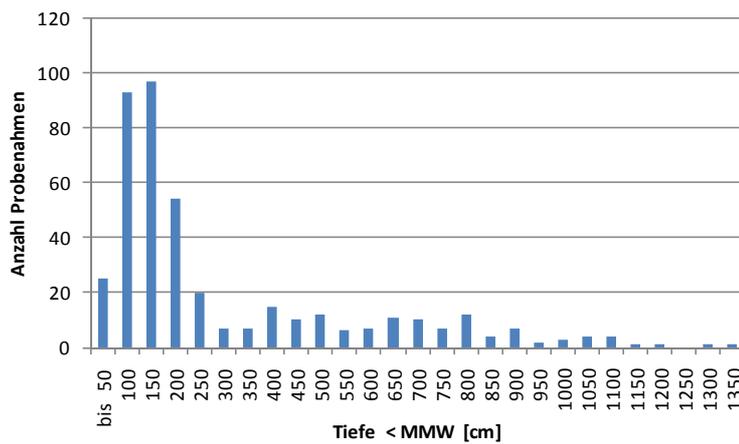


Abb. 2 Anzahl der 422 Probenahmepunkte nach Höhenstufen à 50 cm. Fünf weitere Entnahmepunkte lagen tiefer als 14 m und wiesen keine Vegetation auf.

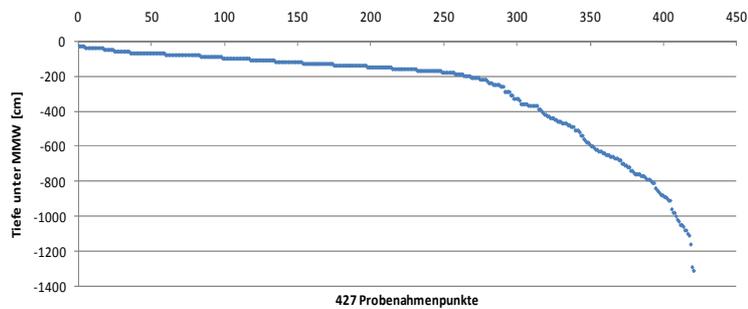


Abb. 3 Probepunkte sortiert nach Tiefenlage. Tiefenwerte unterhalb der Mittleren Mittelwasserlinie des Bodensee-Untersees (= 395,40 m ü. M). Nicht von ungefähr entspricht die Kurve optisch etwa dem Verlauf der Uferbank. Allerdings liegt der ‚Knick‘ der Halde in natura bei ca. 6 und nicht wie hier bei 2 bis 3 m.



Foto 1 Verwendete Krauthaken. Das linke Modell ist bei kiesigem Substrat besser geeignet als das rechte Modell, das bei der bodenseeweiten Kartierung 1993 hauptsächlich eingesetzt wurde.

Bei jedem Probepunkt wurden zwei verschiedene Krauthaken (siehe Foto 1) drei bis viermal ins Wasser geworfen, am Grund entlang gezogen, die Pflanzen bestimmt und folgenden fünf Grössenklassen zugeordnet:

- 1 = sehr selten
- 2 = selten
- 3 = mehrfach / verbreitet
- 4 = häufig
- 5 = massenhaft

Bei jedem Probepunkt wurde die Wassertiefe mit einem Lot gemessen und die Lage mit einem GPS-Gerät (GARMIN IIIplus) festgehalten. Die Anzahl der Probepunkte beträgt 427, davon lagen 5 Punkte über 14 m tief. 23 Punkte waren vegetationsfrei. Die Deckung konnte je nach Sichttiefe nur bis maximal 2,5 m Tiefe geschätzt werden. Dies war bei 40 % aller Probepunkte der Fall. Ein zeitweise eingesetzter Sichttrichter erbrachte wegen der Wassertrübung keine entscheidende Besserung. Daher konnten die Deckungswerte nur bedingt ausgewertet werden.

Abb. 4 zeigt eine positive lineare Regression der Vegetationsdeckung zur Wassertiefe. Erklärung: In unmittelbarer Ufernähe ist die Pflanzendecke durch Wasserstandschwankungen, Vogelfrass, Frost (bei Niedrigwasser) oder andere Faktoren (Nutzungsschäden, besonderes Substrat [Steine, Schlamm]) oft dezimiert.

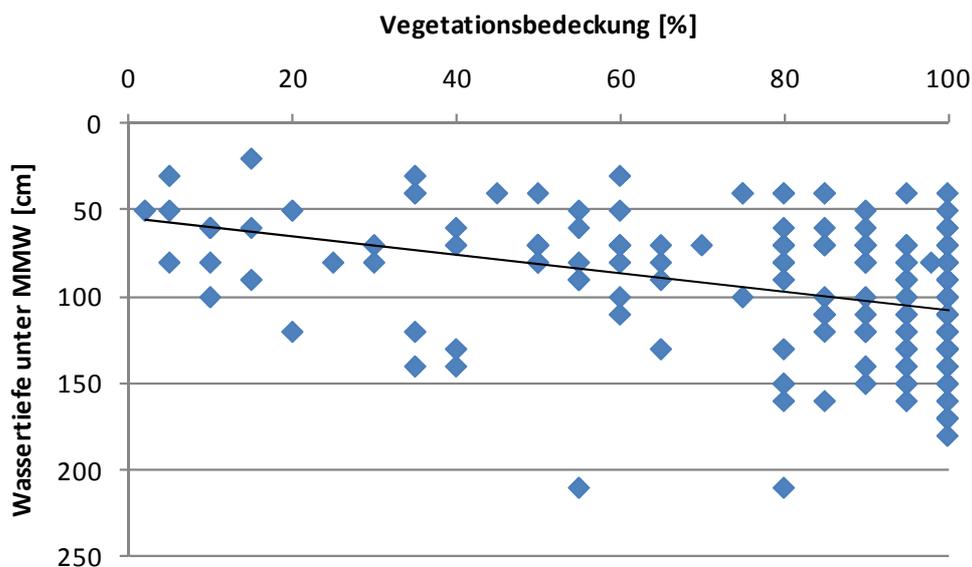


Abb. 4 Deckungswerte der Unterwasservegetation bei 40 % der Probepunkte.

Bei der Auswertung wurde für jede Untersuchungsfläche der mittlere Makrophytenindex (MPI) nach MELZER (1988) berechnet. Der MPI gibt Auskunft über die Nährstoffbelastung (Trophiegrad) des untersuchten Gewässerabschnitts (vgl. Tab. 3, letzte Spalte).

Der Makrophytenindex MPI wird nach folgender Formel berechnet:

$$\text{MPI} = \frac{(\text{IA} \cdot \text{QuA}) + (\text{IB} \cdot \text{QuB}) + \dots + (\text{IZ} \cdot \text{QuZ})}{\text{QuA} + \text{QuB} + \dots + \text{QuZ}}$$

A, B ... Z = verschiedenen Arten | I = Wert für die Indikatorgruppe | Qu = Quantitätsstufe [Qu = Pm³]; für die Pflanzenmengen (Pm = 1–5) werden gewissermassen die Volumina berechnet.

Es ist auffallend, dass manche Arten, die gewöhnlich eine hohe Trophie anzeigen, gerne in strömungsreichen Gebieten vorkommen, wo man sie vom Substrat her nicht erwarten würde. Dies gilt ganz besonders für den Teichfaden (*Zannichellia palustris*). SCHMIEDER (mündl.) begründet das damit, dass bei stärkeren Fliessgeschwindigkeiten die Nährstoffe besser zur Verfügung stehen.

Die ermittelten Durchschnittswerte des MPI wurden wie folgt einer Trophiestufe (Indexwert) zugeordnet (MELZER 1988):

1,0 – 1,99	sehr gering
2,0 – 2,49	gering
2,5 – 2,99	mässig
3,0 – 3,49	erheblich
3,5 – 3,99	hoch
4,0 – 5,0	sehr hoch

Für die Kartendarstellung von Makrophytenindex und Vorkommen der einzelnen Pflanzenarten wurden die mit GPS gemessenen Punkte derart lagekorrigiert, dass möglichst alle Einzelpunkte in der Übersicht gut sichtbar sind. Selbstverständlich sind die Originalkoordinaten für spätere Vergleichserhebung noch vorhanden.

Die Vergleichsdaten aus den Jahren 1967, 1978 und 1993 stammen aus den digitalen Daten BUGIS (SCHMIEDER 1997). Da dort immer die gewichteten Mittelwerte aus einem 250x250m-Raster einer flächenhaften Darstellung entnommen wurden, sind diese Daten mit denen von 2010, die aus Original-Einzelwerten bestehen, nicht eins zu eins vergleichbar. Da die Unterschiede bei den Häufigkeitsangaben aber gross sind, sind die Entwicklungstendenzen deutlich ablesbar.

4 Ergebnisse und Diskussion

4.1 Häufigkeiten

Tab. 2 und Abb. 5 zeigen die 16 aktuell häufigsten Makrophyten im Thurgauer Untersee. Die Armleuchternehenen dabei eine Spitzenposition ein. Auch Eutrophierungszeiger sind noch zahlreich vorhanden.

Tab. 2 Die 16 häufigsten Makrophyten im Thurgauer Untersee (2010). Grundlage: 422 Probepunkte.

Art	Frequenz (%)	mittlere Grössenklasse (Bezug: alle Probepunkte)
<i>Chara contraria</i>	60,0	1,750
<i>Chara aspera</i>	57,3	2,200
<i>Potamogeton pectinatus</i>	45,5	1,021
<i>Chara globularis</i>	39,8	1,050
<i>Zannichellia palustris</i>	17,5	0,355
<i>Potamogeton perfoliatus</i>	13,5	0,263
<i>Nittellopsis obtusa</i>	10,4	0,206
<i>Potamogeton pusillus</i>	10,0	0,145
<i>Chara tomentosa</i>	9,2	0,232
<i>Tolypella glomerata</i>	6,2	0,159
<i>Potamogeton trichoides</i>	5,9	0,078
<i>Potamogeton frisii</i>	5,5	0,085
<i>Potamogeton helveticus</i>	4,5	0,13
<i>Elodea nuttallii</i>	3,3	0,069
<i>Najas marina</i> subsp. <i>intermedia</i>	3,3	0,05
<i>Elodea canadensis</i>	2,8	0,05

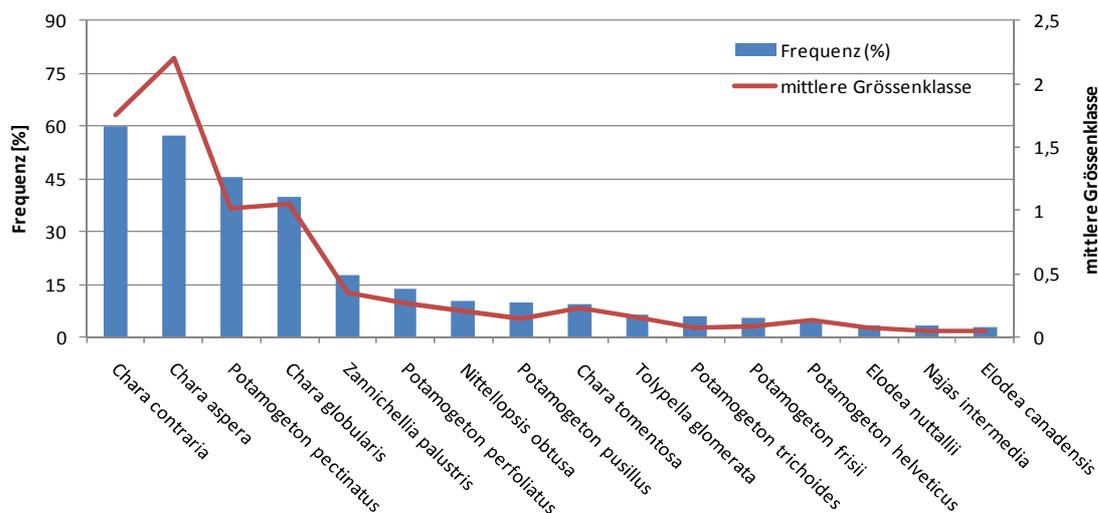


Abb. 5 Die 16 häufigsten Makrophyten im Thurgauer Untersee (2010); Grundlage: 422 Probepunkte.

Vergleicht man diese Häufigkeitsangaben mit den Erhebungen von HUBER & BAUER (2010) aus den Jahren 2006 bis 2009 (12 Transekte) im selben Uferabschnitt (Abb. 6), so sind – auch wenn die Werte

nicht direkt vergleichbar sind – folgende Unterschiede besonders auffallend. Bei unserer Erhebung sind *Chara tomentosa* und *Zannichellia palustris* wesentlich häufiger.. *Potamogeton trichoides* und *Tolypella glomerata* kamen in den Transekten von HUBER & BAUER (2010) überhaupt nicht vor. Dass dort *Najas marina* subsp. *intermedia* deutlich häufiger war, liegt wohl daran, dass später im Jahr kartiert wurde. Das Mittlere Nixenkraut ist eine wärmeliebende Art, die sich erst im Laufe des Sommers richtig entwickelt. Die noch jungen Pflanzen werden im Juli mit den Krauthaken nicht gut erfasst. Als Besonderheit haben HUBER & BAUER (2010) das Gras-Laichkraut (*Potamogeton gramineus*) östlich Mammern im Kontakt zu einem Strandrasen nachgewiesen.

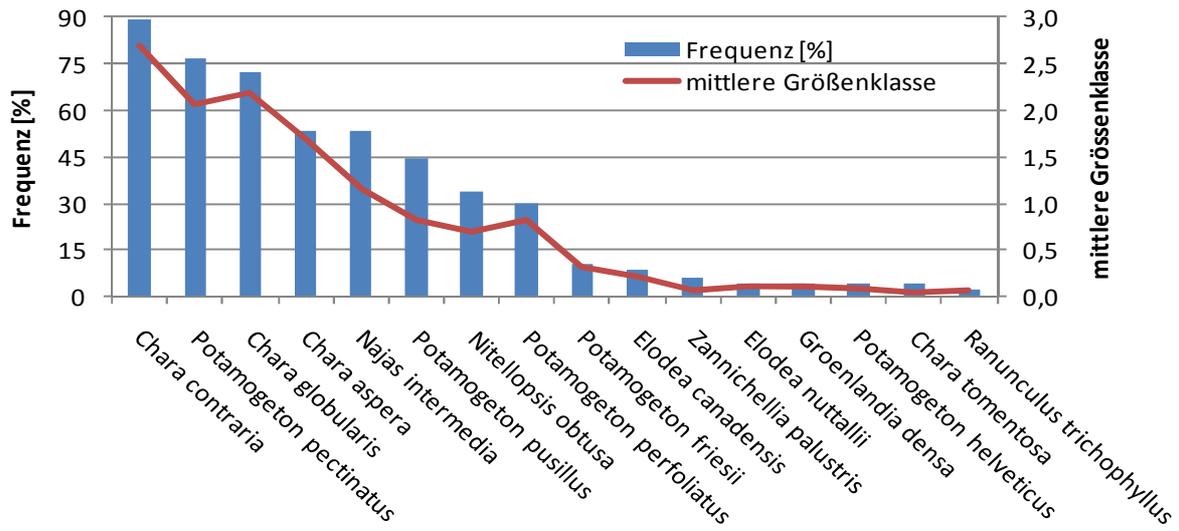


Abb. 6 Die 16 häufigsten Makrophyten-Arten im Untersuchungsgebiet aus 12 Transekten von HUBER & BAUER (2010).



Foto 2 Das Mittlere Nixenkraut (*Najas marina* subsp. *intermedia*) ist eine wärmeliebende Art. Sie entwickelte sich 2010 relativ spät und ist deshalb in den Erhebungen unterrepräsentiert. Erst vor ca. 20 Jahren hat es sich vom wärmeren Untersee an den Obersee ausgebreitet. Grund hierfür ist wahrscheinlich die Tatsache, dass das Wasser dort durch den Klimawandel wärmer geworden ist. Links: 15.06.2006, rechts: 30.06.2009.

4.2 Verbreitung der einzelnen Arten

Auf den folgenden Seiten werden die Verbreitungskarten aller erfassten Arten dargestellt. Die Karten für die Jahre 1967, 1978 und 1993 stammen aus dem Datensatz von SCHMIEDER (1998). Es werden dort die gewichteten Mittelwerte der 250m-Raster dargestellt – ausgehend von einer flächenhaften Kartierung. Die einzelnen Häufigkeitsstufen wurden für die SCHMIEDER-Daten wie folgt festgelegt:

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).

Bei einigen *Chara*-Arten gibt es für 1967 und 1978 keine Vergleichsdaten, da nur die auffälligsten *Chara*-Arten kartiert wurden.

Die Nomenklatur richtet sich nach KRAUSE 1997 für die Armelechternalgen bzw. BUWAL (2002) für die Blütenpflanzen.

Folgende Arten, die bei SCHMIEDER (1998) für die Jahre 1967, 1978 oder 1993 für das Bearbeitungsgebiet angegeben sind, wurden 2010 nicht gefunden:

1. Schlauchalge – *Enteromorpha spec.*: kommt meist an eutrophen Zuflüssen vor (s. SCHMIEDER (1998), DIENST & STRANG (2008 u. 2009). Bei SCHMIEDER (1998) ist ein kleines Vorkommen im Seerhein angegeben.
2. Krauses Laichkraut – *Potamogeton crispus*: kommt nur selten am Bodenseeufer vor. Nach LANG (1973) und LANG (1981) kleine Vorkommen bei Ermatingen und Eschenz. Bei SCHMIEDER (1998) keine Vorkommen am Thurgauer Unterseeufer.
3. Gras-Laichkraut – *Potamogeton gramineus*: 1967 noch mehrere Vorkommen im Bearbeitungsgebiet. Bei SCHMIEDER (1998) kein Fund in der Flachwasserzone, aber kleine Vorkommen an einem Strandrasen am Reichenauer Damm. 1993 an zwei Stellen zwischen Gottlieben und Triboltingen im Grosseggried (DIENST 1993). HUBER & BAUER (2010) fanden das Gras-Laichkraut im August 2008 in geringer Menge bei einem Strandrasen östlich Mammern.
4. Gelbe Teichrose – *Nuphar lutea*
5. Wasser-Knöterich – *Polygonum amphibium*
6. Flutender-Hahnenfuss – *Ranunculus fluitans*.

Folgende Arten sind bei SCHMIEDER (1998) für die Jahre 1967, 1978 oder 1993 zwar für den Bodensee insgesamt, aber nicht für das Bearbeitungsgebiet angegeben und wurden auch 2010 nicht gefunden:

1. Nackte Armelechternalge – *Chara denudata*: in SCHMIEDER (1998): mehrere Vorkommen am Untersee vereinzelt am Obersee; Artstatus ist umstritten.
2. Stachelspitzige Armelechternalge – *Nitella mucronata*: in SCHMIEDER (1998): in drei Häfen des Obersees, bei LANG (1973) und LANG (1981) keine Angaben.
3. Kleines Nixenkraut – *Najas minor*: Vorkommen derzeit wohl nur am Vorarlberger Bodenseeufer (DIENST 1993, SCHMIEDER 1998).
4. Schmalblättriges Laichkraut – *Potamogeton x angustifolia*: bei SCHMIEDER (1998) nur wenige Vorkommen am Obersee.

Tab. 3 Liste der in den letzten 100 Jahren für den Bodensee aufgeführten submersen Makrophyten (ohne Moose) mit Angaben zur Gefährdung und Makrophytenindex. Grün hinterlegt: im Juli/August 2010 erfasste Arten.

wissenschaftlicher Name ¹	Rote Liste CH ²	Rote Liste Mittel-land ³	Anmerkung	Deutscher Name	MPI ⁴
Makrophytische Grünalgen					
<i>Chaetophora incrassata</i>				Borsten-Grünalge	-
<i>Cladophora spec.</i>				Fadenalgen	5 ⁵
<i>Enteromorpha spec.</i>			s. SCHMIEDER 1998	Schlauchalge	-
<i>Hydractylon spec.</i>				Wassernetz	5 ⁵
<i>Spiragira spec.</i>				Schraubenalge	5 ⁵
Armleuchteralgen					
<i>Chara aspera</i>	NT			Raue Armleuchteralge	1,5
<i>Chara contraria</i>				Gegensätzliche Armleuchteralge	2,5
<i>Chara denudata</i>	EN		s. SCHMIEDER 1998	Nackte Armleuchteralge	-
<i>Chara globularis</i> (= <i>Ch. fragilis</i>)	VU			Zerbrechliche Armleuchteralge	2,5
<i>Chara tomentosa</i> (= <i>Ch. ceratophylla</i>)	EN			Hornblättrige Armleuchteralge	2
<i>Nitella opaca</i>	VU		früher sehr selten	Dunkle Glanzleuchteralge	2,5
<i>Nitella hyalina</i>	CR		LANG 1967	Vielästige Glanzleuchteralge	-
<i>Nitella mucronata</i>	CR		s. SCHMIEDER 1998	Stachelspitzige Armleuchteralge	-
<i>Nitellopsis obtusa</i> (= <i>Chara stelligera</i>)				Stern-Armleuchteralge	2,5
<i>Nitella cf. syncarpa</i>	EN		konnte wegen fehlender Gametangien nicht eindeutig bestimmt werden	Verwachsenfrüchtige Glanzleuchteralge	2,5 ⁵
<i>Tolypella glomerata</i>	EN		früher sehr selten	Knäuel-Armleuchteralge	2
Blütenpflanzen					
<i>Alisma gramineum</i>	EN	EN	ist in letzten Jahren stark zurückgegangen	Gras-Froschlöffel	3,5
<i>Callitriche spec.</i>			diese schwer bestimmbare Gattung wächst in einigen Zuflüssen	Wasserstern	
<i>Ceratophyllum demersum</i>	VU	VU		Raues Hornkraut	5
<i>Elodea canadensis</i>				Kanadische Wasserpest	5
<i>Elodea nuttallii</i>				Nuttalls Wasserpest	5
<i>Groenlandia densa</i> (= <i>Potamogeton densus</i>)	NT	NT		Fischkraut	3,5 ⁵
<i>Hippuris vulgaris</i>	NT	VU	Vorkommen nur in seichten Schilfbuchten	Tannenwedel	-
<i>Lemna trisulca</i>	NT	NT	Vorkommen in Röhrichten	Dreifurchige Wasserlinse	
<i>Myriophyllum spicatum</i>	NT	NT		Ähriges Tausendblatt	3
<i>Myriophyllum verticillatum</i>	NT	NT	wächst weniger im Bodensee als in kleineren benachbarten Stillgewässern (DIENST 1993)	Quirlblütiges Tausendblatt	
<i>Najas marina</i> subsp. <i>intermedia</i>	VU	VU ⁶		Mittleres Nixenkraut	3
<i>Najas marina</i> subsp. <i>marina</i>	VU	VU ⁶	Erstfunde von J. Zoller u. M. Dienst 2008 bzw. 2009 am Obersee-Südufer (DIENST 2010)	Grosses Nixenkraut	
<i>Najas flexilis</i>	RE	RE	seit 60er Jahre am Bodensee erloschen, s. BAUMANN 1911 u. 1925a, LANG 1967	Biegsames Nixenkraut	-
<i>Najas minor</i>	EN	EN	s. BAUMANN 1911; in SCHMIEDER 1998 nur am Rheindelta	Kleines Nixenkraut	-
<i>Nuphar lutea</i>	NT	VU	s. SCHMIEDER 1998	Gelbe Teichrose	-
<i>Nymphaea alba</i>	NT	NT	aktuell kleine Vorkommen, z. B. am Reichenauer Damm	Weisse Seerose	-
<i>Polygonum amphibium</i> (= <i>Persicaria amphibia</i>)	NT	VU	s. SCHMIEDER 1998	Wasser-Knöterich	-

¹ Characeen nach KRAUSE 1997, Blütenpflanzen nach BUWAL (2002)

² Characeen nach Auderset (2007), Blütenpflanzen nach BUWAL (2002) [RE in der Schweiz ausgestorben, CR vom Aussterben bedroht, EN stark gefährdet, VU verletzlich, NT potenziell gefährdet]

³ Blütenpflanzen nach BUWAL (2002)

⁴ MPI = Makrophytenindex

⁵ MPI-Wert nach eigener Einschätzung

⁶ Für *Najas marina*

<i>Potamogeton berchtoldii</i>			im Bodensee selbst erst ein Fund 2006 im Hafen Wallhausen, sonst im Hinterland (DIENST 1993)	Berchtolds Laichkraut	
<i>Potamogeton crispus</i>			s. SCHMIEDER 1998	Krauses Laichkraut	-
<i>Potamogeton filiformis</i>	VU	EN	s. BAUMANN 1911, 1928	Faden-Laichkraut	
<i>Potamogeton friesii</i>	EN	EN		Spitzblättriges Laichkraut	5
<i>Potamogeton gramineus</i>	EN	EN	1993 im Grosseggennried zw. Gottlieben und Triboltingen (DIENST 1993), 2010 östlich Mammern (HUBER & BAUER 2010)	Gras-Laichkraut	
<i>Potamogeton helveticus</i>	EN	EN	vgl. BAUMANN 1925b	Schweizer Laichkraut	3
<i>Potamogeton lucens</i>				Spiegelndes Laichkraut	3,5
<i>Potamogeton natans</i>			Lustnauer Kanal (DIENST 1993)	Schwimmendes Laichkraut	
<i>Potamogeton nodosus</i>	VU	VU	s. SCHMIEDER 1998	Flutendes Laichkraut	
<i>Potamogeton pectinatus</i>				Kamm-Laichkraut	4
<i>Potamogeton perfoliatus</i>				Durchwachsenes Laichkraut	3
<i>Potamogeton pusillus</i> (= <i>P. panormitanus</i>)	VU	VU		Kleines Laichkraut	3,5
<i>Potamogeton trichoides</i>	CR	RE		Haarblättriges Laichkraut	4
<i>Potamogeton x angustifolia</i> (= <i>P. x zizii</i>)	EN	EN	s. SCHMIEDER 1998	Schmalblättriges Laichkraut	
<i>Potamogeton x nitens</i>	EN	EN	s. BAUMANN 1911, 1928	Schimmerndes Laichkraut	
<i>Potamogeton x salicifolius</i>			s. BAUMANN 1911	Weidenblättriges Laichkraut	
<i>Ranunculus circinatus</i>	EN	EN		Spreizender Hahnenfuss	4,5
<i>Ranunculus fluitans</i>	NT	NT	s. SCHMIEDER 1998	Flut-Hahnenfuss	
<i>Ranunculus rionii</i>	CR	RE	s. SCHMIEDER 1998	Rions Wasserhahnenfuss	
<i>Ranunculus trichophyllus</i>		NT		Haarblättriger Hahnenfuss	4,5
<i>Sagittaria sagittifolius</i>	EN	EN	aktuell am Untersee nur ein Vorkommen: Reichenau-Ost	Pfeilkraut	
<i>Utricularia vulgaris</i>	VU	VU	Vorkommen in lockerem Röhricht	Echter Wasserschlauch	
<i>Zannichellia palustris</i>	VU	VU		Teichfaden	5

2010 am Thurgauer Unterseeufer erfasst – Erläuterung und Kartendarstellung in Kap. 4.2.1

4.2.1 Makrophytische Grünalgen⁴

4.2.1.1 Borsten-Grünalge – *Chaetophora incrassata*

Die Borsten-Grünalge wurde 2010 lediglich in zwei Bereichen festgestellt und zwar zwischen Steckborn und Berlingen sowie in der Eschenzer Bucht. Dabei wurde die Art jeweils nur sehr selten gefunden. Interessanterweise decken sich diese Angaben weitgehend mit denen von 1993⁵ (nur in SCHMIEDER 1997 angegeben; ist in SCHMIEDER 1998 nicht aufgeführt).

Die Art wächst auf Steinen und wird daher mit der angewandten Methode (Krauthacken) wohl nur unzureichend erfasst. Dennoch kommt die Art am Untersee vermutlich nur an wenigen Stellen vor.

Foto 3 Die Borsten-Grünalge wächst auf einem Stein; Litzelstetten (Überlinger See) am 20.07.2010.

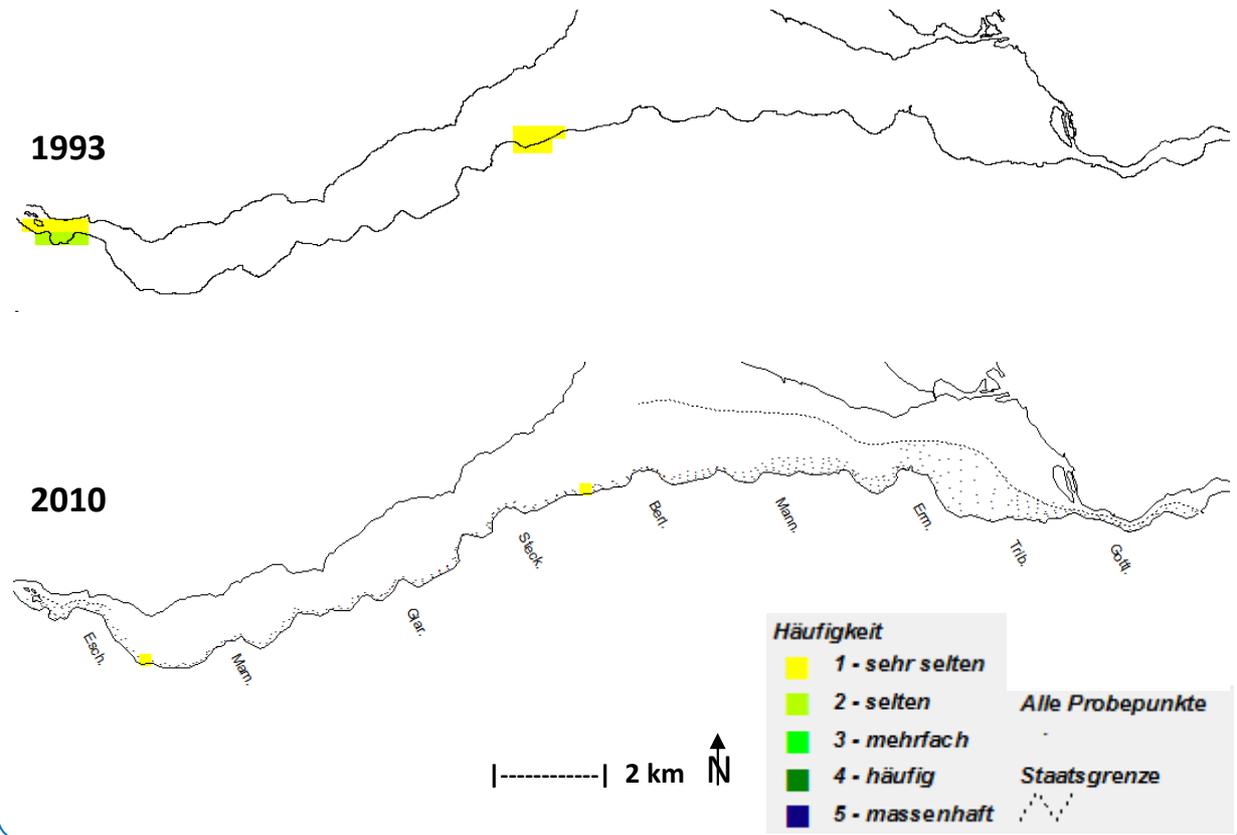


⁴ Alphabetische Reihenfolge

⁵ Ist nur in SCHMIEDER (1997) angegeben, nicht in SCHMIEDER (1998).

Borsten-Grünalge – *Chaetophora incrassata*

1967 und 1978 keine Angaben

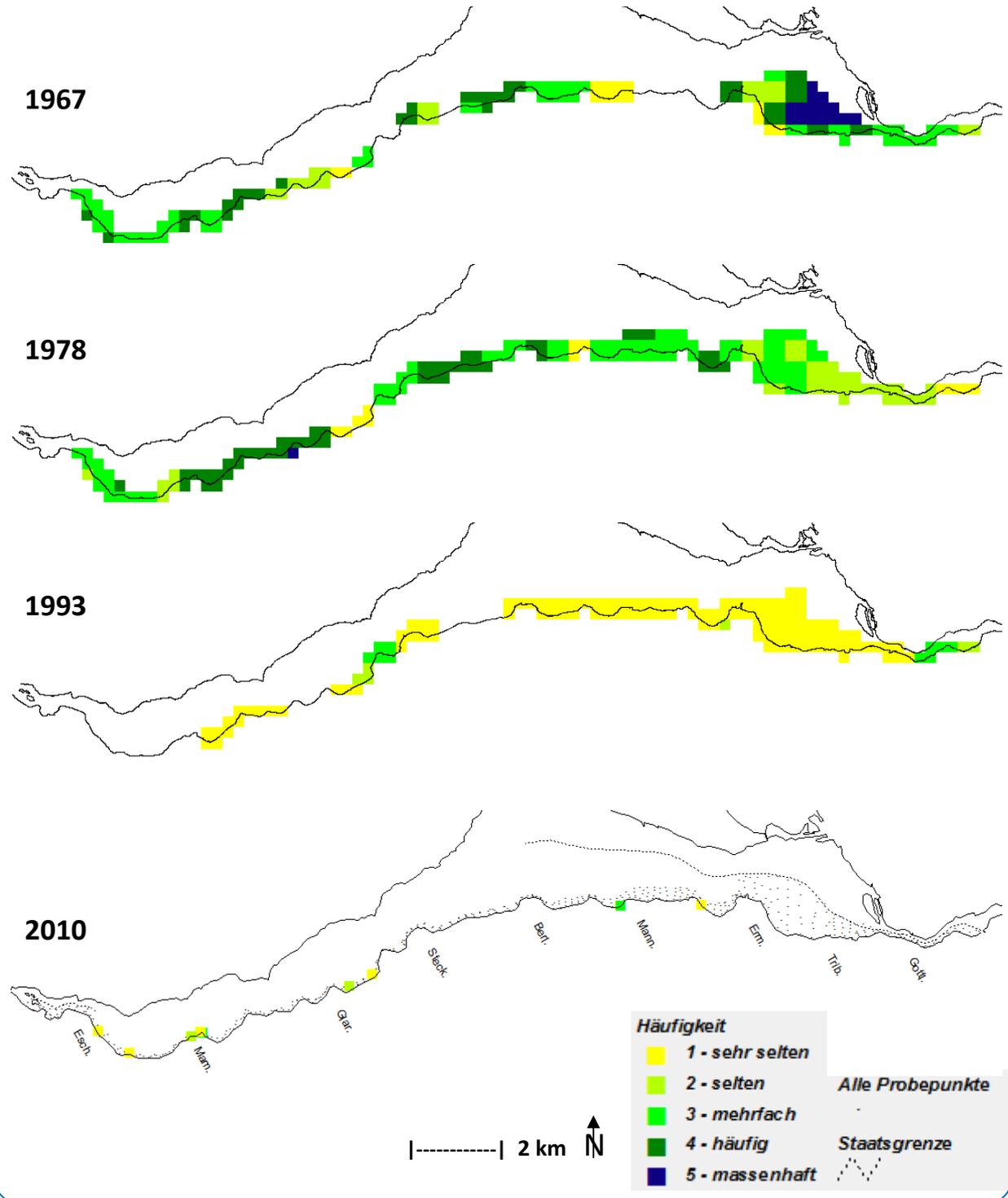


4.2.1.2 Fadenalgen – *Cladophora spec.*

Die Fadenalgen der Gattung *Cladophora* wurden 2010 nur noch in wenigen Bereichen 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 Einmündung kleinerer Fließgewässer oder Drainagerohre, die nährstoffreiches Wasser führen (z. B. Mammern, östl. Anlegesteg).

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 Grünalgenart war, wurde sie in den Verbreitungskarten entsprechend gezeigt.

Fadenalgen 1967, 1978 – *Cladophora spec.* 1993, 2010



4.2.1.3 Wassernetz – *Hydrodictyon spec.*

Auch das Wassernetz lässt sich nur in wenigen Bereichen des schweizerischen Untersees und dort mit einer sehr geringen Häufigkeit finden. Ähnlich wie *Cladophora* ist die Gattung seit 1993 deutlich zurückgegangen.

Das Wassernetz bevorzugt nach STREBELE & KRAUTER (1988) stehende, saubere bis höchstens mässig verschmutzte Gewässer und kann stellenweise zur Massenfaltung kommen. SCHMIEDER (1998) gibt jedoch an, dass sich die Vorkommen auf stärker eutrophierte Uferabschnitte konzentrieren, wobei ein Verbreitungsschwerpunkt im Untersee festzustellen ist. Bei DIENST & STRANG (2009) lag das Hauptverbreitungsgebiet des Wassernetzes am Ufer der Reichenau.

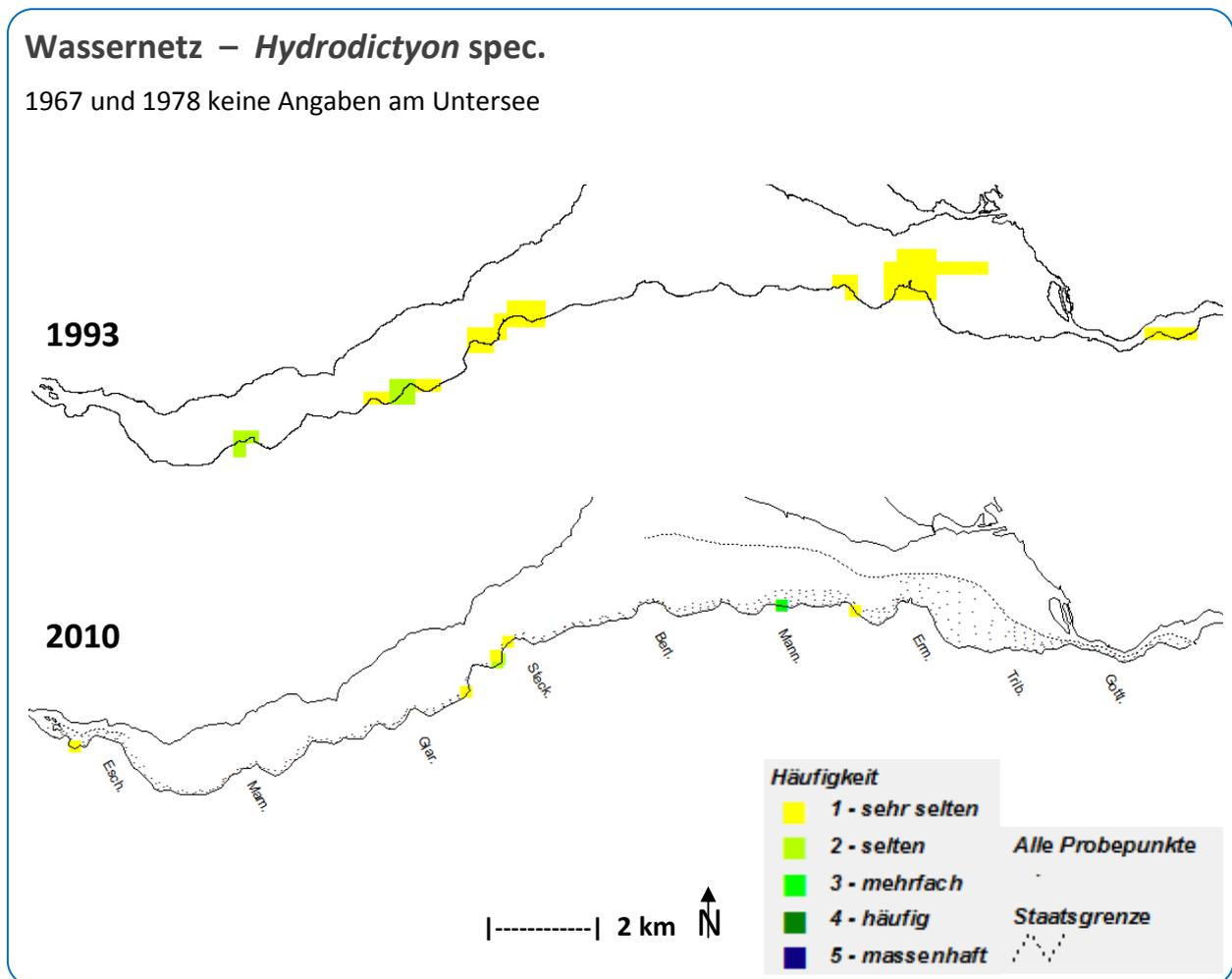


Foto 4 Das Wassernetz trägt seinen Namen nicht von ungefähr; Steckborn, 26.07.2010.

4.2.1.4 Schraubenalge – *Spirogyra spec.*

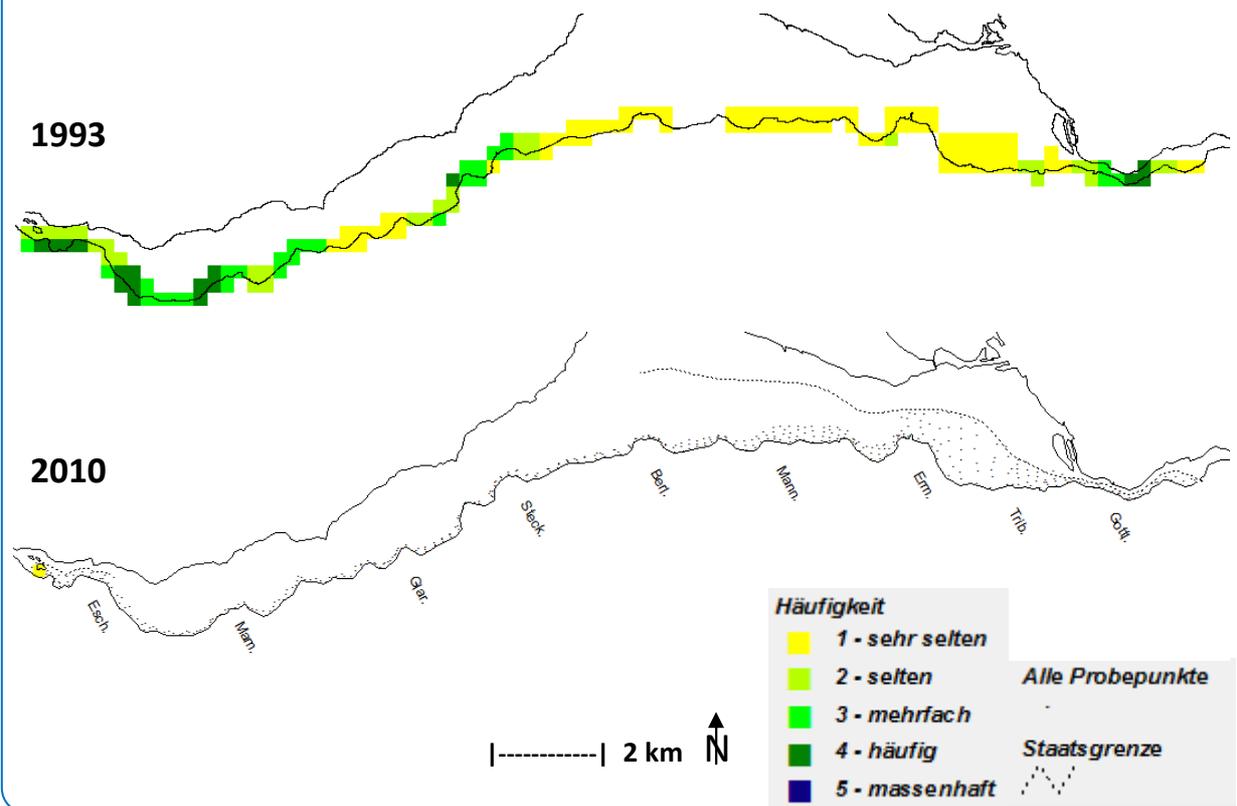
Nur noch an einer Stelle, am Ausfluss des Sees bei den Werd-Inseln, wurden 2010 Fadenalgen der Gattung *Spirogyra* gefunden. Dies ist gegenüber 1993 ein markanter Rückgang; damals kam die Gattung zwar nur in geringer Häufigkeit, jedoch nahezu flächendeckend im gesamten Untersuchungsgebiet vor.

Bei der Kartierung 1993 wurde festgestellt, dass sich die Verbreitungsschwerpunkte nicht mit denen von *Cladophora* decken, was auf unterschiedliche Standortansprüche der Gattungen schliessen lässt.

Spirogyra spec. fand sich bei DIENST & STRANG (2008 und 2009) am ehesten an Bachmündungen und in Häfen.

Schraubenalge – *Spirogyra spec.*

1967 und 1978 keine Angaben für den ganzen Bodensee



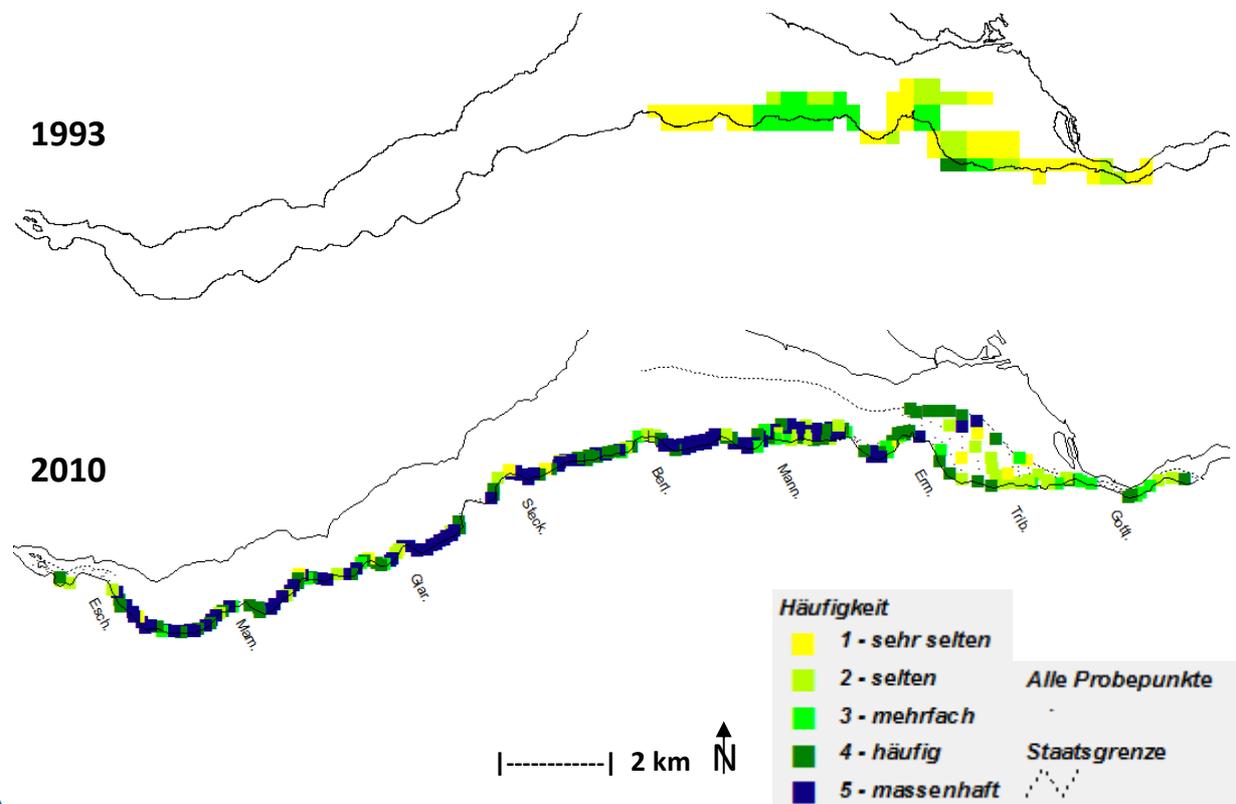
4.2.2 Armelechteralgen – Characeen⁶

4.2.2.1 Raue Armelechteralge – *Chara aspera*

Die Raue Armelechteralge war 2010 die zweithäufigste Makrophytenart nach *Chara contraria*. Die Art hat seit 1993 enorm zugenommen und vor allem ihr Verbreitungsgebiet extrem ausgedehnt. Während *Chara aspera* 1993 nur im Gebiet zwischen Gottlieben und Berlingen vorkam, ist sie nun am gesamten Schweizer Unterseeufer zu finden. Besonders auffällig ist, dass die Art meist massenhaft wächst und dabei dichte Einartbestände bilden kann. Vor allem die Zone zwischen 0,2 und 3,0 m Tiefe werden besiedelt, nur selten findet sich die Art noch in 6 m Tiefe. – SCHMIEDER (1998) gibt an, dass *Chara aspera* infolge der starken Eutrophierung innerhalb des Zeitraumes zwischen 1967 und 1978 im Bodensee wohl verschollen war – bei den Kartierungen in diesen Jahren wurden für die Art keine gesonderten Angaben gemacht. Zu Beginn des 20. Jahrhundert war *Chara aspera* im Untersee die häufigste Art (BAUMANN 1911), während LANG (1967) Anfang der 60er Jahre bereits *Chara contraria* als häufigste Armelechteralgenart im westlichen Bodensee fand. – Die Überdauerung der Rauhen Armelechteralge während der Phase höchster Nährstoffbelastung im Bodensee wird vermutlich durch die Jahrzehnte keimungsfähig bleibenden Oosporen bewerkstelligt (SCHMIEDER 1998). Interessant ist in diesem Zusammenhang der Befund, wonach bei der Kartierung 1993 keine fruchtenden Exemplare der Art gefunden wurden. Im Gegensatz dazu wurden von DIENST & STRANG (2008 u. 2009) sowie 2010 bei dieser zweihäusigen Art oft männliche und (etwas seltener) weibliche Gametangien (Antheridien u. Oogonien) beobachtet.

Raue Armelechteralge – *Chara aspera*

1967 und 1978 wurde *Chara aspera* nicht gesondert erfasst



⁶ Alphabetische Reihenfolge



Foto 5 *Chara aspera* mit Antheridien, rechts: mit aufgeplatzte Schildzellen; 26.07.2010.

4.2.2.2 Gegensätzliche-Armlauchteralge – *Chara contraria*

2010 kommt die Gegensätzliche Armlauchteralge flächendeckend im gesamten Untersuchungsgebiet vor. Nur in wenigen Uferabschnitten wird allerdings eine hohe Häufigkeit bis zum massenhaften Auftreten festgestellt, dazu zählen der Seerhein, das Ermatinger Becken, der Bereich östlich Mannenbach, westlich Steckborn und die Eschenzer Bucht.

Beim Vergleich mit den Daten von 1993 zeigt sich ein deutlicher Rückgang von *Chara contraria*, die damals zu den häufigsten Arten im Bodenseelitoral zählte und ihren Verbreitungsschwerpunkt im Untersee hatte. Bei BAUMANN (1911) finden sich nur wenige Angaben für den Untersee (Gnadensee, Insel Langenrain). Obwohl *Chara contraria* 1967 bereits die häufigste Armlauchteralge im Untersee ist, fehlt sie in weiten Bereichen des Ermatinger Beckens und weist lediglich in der Uferzone bei Berlingen eine hohe Häufigkeit auf. Danach kam es aufgrund der Eutrophierung zu einem massiven Einbruch in der Verbreitung der Characeenarten im Bodensee und so wurden bei der Kartierung 1978 nur noch in drei Bereichen bei Ermatingen meist wenige Exemplare der Art gefunden.

Nach SCHMIEDER (1998) 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 µgN/l lag und somit den Grenzwert überschritten, 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).

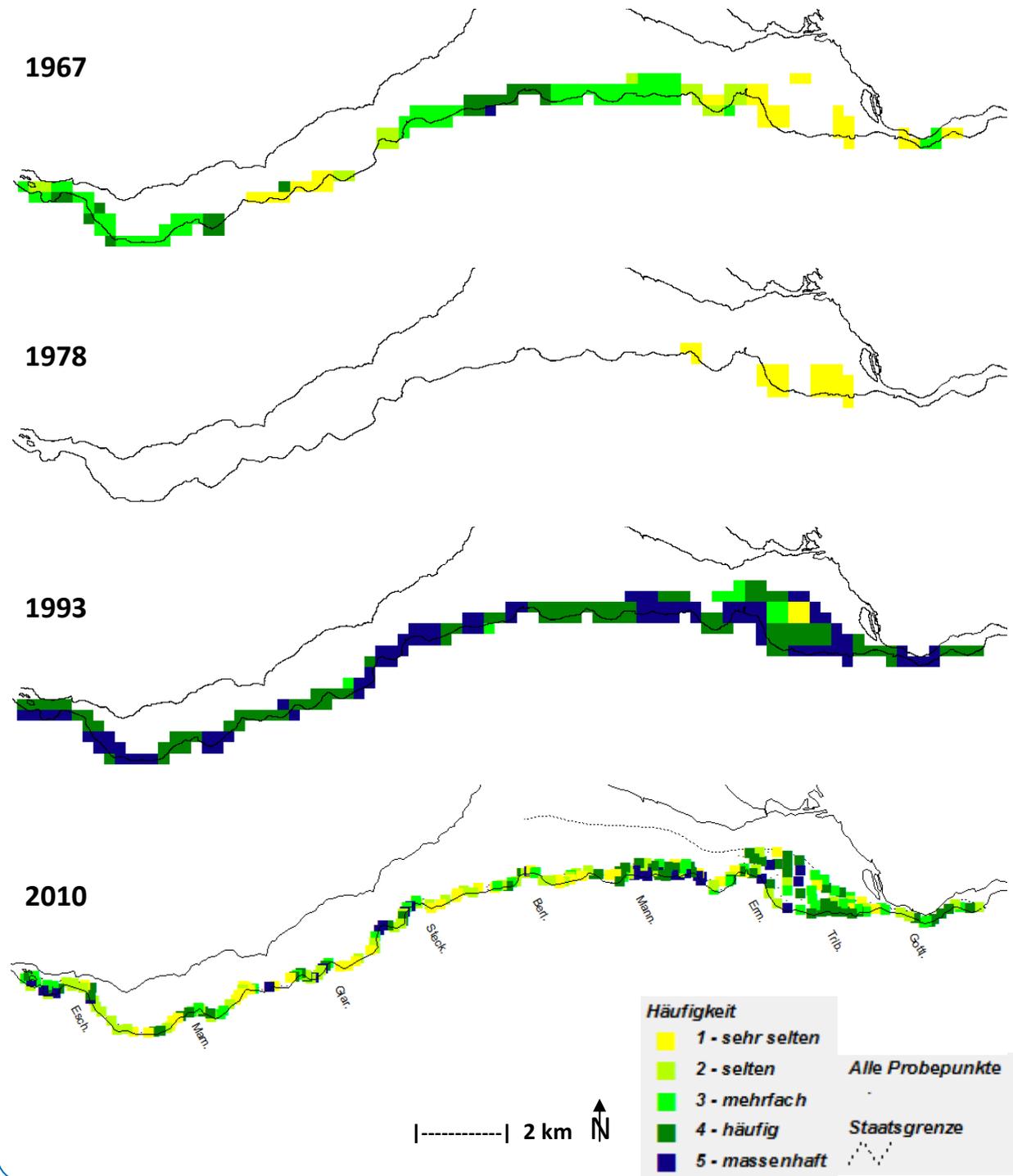
4.2.2.3 Zerbrechliche-Armlauchteralge – *Chara globularis* (= *Ch. fragilis*)

Bei der Kartierung 2010 trat die Zerbrechliche Armlauchteralge im gesamten Untersuchungsgebiet auf und zwar meist mit einer mittleren Häufigkeit. Da die Art eine grössere Tiefe als die anderen Chara-Arten bevorzugt – ihr Optimum liegt zwischen 3 und 10 m Tiefe (s. Kap. 4.2) – war ein massenhaftes Auftreten immer nur an der Haldenkante zu beobachten.

Gegenüber 1993 hat *Chara globularis* nur leicht zugenommen, in den Kartierungen 1967 und 1978 wurde die Art nicht gesondert berücksichtigt. Hinsichtlich ihrer Standortansprüche gilt *Chara globularis* allgemein als wenig wählerisch (KRAUSE W. 1981, MELZER 1988, KONOLD 1987). SCHMIEDER (1998) vermutet daher, dass die Art auch 1967 und 1978 im Untersee vorhanden war, jedoch taxonomisch nicht von *Chara contraria* unterschieden wurde. Allerdings dürfte *Chara globularis* in den 70er Jahren ebenfalls von der allgemeinen Abnahme der Characeen-Vegetation betroffen gewesen sein.

Gegensätzliche-Armeleuchteralge – *Chara contraria*

In den Jahren 1967 u. 1978 evtl. inkl. weitere *Chara*-Arten



Zerbrechliche-Armlauchteralge – *Chara globularis* (= *Ch. fragilis*)

1967 und 1978 wurde *Chara globularis* nicht gesondert erfasst

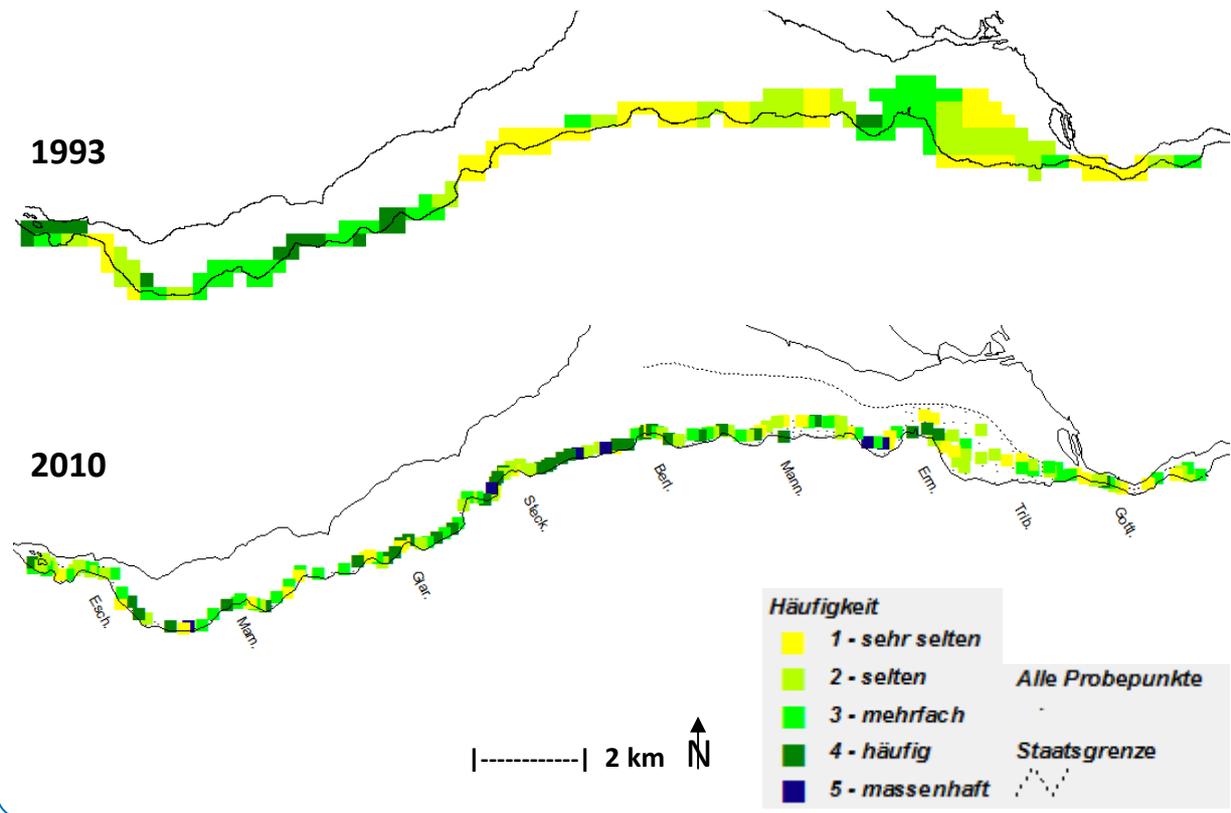


Foto 6 *Chara globularis* wächst bevorzugt an der Halde, kann aber auch in Häfen oder Steganlagen grosse Bestände aufweisen, so wie bei Ermatingen (rechts); 12.09.2009.

4.2.2.4 Hornblättrige-Armelechteralge – *Chara tomentosa* (= *Ch. ceratophylla*)

Die Verbreitung der Hornblättrigen Armelechteralge beschränkt sich 2010 weitgehend auf den Bereich zwischen Ermatingen und Steckborn. Dabei tritt sie vor allem in den flachen, ufernahen Abschnitten mit einer geringen bis mittleren Häufigkeit auf und zwar oft gemeinsam mit *Chara aspera*, nur gelegentlich konnten wirklich flächendeckend dichte Bestände der Art beobachtet werden. In einem Fall wurde eine Tiefenform in mind. 6 m Tiefe östlich Mammern gefunden. Sie hatte eine rein grüne Färbung.

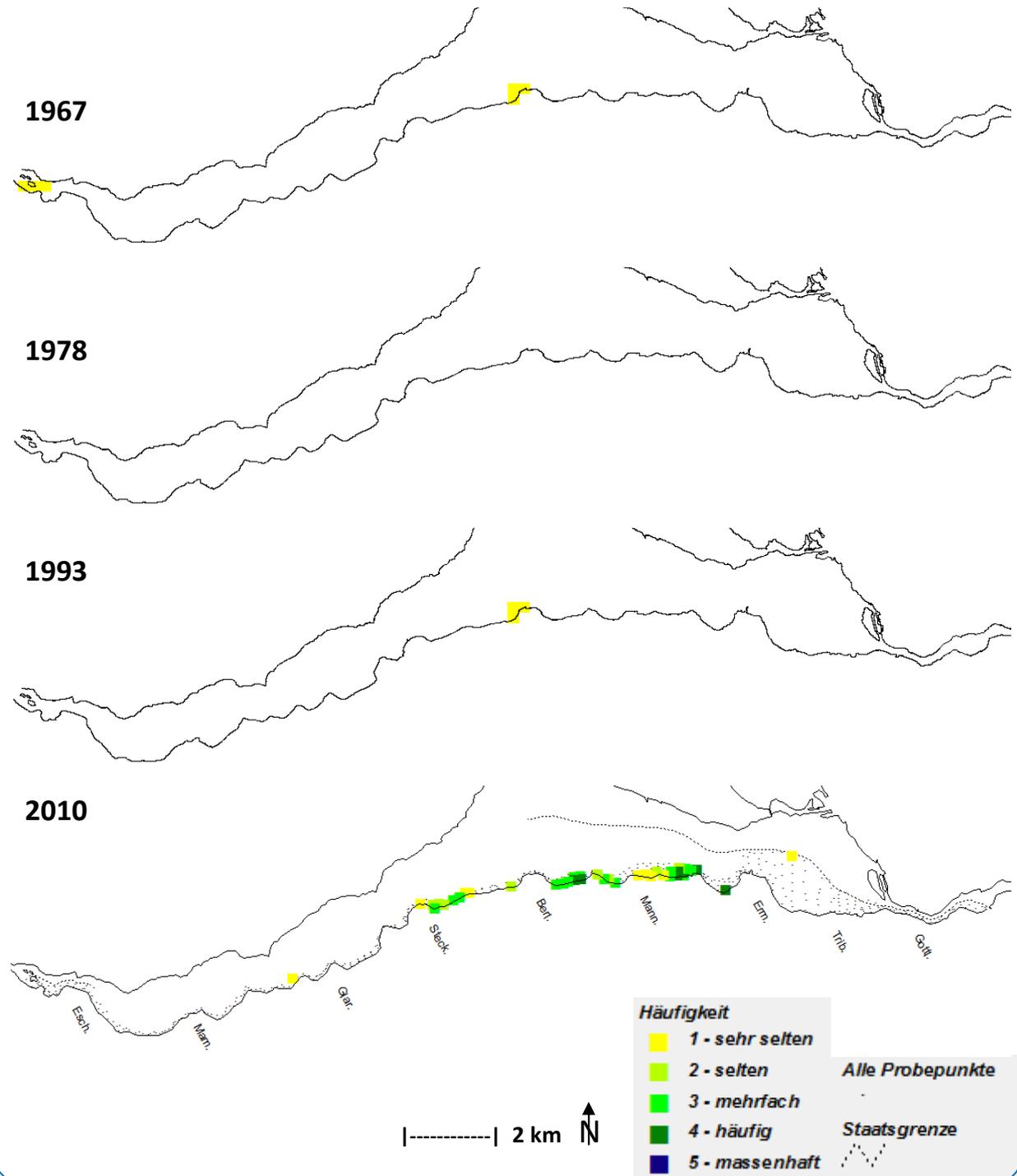
Obwohl *Chara tomentosa* gegenüber den vorgenannten Characeen deutlich weniger häufig auftritt, ist die Zunahme gegenüber früheren Kartierungen sehr augenfällig. So konnte die Art 1993 erstmals nach 1967 wieder im Bodensee nachgewiesen werden, wobei es sich nur um wenige Einzelpflanzen im Gnadensee vor Allensbach und ein einzelnes Exemplar vor Berlingen handelte (SCHMIEDER 1998). Zwischendurch hatte sie sich besonders am Nordufer der Reichenau und Richtung Mettnau angesiedelt. Um 1900 war die Hornblättrige Armelechteralge im Untersee wie auch im Obersee gemeinsam mit *Chara aspera* die weitaus häufigste Art (SCHRÖTER & KIRCHNER 1902, BAUMANN 1911). BAUMANN (1911) 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“.

Laut PIETSCH (1982) besiedelt *Chara tomentosa* in Bezug auf die eutrophierenden Pflanzennährstoffe nur sehr enge Konzentrationsbereiche, wobei sie nach KRAUSE (1981) nicht unbedingt an oligotrophe Verhältnisse gebunden ist.



Foto 7 *Chara tomentosa* ist eine besonders auffällige Armelechteralge. Dichte Bestände kann man unter Wasser an der rotbraunen Färbung erkennen. Berlingen, 20.07.2010.

Hornblättrige-Armluchteralge – *Chara tomentosa* (= *Ch. ceratophylla*)



4.2.2.5 Dunkle Glanzleuchteralge – *Nitella opaca*

An wenigen Stellen im Ermatinger Becken sowie östlich von Eschenz wurden 2010 einzelne Exemplare der Dunklen Glanzleuchteralge gefunden. Dabei kommt *Nitella opaca* sowohl in mässigen (ca. 1,5 m) bis grösseren Tiefen (6 m) vor. Bei DIENST & STRANG (2009) lagen die wenigen Vorkommen (Markelfinger Winkel, Konstanzer Bucht) tiefer als 6 m. Bei den Kartierungen 1967, 1978 und 1993 wurden keine Funde von *Nitella opaca* gemeldet. Frühere Angaben von BAUMANN (1911) weisen die Art als nicht häufig im Untersee aus, wobei folgende Fundorte angegeben werden: Badeanstalt Ermatingen, Kuhorn bei Gottlieben, Binsböschchen Gresskopf bei Triboltingen in 1 m Tiefe, sowie eine Angabe von Lauterborn in 12 m Tiefe ebenfalls vor der Badeanstalt Ermatingen. Nach KRAUSE (1997) bevorzugt diese Art grundwasserbeeinflusste (Bagger-)Seen.

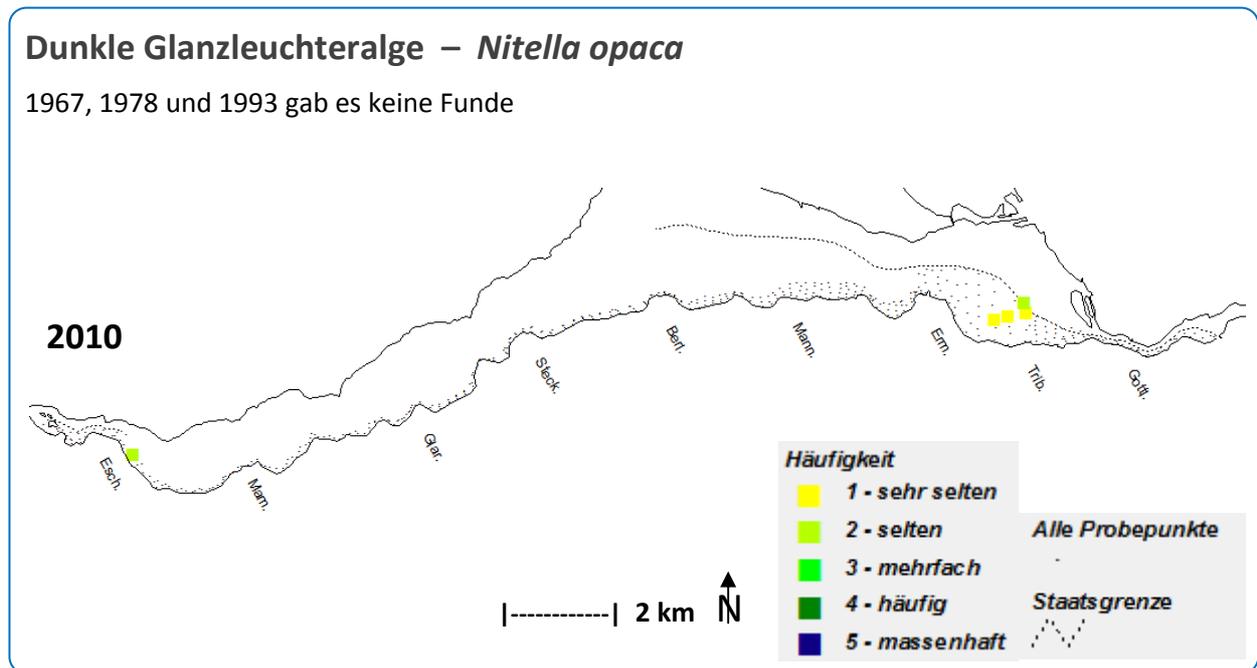
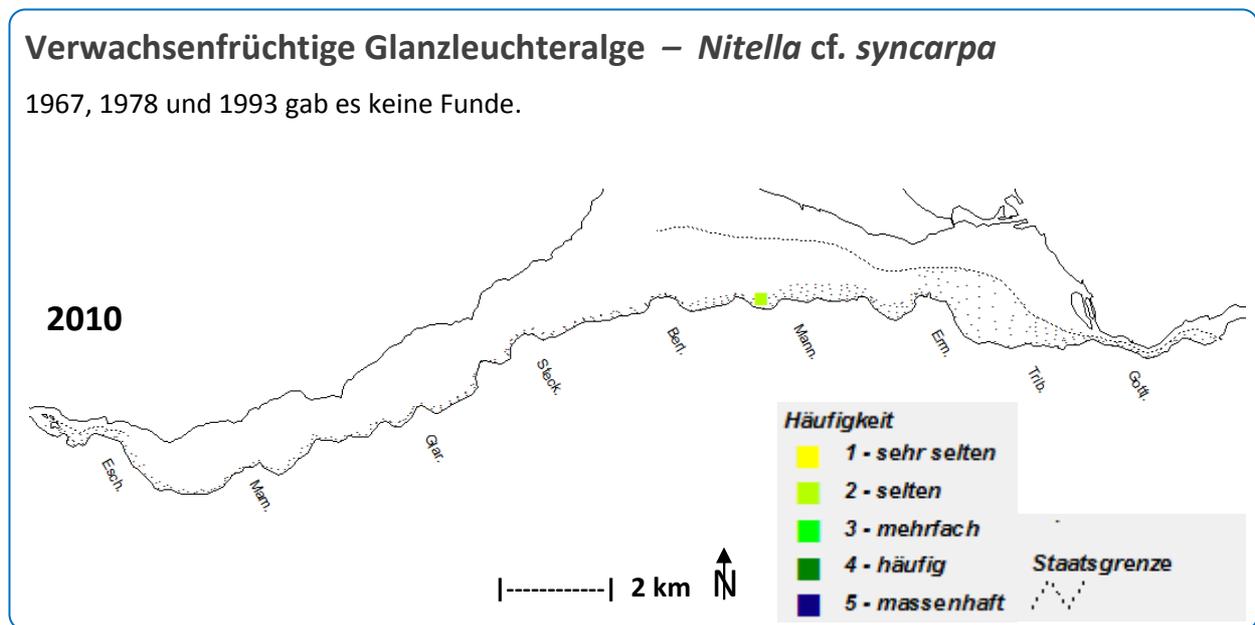


Foto 8 *Nitella opaca* am 09.07.2009 im Markelfinger Winkel. Die obersten Quirle der Sprossenden sind auffällig seitlich „gekämmt“

4.2.2.6 Verwachsenfrüchtige Glanzleuchteralge – *Nitella cf. syncarpa*

Noch seltener als die vorgenannte Characeenart ist die Verwachsenfrüchtige Glanzleuchteralge. Sie 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. Auch von *Nitella cf. syncarpa* wurden bei den Kartierungen in den Jahren 1967, 1978 und 1993 keine Exemplare festgestellt. BAUMANN (1911) gibt die Art als im Untersee ziemlich verbreitet und stellenweise in Menge an. Er listet für den Untersuchungsbereich über 11 Fundorte auf, wobei er als Standort seichtere Buchten mit schlammigem oder sandigem Untergrund angibt, nur selten drang die Art bis 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 (Obersee) in 30 m Tiefe gesammelt hat (zitiert in BAUMANN 1911).



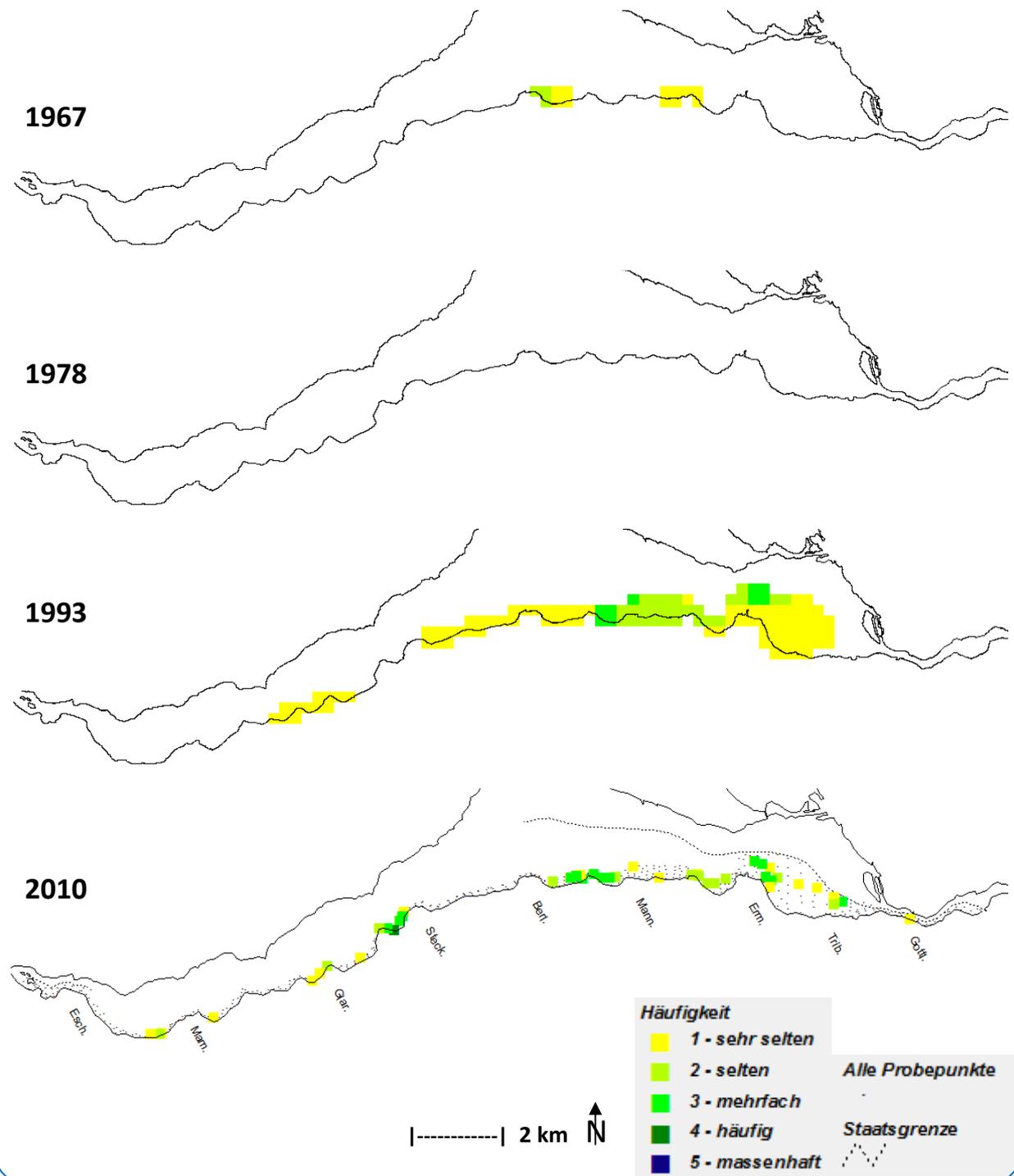
4.2.2.7 Stern-Armlauchteralge – *Nitellopsis obtusa*

Die Vorkommen der Stern-Armlauchteralge sind lückig über das schweizerische Unterseeufer verteilt und weisen eine geringe bis mittlere Häufigkeit auf. Meist wächst *Nitellopsis obtusa* in den tieferen Zonen der Flachwasserzone mit einem Optimum zwischen 3 und 10 m, nur selten finden sich einzelne Exemplare im seichten Wasser von einem halben bis ein Meter Tiefe (s. Kap. 4.3).

Gegenüber der Kartierung von 1993 sind nur geringe Änderungen festzustellen. Die Art hat sich 2010 im Westen bei Mammern leicht ausgedehnt, allerdings sind einige Bereiche nur noch locker oder gar nicht mehr besiedelt (z. B. Ermatinger Becken, bei Mannenbach, zwischen Berlingen und Steckborn). 1967 wurde die Art nur an zwei Stellen entdeckt, nämlich bei Berlingen und östlich von Mannenbach; 1978 gab es (scheinbar?) gar keine Vorkommen. Diese Art hat BAUMANN (1911) zwar verschiedentlich (als *Chara stelligera* A. Bauer 1829) erwähnt und dass sie eher selten ist, aber wohl vergessen, sie bei den Artbeschreibungen aufzuführen. BAUMANN (1915) schreibt, dass die Art für die Schweiz neu wäre. SCHRÖTER & KIRCHER (1902) geben die Stern-Armlauchteralge für den Obersee noch nicht an. *N. obtusa* ist eher in den nördlichen Regionen (Europa bis Japan) verbreitet.

Für KRAUSE (1985) stellt die Unempfindlichkeit gegenüber Eutrophierungserscheinungen die Grundlage dar für das in einigen Gewässern beobachtete neuartige Ausbreitungsverhalten aus ihrer angestammten Wuchszone tieferer Litoralabschnitte in eutrophierte Flachwasserbereiche. Die Fundorte von 2010 scheinen diese Theorie zu bestätigen.

Stern-Armlauchteralge – *Nitellopsis obtusa*



4.2.2.8 Knäuel-Armelechteralge – *Tolypella glomerata*

Im Seerhein und im Ermatinger Becken wurde die Knäuel-Armelechteralge 2010 mehrfach angetroffen – stellenweise sogar häufig. Wenige Einzelpflanzen wurden auch westlich Eschenz 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. Von BAUMANN (1911) selbst gibt es keine Fundmeldungen. SCHRÖTER & KIRCHNER (1902) geben *Tolypella glomerata* für den Seerhein beim Paradies (Konstanz) an. Vom Obersee existiert nur die Angabe von GEISSBÜHLER (1938): Luxburger Bucht (Obersee) am Oberrand der Halde, zwischen 4–7 m Wassertiefe. BAUMANN (1911) gibt 8 Fundorte von *Tolypella spec.* für den Untersee an: vier Orte von Ermatingen bis Steckborn, bei der Insel Langenrain (hier von Prof. Ernst als *Tolypella nidifica* bestimmt), bei Hornstaad (in 8 Meter Tiefe), 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 in den letzten Jahrzehnten erste Fund gelang 2001 östlich Ermatingen (DIENST & SCHMIEDER 2003). DIENST & STRANG (2009) fanden die Knäuel-Armelechteralge auch in der Konstanz Bucht (= Obersee!) in der Nähe von *Nitella opaca* sowie an mehreren Stellen am deutschen Ufer im Seerhein. Ob die Ausbreitungsrichtung wirklich von West nach Ost erfolgte, ist entsprechend der Strömungsrichtung nicht wahrscheinlich. Eine weitere Ausbreitung dieser seltenen Art scheint wahrscheinlich.

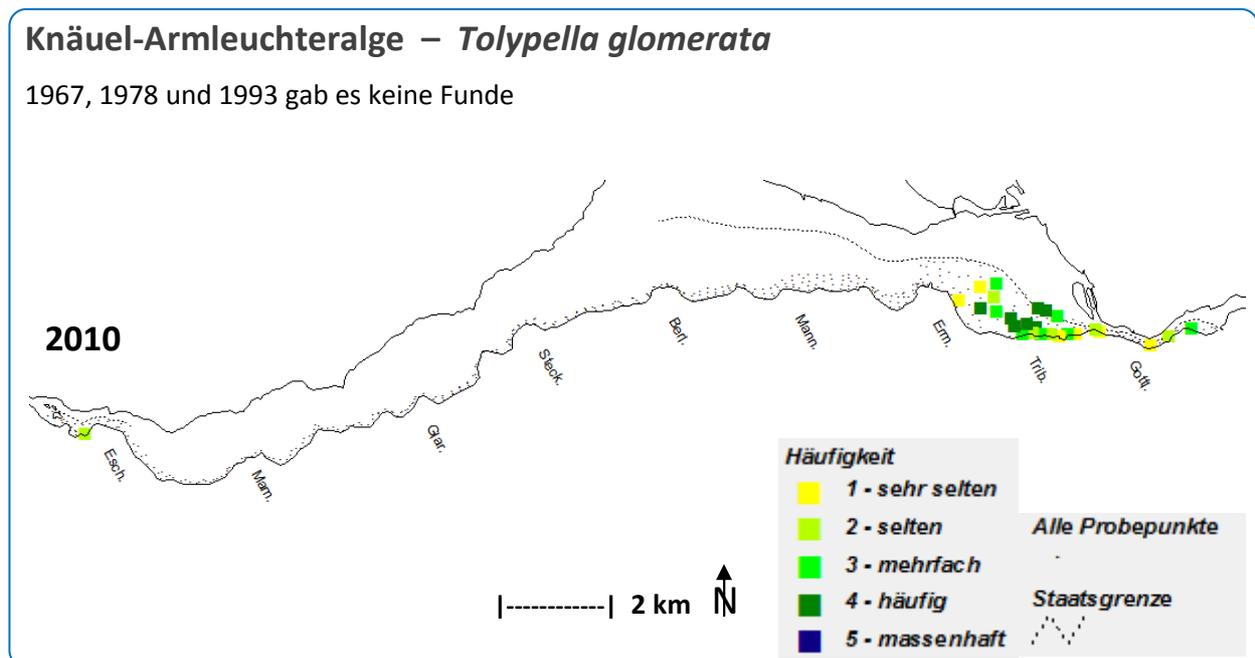


Foto 9 *Tolypella glomerata* weist an den Sprossenden charakteristische Knäuel auf; deswegen der deutsche Name Knäuel-Armelechteralge.



4.2.3 Blütenpflanzen – Angiospermae ⁷

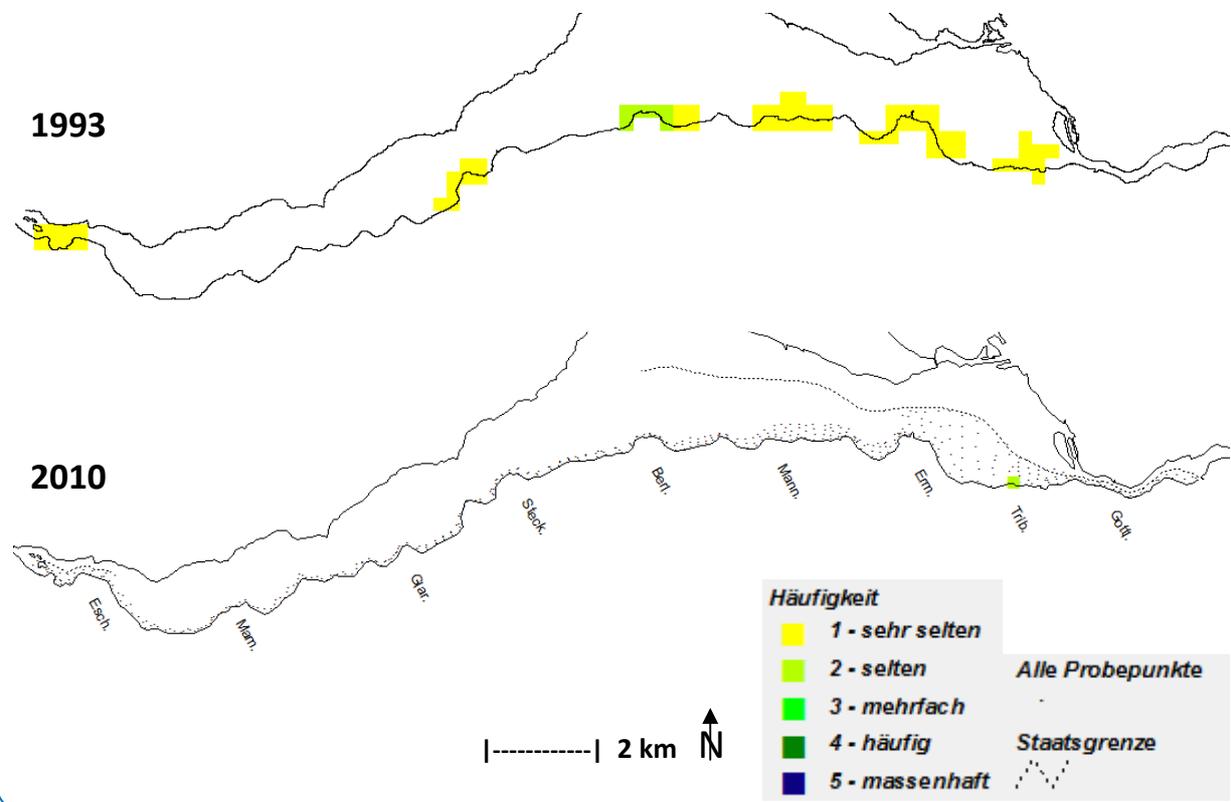
4.2.3.1 Gras-Froschlöffel – *Alisma gramineum*

Nur noch an einer Stelle, beim Strandbad Triboltingen wurde der Gras-Froschlöffel bei der Kartierung 2010 gefunden. Damit ist *Alisma gramineum* sehr stark zurückgegangen, denn bei der Untersuchung 1993 wurden immerhin sechs Uferabschnitte festgestellt in denen der Gras-Froschlöffel wuchs. Bei den Kartierungen in den Jahren 1967 und 1978 wurde die Art nicht erfasst.

Laut BAUMANN (1911) wurde *Alisma gramineum* in den 90er Jahren des 19. Jahrhundert von Dr. O. Nägeli bei Ermatingen und Mannenbach entdeckt. Er gibt weiter an, dass die Art in der Überschwemmungszone bis in 1 m Tiefe siedelt. SCHMIEDER (1991) hat die Verbreitung des Gras-Froschlöffels 1986 im Untersee aufgenommen und Exemplare bis in 3 m Tiefe gefunden. Dabei zeigte sich auch, dass die Art submers fruchtet. Nach SCHMIEDER (1998) tritt *Alisma gramineum* am Bodensee bevorzugt im Potametum graminei an nährstoffarmen Standorten im oberen Sublitoral bis zum unteren Eulitoral auf. Dies kann für die letzten Jahre so nicht bestätigt werden; *A. gramineum* scheint warme nährstoffreichere Bereiche zu bevorzugen (eig. Angaben). 1993 gab es den Gras-Froschlöffel zum ersten Mal auch am Obersee (SCHMIEDER 1998). Diese wärmeliebende Art bevorzugte dort eher seichte und relativ warme Buchten oder Häfen am südöstlichen Bodensee.

Gras-Froschlöffel – *Alisma gramineum*

1967, 1978 wurde diese Art nicht erfasst



⁷ Alphabetische Reihenfolge

4.2.3.2 Raues Hornkraut – *Ceratophyllum demersum*

Nur an vier Stellen im Untersuchungsgebiet wurde 2010 das Raue Hornkraut 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 und 1993 wurde *Ceratophyllum demersum* jeweils zweimal festgestellt. Ob die Art gegenüber den alten Kartierungen wirklich häufiger geworden ist, muss offen bleiben. Aufgrund der wenigen Fundorte und der geringen Häufigkeit könnte es sich auch um Zufall handeln.

Interessanterweise war das Raue Hornkraut um die Jahrhundertwende ziemlich verbreitet und kam meist in Menge vor (BAUMANN 1911). Laut SCHMIEDER (1998) ist die Art am Bodensee durch die starke Eutrophierung während der 70er Jahre geschädigt worden. Dies steht im Gegensatz zu anderen Autoren, die bei *Ceratophyllum demersum* eine Bevorzugung von hohen Phosphat- und Nitrat-Konzentrationen festgestellt haben (PIETSCH 1982). Da die Art jedoch empfindlich gegenüber hohen Ammonium-Konzentrationen zu sein scheint (PIETSCH 1982, KONOLD 1987), vermutet SCHMIEDER (1998) hierin einen Grund für den Rückgang während der starken Eutrophierung des Bodensees.

4.2.3.3 Kanadische Wasserpest – *Elodea canadensis*

Die Kanadische Wasserpest wurde bei der Kartierung 2010 in mehreren Uferbereichen festgestellt. Vor allem im Seerhein wurde die Art bei einigen Probepunkten meist aus einer Tiefe von über 3 m aus dem Wasser geholt. Betrachtet man die Kartierungen aus der Vergangenheit, so hat sich *Elodea canadensis* gegenüber 1993 (kein Fundort) und 1978 (ein Fundort) deutlich ausgebreitet und ist wieder ähnlich häufig wie 1967. Damals kam die Art allerdings hauptsächlich zwischen Glarisegg und Eschenz vor. DIENST & STRANG (2009) sowie HUBER & BAUER (2010) haben diese Art aber insgesamt nur sehr selten im Untersee gefunden.

Während der höchsten Trophieperiode des Bodensees war *Elodea canadensis* nahezu verschwunden, die Bestände erholten sich nach der Absenkung der Phosphat-Konzentrationen in den 80er Jahren wieder (SCHMIEDER 1998). Da die Angaben zu den Standortansprüchen der Art sehr unterschiedlich sind, erweist sich die Interpretation der Bestandsentwicklung am Bodensee laut SCHMIEDER (1998) als schwierig.

Nach SCHRÖTER & KIRCHNER (1902) wurde die Wasserpest 1836 aus Amerika nach Europa eingeschleppt und ist um 1880 an den Bodensee gekommen. In der Anfangszeit gab es wohl enorme Massenvorkommen, die die Schifffahrt behinderten und beseitigt werden mussten.

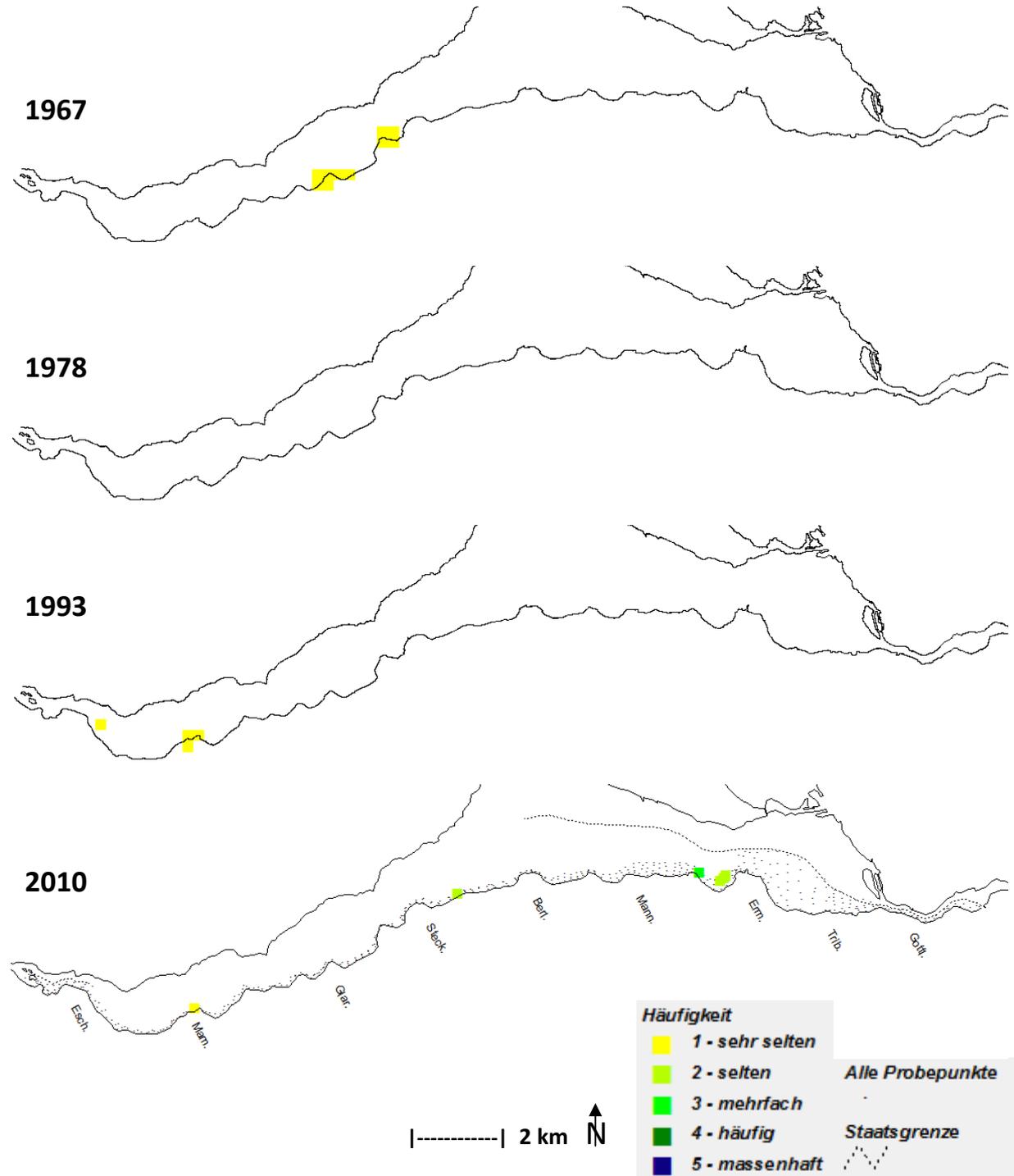
4.2.3.4 Nuttalls Wasserpest – *Elodea nuttallii*

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 gibt es dichte Bestände. *Elodea nuttallii* ist erst nach 1978 in den Bodensee eingewandert. In den 1980er Jahren kam sie teilweise in Massen vor. Für manche Wasservogel ist sie eine willkommene Nahrung, da sie auch bis in den Winter hinein grün ist, wenn die meisten Laichkräuter schon abgestorben sind.

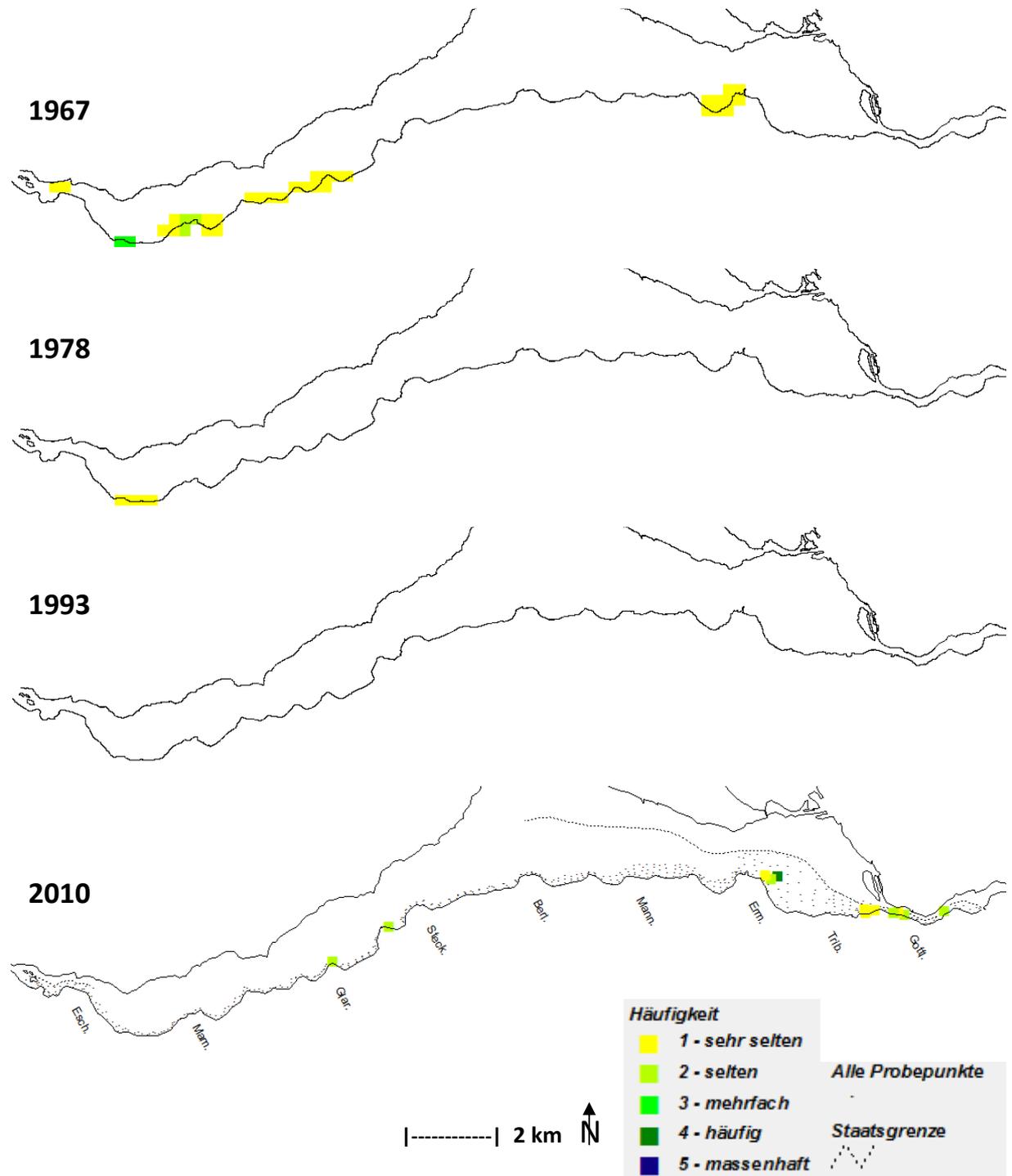
Foto 10 *Elodea nuttallii*; 16.07.2008.



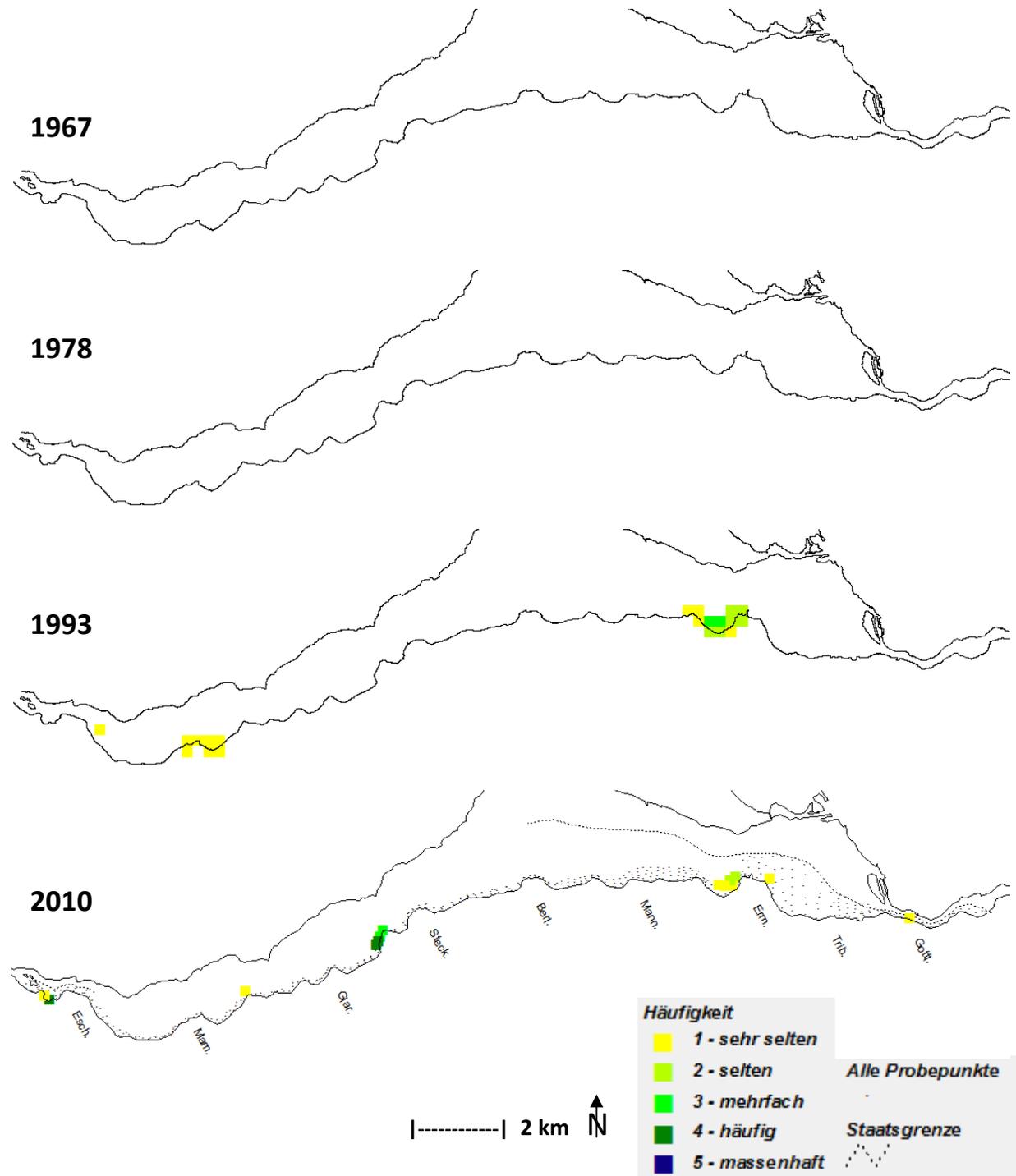
Raues Hornkraut – *Ceratophyllum demersum*



Kanadische Wasserpest – *Elodea canadensis*



Nuttalls Wasserpest – *Elodea nuttallii*



4.2.3.5 Fischkraut – *Groenlandia densa* (= *Potamogeton densus*)

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 *Groenlandia densa* praktisch nur zwischen 0,2 und 0,6 m Tiefe vorkommt. Ab einer Wassertiefe von 1 Meter wurde die Art nicht mehr gefunden (s. Kap. 4.3).

Bei der Kartierung 1993 konnte lediglich das Vorkommen beim Abfluss des Untersees dokumentiert werden, während 1967 noch grössere Bereiche von der Art besiedelt wurden. Insgesamt ist *Groenlandia densa* am Bodensee sehr selten und offensichtlich empfindlich gegenüber hohen Ammonium-Konzentrationen (SCHMIEDER 1998).

4.2.3.6 Ähriges Tausendblatt – *Myriophyllum spicatum*

Das Ährige Tausendblatt wurde bei der Kartierung 2010 an den identischen drei Stellen entdeckt wie bereits 1993, nur bei Mammern kam noch ein Fundort dazu. Während BAUMANN (1911) *Myriophyllum spicatum* um die Jahrhundertwende noch verbreitet findet, ist die Art während der Periode der höchsten Trophie des Untersees fast vollständig verschwunden (LANG 1981).

Allgemein gilt *Myriophyllum spicatum* als eutrphente Art (LANG 1981, KONOLD 1987), allerdings ist dabei zu beachten, dass die Art nicht unbedingt vom Nährstoffgehalt des umgebenden Wassers abhängig ist, sondern sich auch gut über die Wurzeln versorgen kann (SCHMIEDER 1998).

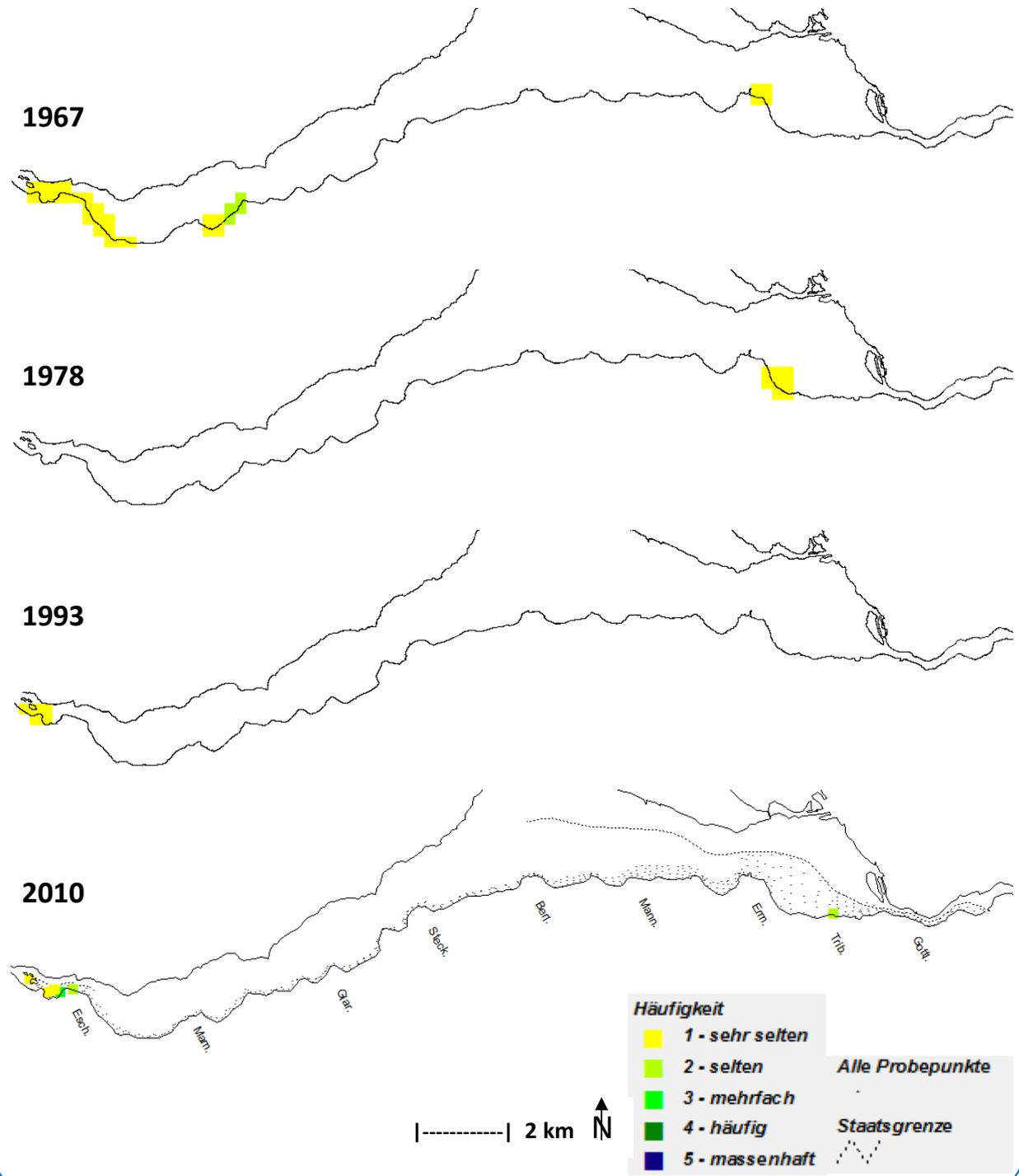
4.2.3.7 Mittleres Nixenkraut – *Najas marina* subsp. *intermedia*

Das Mittlere Nixenkraut wurde bei der Untersuchung 2010 nur vereinzelt gefunden. Gegenüber 1993 ist ein deutlicher Rückgang zu verzeichnen. Da *Najas marina* subsp. *intermedia* relativ wärmeliebend ist und daher meist etwas später als andere Makrophyten wächst, kann nicht ausgeschlossen werden, dass die Geringe Präsenz auch auf den eher frühen Kartierzeitraum zurückzuführen ist.

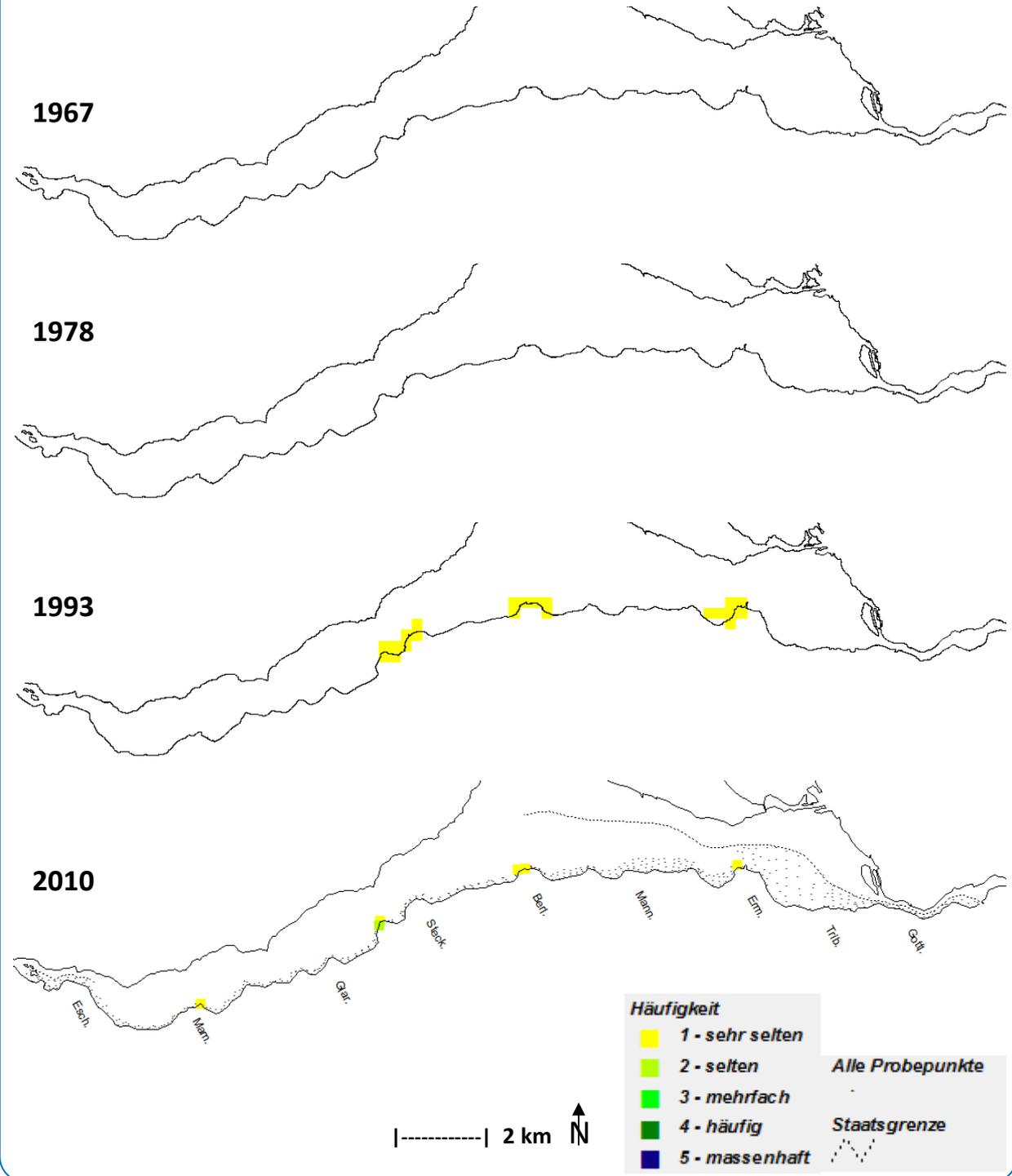
BAUMANN (1911) hält das häufige Vorkommen des Mittleren Nixenkrauts für den Untersee charakteristisch, da die Art damals im Obersee fehlte. Noch 1967 war *Najas marina* subsp. *intermedia* am Untersee stark verbreitet, ging dann aber in den darauffolgenden 10 Jahren drastisch zurück (LANG 1981). Die Verbreitungskarte von 1993 zeigt eine deutliche Erholung der Bestände, ausserdem wurden auch Vorkommen im Obersee dokumentiert (SCHMIEDER 1998). Heute kommt diese wärmeliebende Art fast am ganzen Obersee vor – wahrscheinlich aufgrund der allgemeinen Wassererwärmung (DIENST & STRANG 2008 u. 2009) (Vgl. Kap. 4.1).

Die Art hat wie viele andere während der Phase der starken Eutrophierung unter deutlichen Bestandseinbussen gelitten. Dies lässt sich gut mit den engen Toleranzbereichen für Phosphor, Nitrat und Ammonium erklären, die für die Art festgestellt wurden (s. SCHMIEDER 1998), so dass *Najas marina* subsp. *intermedia* auch gute Indikatoreigenschaften zugeschrieben werden können.

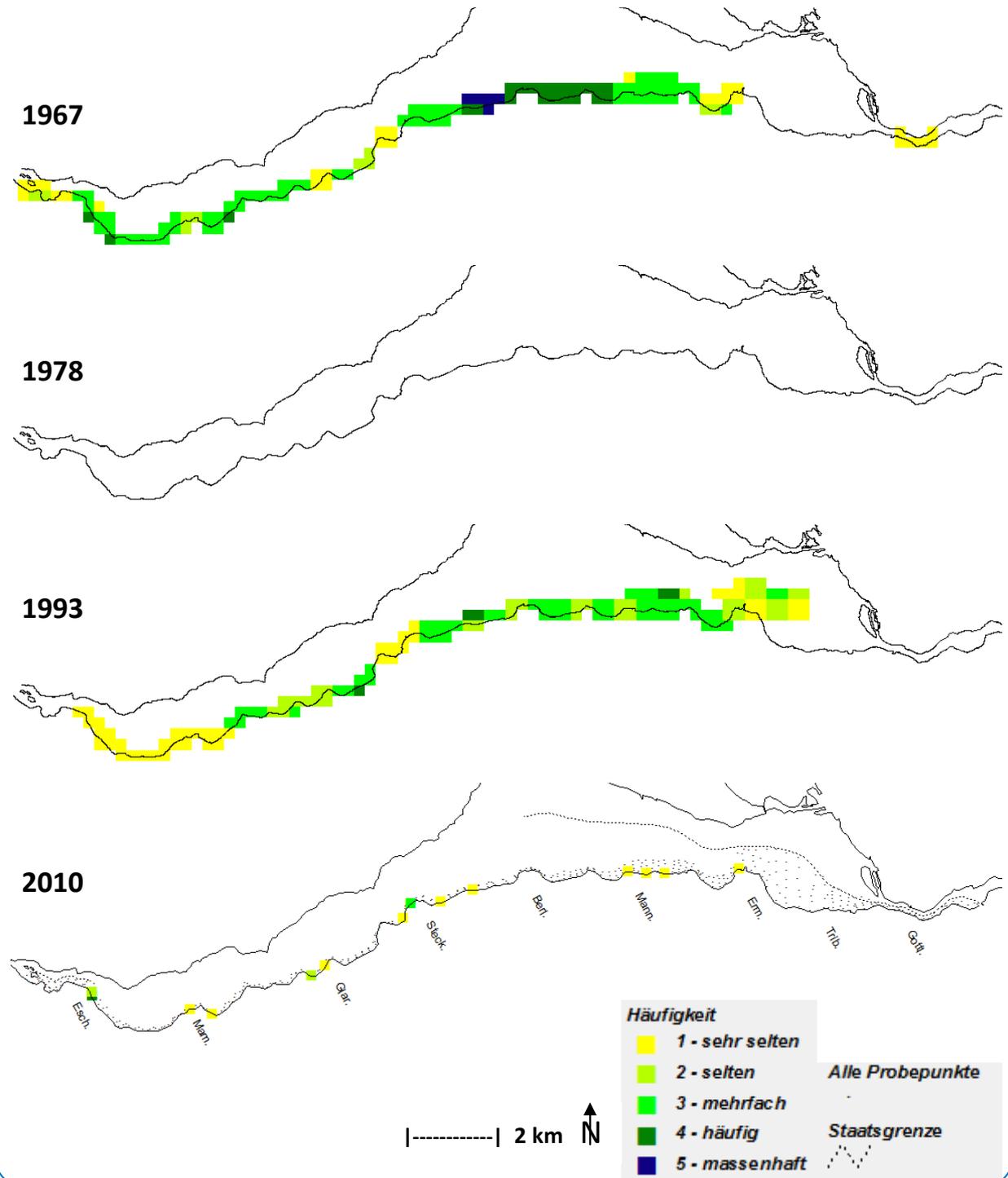
Fischkraut – *Groenlandia densa* (*Potamogeton densus*)



Ähriges Tausendblatt – *Myriophyllum spicatum*



Mittleres Nixenkraut – *Najas marina* subsp. *intermedia*



4.2.3.8 Spitzblättriges Laichkraut – *Potamogeton friesii* (= *P. mucronatus*)

Die Verteilung des Spitzblättrigen Laichkrauts war 2010 der vom Jahre 1993 sehr ähnlich, wenngleich auch etwas lückiger. Dabei kommt die Art mit Ausnahme des Ermatinger Beckens in weiten Bereichen des Untersuchungsgebietes vor. *Potamogeton friesii* ist typisch für die Tiefenzonen, zwischen 4,5 und 8 m liegt das Optimum (vgl. Kap. 4.3). Bei der Kartierung 1967 wurde die Art nur im strömungsreichen Bereich östlich der Werd-Inseln angetroffen, während sie 1978 unterhalb des Schloss Arenenberg bei Mannenbach und vor den Feldbachareal in Steckborn wuchs.

Interessanterweise liegen drei von nur fünf Fundorten der Art, die BAUMANN (1911) für den Untersee angibt, am Schweizer Ufer (Synonym: *P. mucronatus*). Nach SCHMIEDER (1998) ist die Art anspruchsvoll gegenüber Nitrat sowie tolerant gegenüber Phosphat. Daher profitierte *Potamogeton friesii* von den sinkenden Phosphat-Konzentrationen, aber steigenden Nitrat-Konzentrationen in den 80er Jahren. Möglicherweise wird die Art in den nächsten Jahren eher wieder abnehmen.

4.2.3.9 Schweizer Laichkraut – *Potamogeton helveticus*

Die Verbreitungskarte des Schweizer Laichkrauts aus dem Jahr 2010 entspricht weitgehend der von 1967, dabei sind die Vorkommen auf Strömungsbereiche beschränkt, zum einen Teile des Seerheins mit Rheinrinne sowie beim Ausfluss des Untersees vor den Werd-Inseln. Dagegen wurde bei den Kartierungen 1993 nur eine einzige Stelle in der Rheinrinne des Ermatinger Beckens und 1978 der Bereich des Seerheins als Fundorte von *Potamogeton helveticus* kartiert.

Schon SCHMIEDER (1998) 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, wo es ebenfalls starke Strömungen gibt, anzutreffen.



Foto 11 Die kräftigen Sprosse des Schweizer Laichkrauts sind wintergrün und in den strömungsreichen Bereichen an der Rheinrinne bei Gottlieben bis Ermatingen und bei Eschenz zu finden. 06.07.2010.

4.2.3.10 Spiegelndes Laichkraut – *Potamogeton lucens*

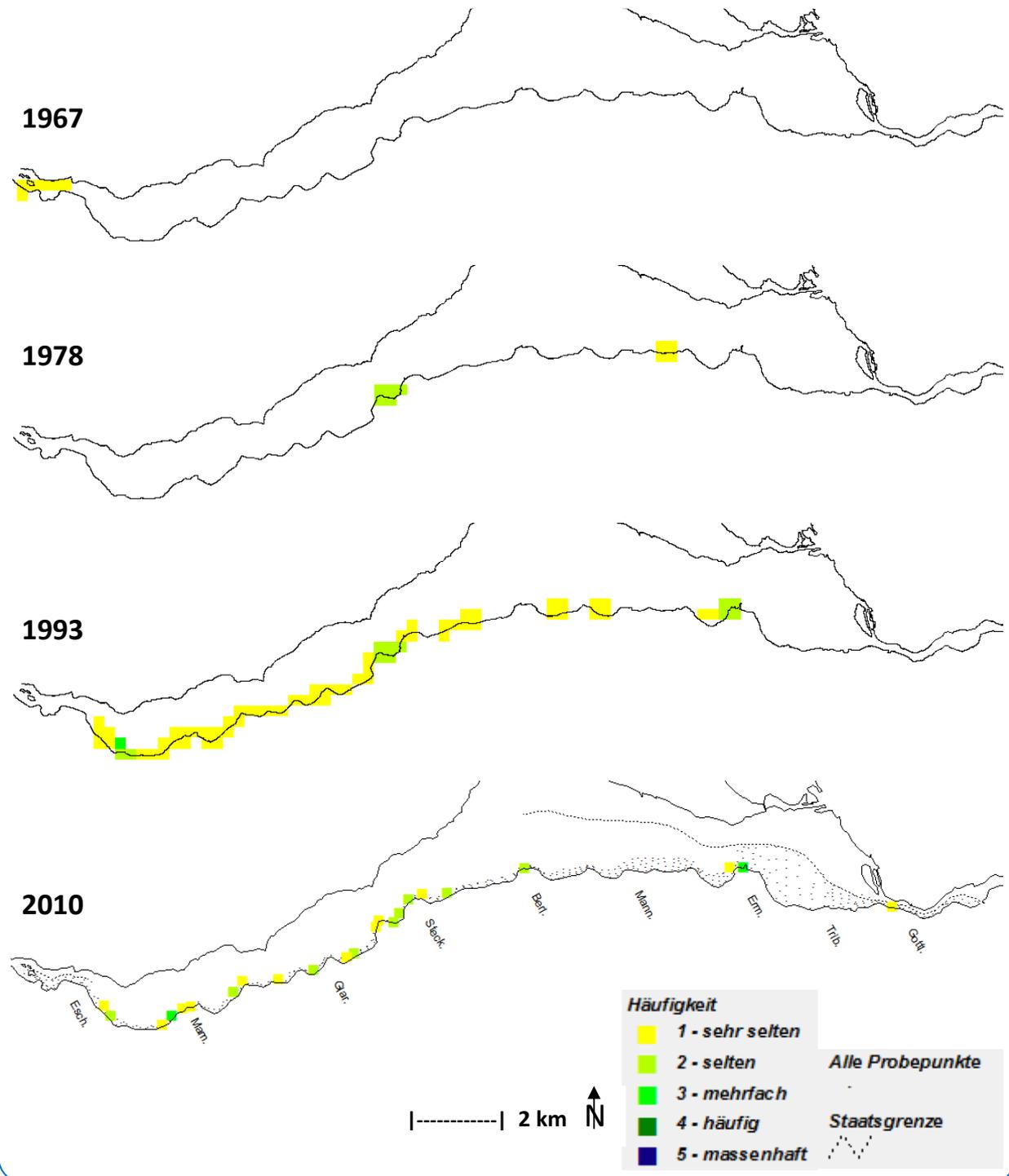
Die drei Fundorte des Spiegelnden Laichkrauts, die 2010 erfasst wurden, stimmen exakt mit denen von 1993 überein, dies sind Ermatingen, Glarisegg und die Werd-Inseln. Lediglich die Stelle beim Grenzbach im Seerhein konnte nicht mehr bestätigt werden. Damit setzt sich der massive Rückgang von *Potamogeton lucens*, wie er im Vergleich mit den Kartierungen von 1967 und 1978 deutlich wird, fort. Dieser Abwärtstrend hat aber wohl schon früher eingesetzt, da BAUMANN (1911) die Art gemeinsam mit *Potamogeton perfoliatus* zu den häufigsten Arten der Gattung zählt, die oft grosse Bestände mit über 50 m² Grösse als undurchdringliche „unterseeische“ Wälder ausbilden.

Ganz offensichtlich reagiert *Potamogeton lucens* sehr empfindlich gegenüber einer Eutrophierung des Gewässers und weist vor allem eine geringe Toleranz gegenüber höheren Ammonium-Konzentrationen auf als beispielweise *P. perfoliatus* – mit sonst ähnlichen Eigenschaften in Bezug auf die Nährstoffanreicherung im Wasser (PIETSCH 1982, MELZER et al. 1986, KONOLD 1987)

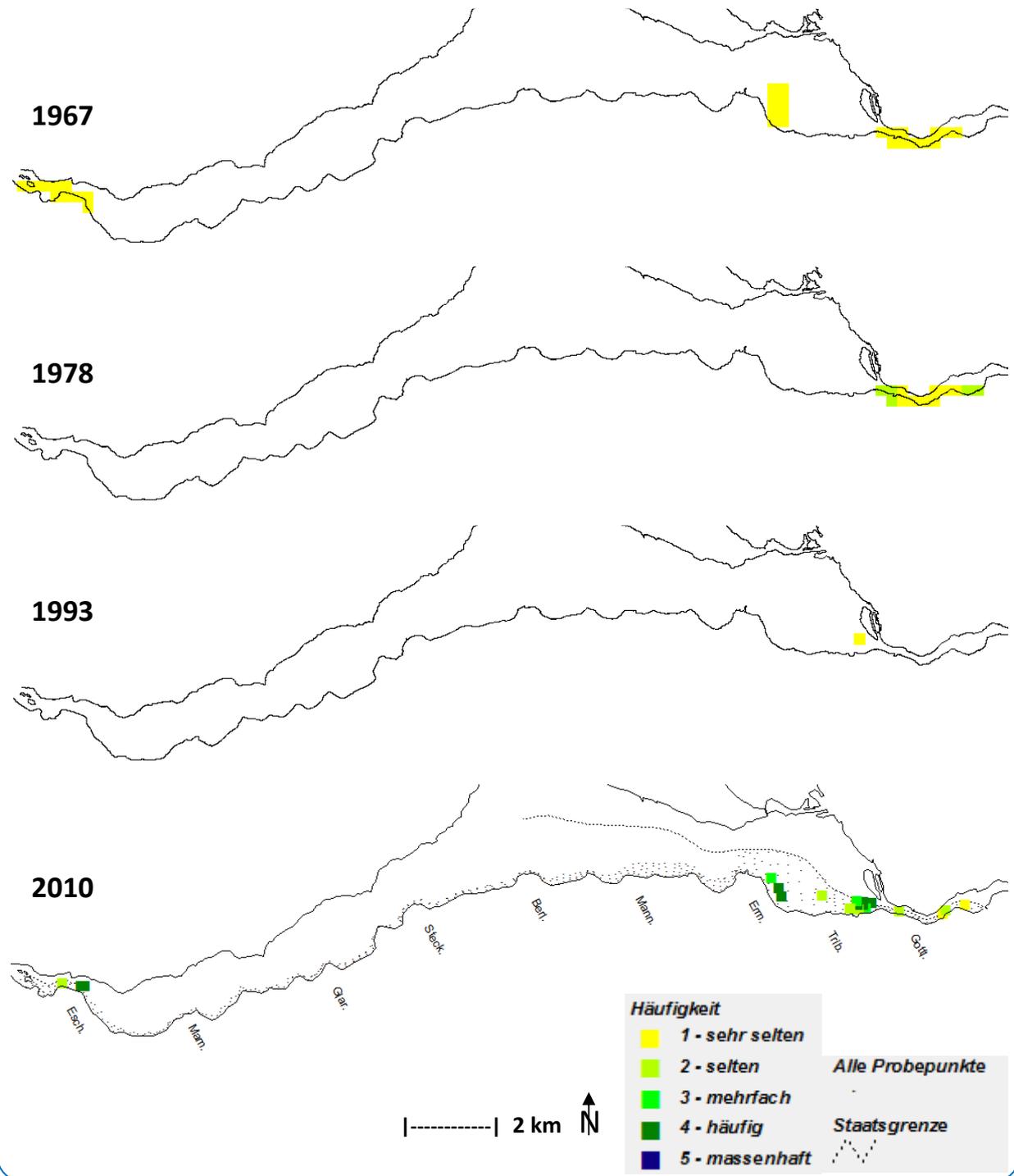


Foto 12 Das Spiegelnde Laichkraut tritt nur an wenigen Stellen auf – dann aber oft in grossen Beständen; hier bei Ermatingen am 13.07.2010.

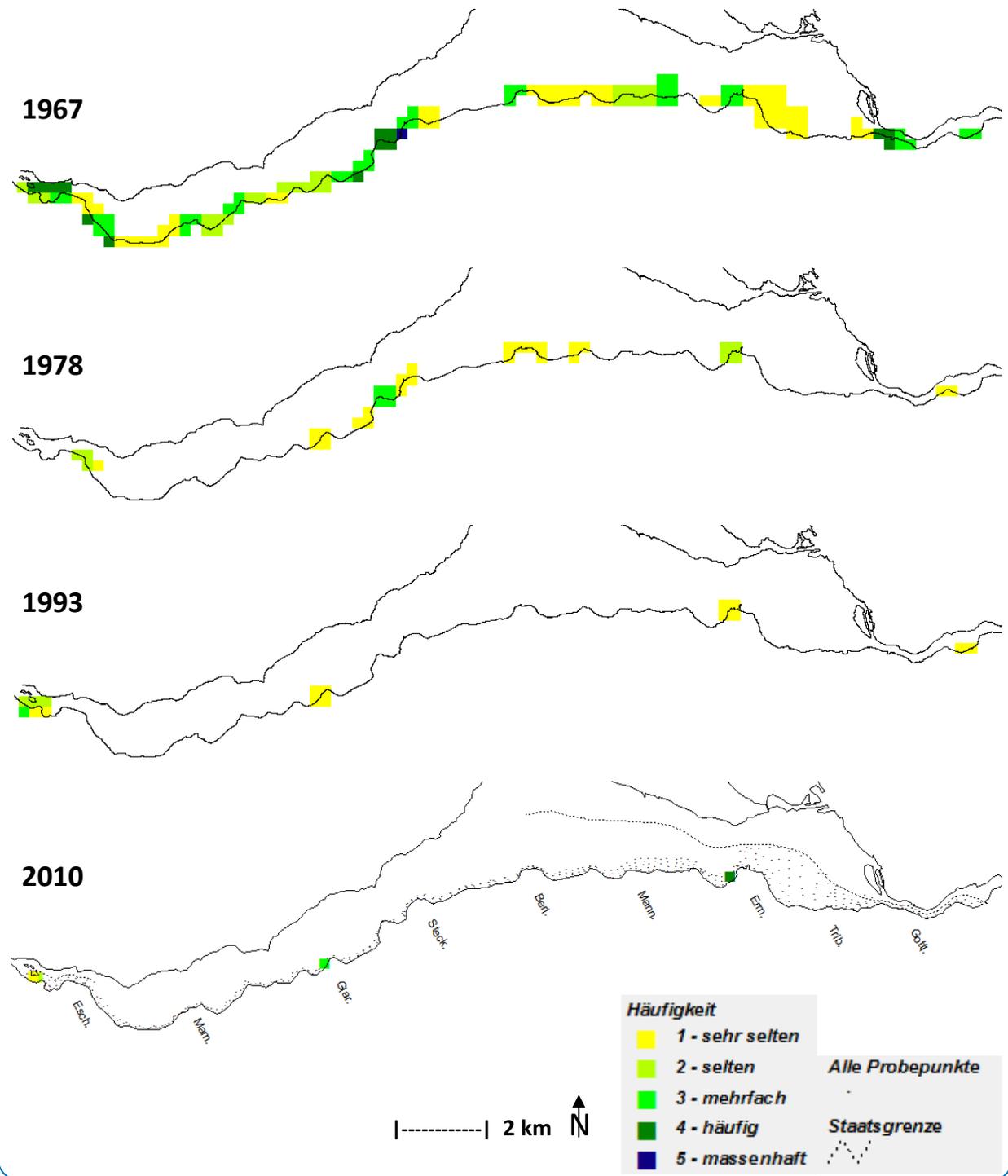
Spitzblättriges Laichkraut – *Potamogeton friesii*



Schweizer Laichkraut – *Potamogeton helveticus*



Spiegelndes Laichkraut – *Potamogeton lucens*



4.2.3.11 Kamm-Laichkraut – *Potamogeton pectinatus*

Bei der Kartierung 2010 konnte das Kamm-Laichkraut ohne grössere Lücken am gesamten Thurgauer Unterseeufer nachgewiesen werden. Meist tritt die Art nur sehr selten bis mehrfach auf, lediglich im Ermatinger Becken wurde bei mehreren Probepunkten ein massenhaftes Auftreten festgestellt. Nicht selten tritt *Potamogeton pectinatus* in kleinen dichten Beständen auf, oft entlang der Halde (vgl. Kap. 4.3 u. Abb. 12). Das Kamm-Laichkraut hat gegenüber 1993 nur leicht abgenommen. Von 1978 bis 1993 gab es einen deutlichen Rückgang. Gerade zu Zeiten der höchsten Trophie hatte *Potamogeton pectinatus* seine grösste Verbreitung, und so ist zwischen 1967 und 1978 eine klare Zunahme erkennbar.

LANG (1967) und SCHMIEDER (1989b, 1991, 1998) beschreiben für das Ermatinger Becken, wie sich der Vegetationswandel im Laufe der Eutrophierung dort vollzog: Die ursprünglichen Characeenrasen mit meist *Chara contraria* wurden 1962 und 1963 zu einer hochwüchsigen Vegetation, die durch *Zannichellia palustris*, *Potamogeton panormitanus* und *P. pectinatus* bestimmt war. 1989 kam es dann wieder zu einer plötzlichen Umkehr der Vegetation in einen *Chara contraria*-Rasen. Seither hat *Chara aspera* noch stark zugenommen, gebietsweise auch *Chara globularis* und sogar *Tolypella glomerata*.

Aufgrund der Verbreitungsentwicklung am Bodensee geht SCHMIEDER (1998) davon aus, dass *Potamogeton pectinatus* nicht aggressiv andere Arten vertreibt, sondern lediglich von der Verschlechterung der Lebensbedingungen für andere Arten profitiert und die freiwerdenden Lebensräume einnimmt. Unter besseren Lebensbedingungen hält er andere Arten wie *Chara contraria* und *Potamogeton perfoliatus* für konkurrenzkräftiger.

4.2.3.12 Durchwachsenes Laichkraut – *Potamogeton perfoliatus*

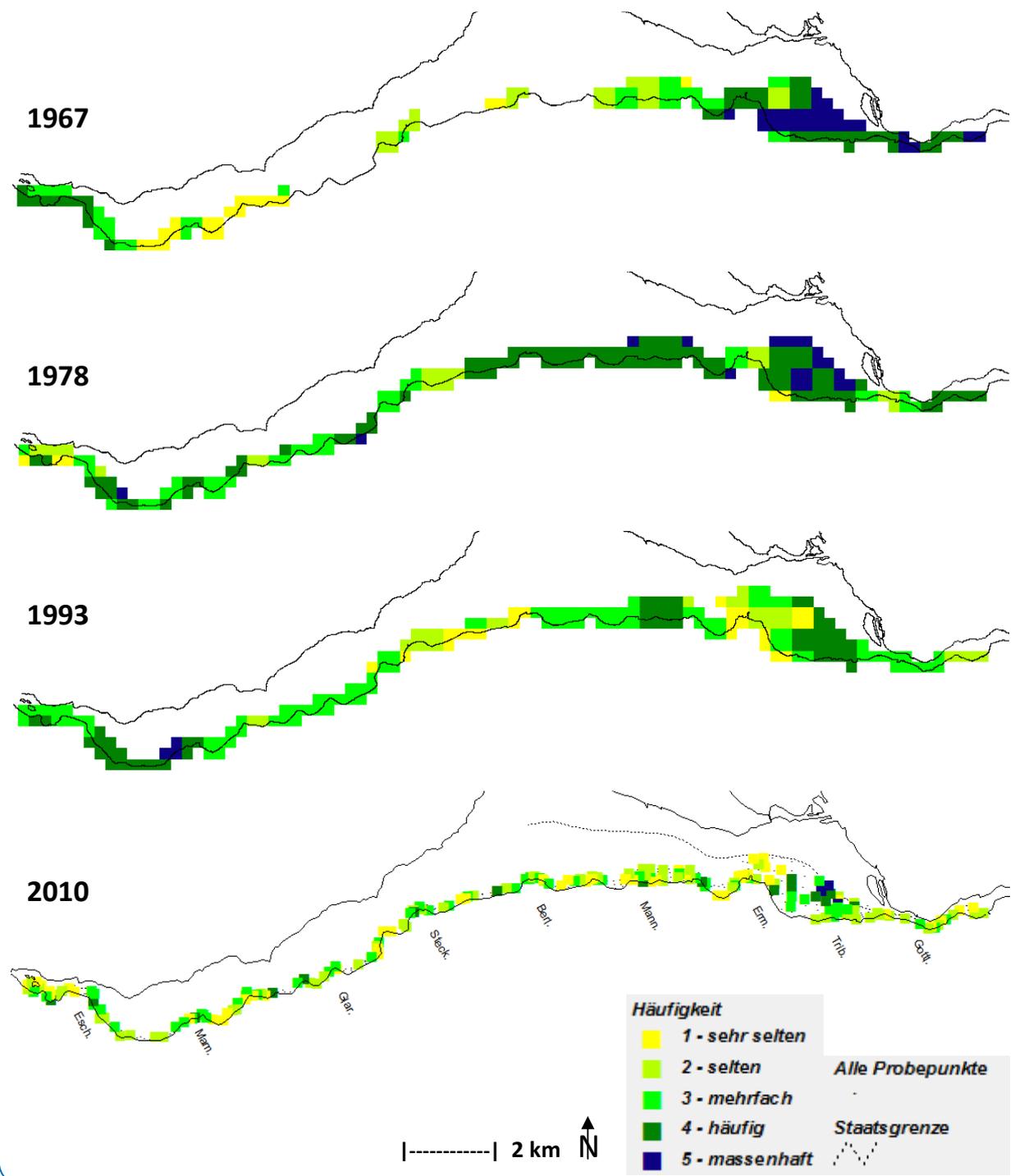
Gegenüber 1993, als das Durchwachsene Laichkraut im gesamten Untersuchungsgebiet flächendeckend, wenn auch meist mit geringer Häufigkeit, vorkam, lassen sich 2010 viele Lücken in der Verbreitung wahrnehmen. Die These von SCHMIEDER (1998), nach der sich *Potamogeton perfoliatus* in den nächsten Jahren aufgrund der sinkenden Nährstoff-Konzentrationen weiter ausbreiten wird, kann hier nicht bestätigt werden.

Nach BAUMANN (1911) war die Art um die Jahrhundertwende häufig und bildete oft ausgedehnte Einzelbestände sowie „unterseeische Wälder“ mit anderen Arten (*P. lucens*, *P. crispus*, *Myriophyllum spicatum*). 1967 war *Potamogeton perfoliatus* nach *P. pectinatus* die häufigste Laichkraut-Art im Untersee, bis 1978 ist die Art dann allerdings deutlich zurückgegangen.

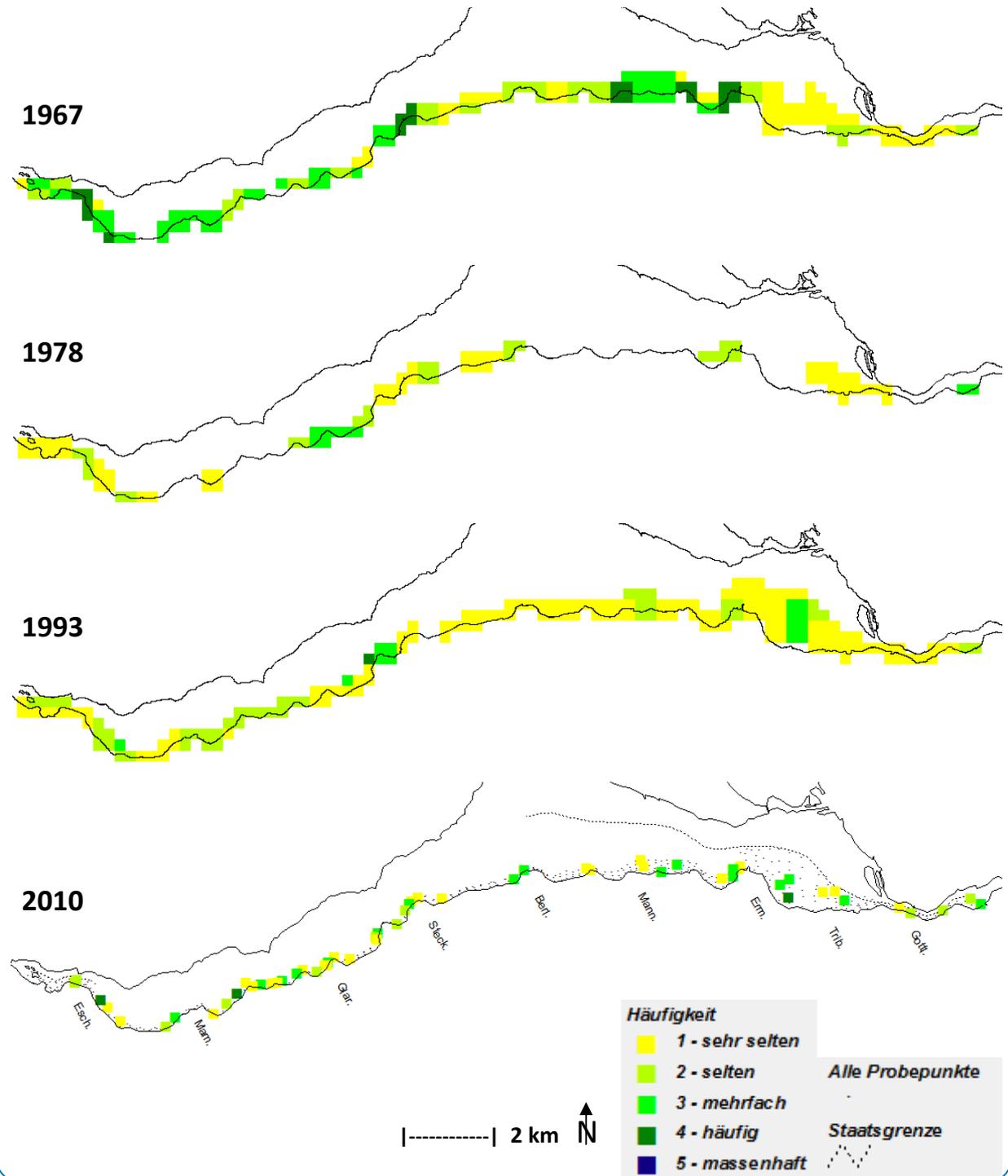
4.2.3.13 Kleines Laichkraut – *Potamogeton pusillus* (= *P. panormitanus*)

Das Kleine Laichkraut zeigt bei der Kartierung 2010 ein lückiges Vorkommen, wobei die Art zwischen Ermatingen und Berlingen sowie bei Mammern ganz fehlt. Bei den meisten Probestellen wurde *Potamogeton pusillus* nur sehr selten oder selten festgestellt. Gegenüber der Kartierung 1993 ist es zu einem deutlichen Rückgang gekommen; *Potamogeton pusillus* zählte zu diesem Zeitpunkt im Untersee zu den am meisten verbreiteten Arten (SCHMIEDER 1998).

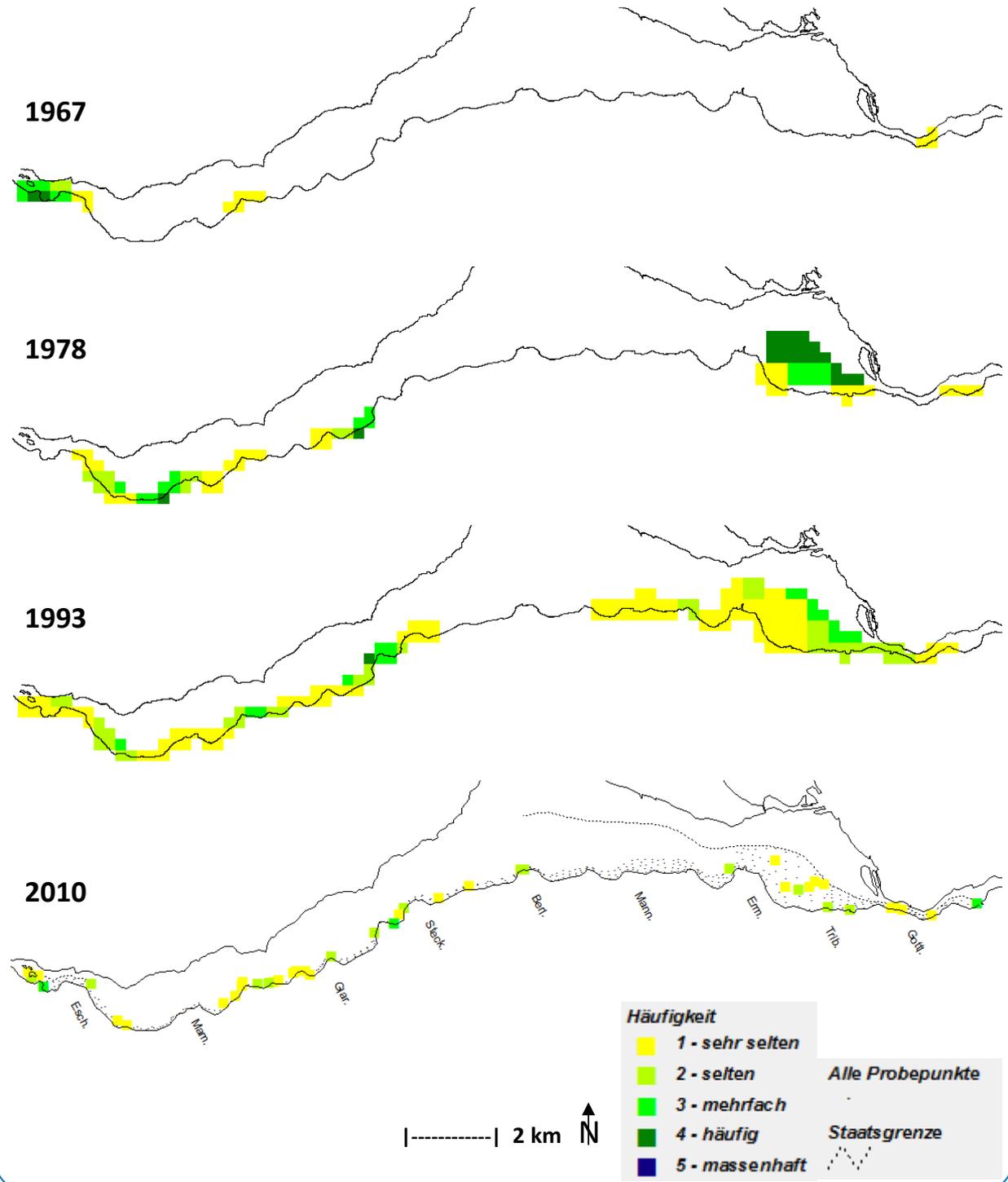
Kamm-Laichkraut – *Potamogeton pectinatus*



Durchwachsenes Laichkraut – *Potamogeton perfoliatus*



Kleines Laichkraut – *Potamogeton pusillus* (= *P. panormitanus*)



4.2.3.14 Haarblättriges Laichkraut – *Potamogeton trichoides*

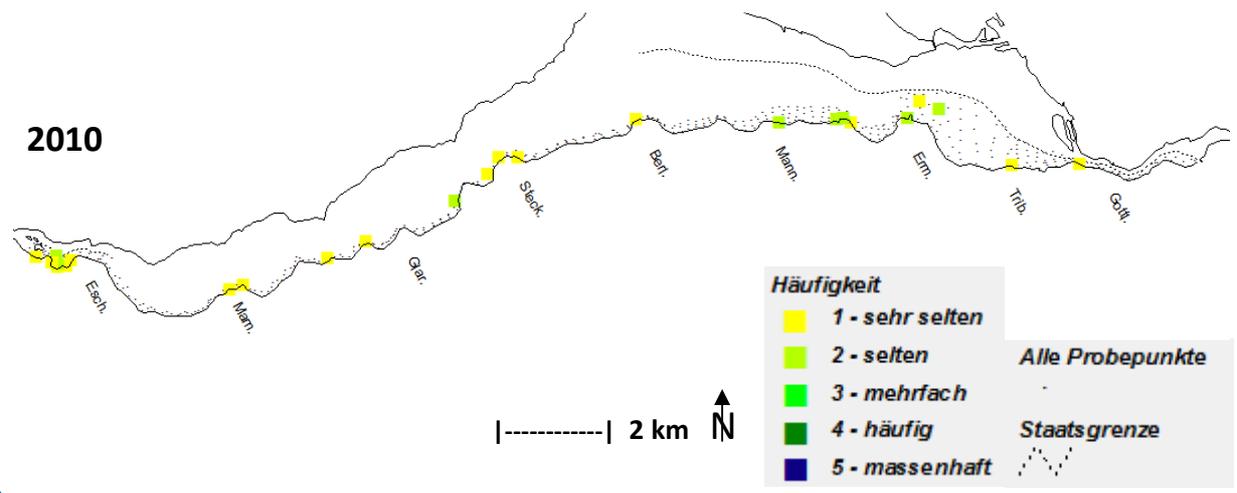
2010 wurde das Haarblättrige Laichkraut am Schweizer Unterseeufer nur zerstreut vorgefunden. Die Art kam immer nur sehr selten oder selten vor. Während bei den Kartierungen von 1967 und 1978 am gesamten Bodensee keine Funde registriert wurden, gab es 1993 neben einigen kleineren Vorkommen im Obersee nur grössere Vorkommen im Gnadensee, jedoch nicht im Schweizer Teil des Untersees. Die Vorkommen dieses Laichkrautes im Bodensee sind nicht einfach zu deuten. Nach Untersuchungen von ROWECK & SCHÜTZ (1988) in baden-württembergischen Seen tritt *Potamogeton trichoides* oft nur vorübergehend auf, und SCHMIEDER (1998) vermutet, dass aufgrund unterschiedlicher Angaben verschiedener Autoren zur Ökologie von *P. trichoides* möglicherweise von verschiedenen regionalen Varietäten der Art mit unterschiedlichen Standortsansprüchen ausgegangen werden muss.

Anmerkung: Die Art-Unterscheidung zu *P. pusillus* ist im Gelände nicht immer einfach. Fehldeterminationen können nicht ausgeschlossen werden. HUBER & BAUER (2010) konnten das Haarblättrige Laichkraut in keinen ihrer 28 Transekte am Untersee nachweisen; jedoch haben sie triftende Exemplare gesehen (M. Huber mündl.)

Haarblättriges Laichkraut – *Potamogeton trichoides*

1967 und 1978 keine Funde am ganzen Bodensee

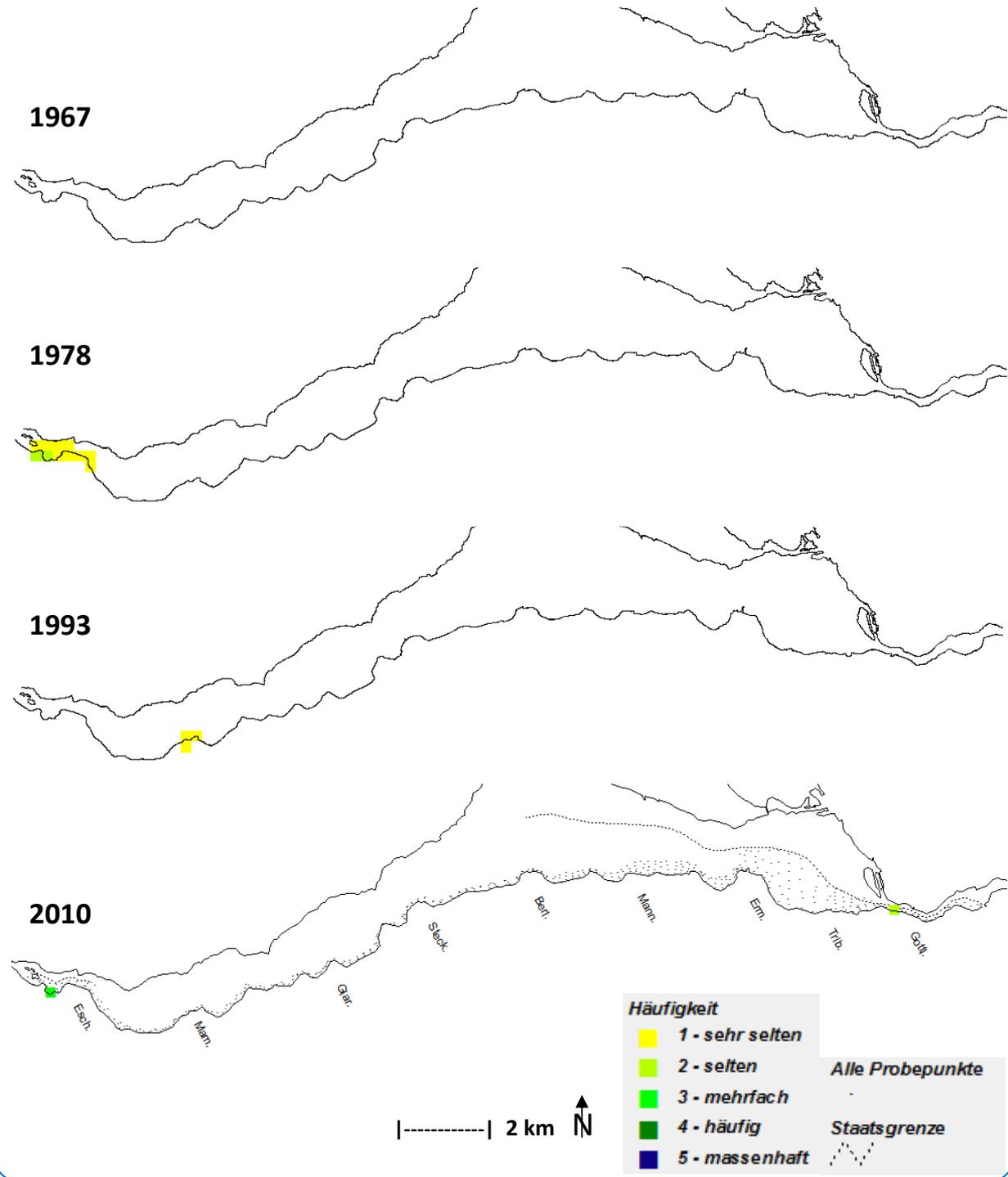
1993 grössere Vorkommen nur im Gnadensee und kleinere Bestände am Obersee



4.2.3.15 Spreizender Hahnenfuss – *Ranunculus circinatus*

Der Spreizende Hahnenfuss wächst nur an wenigen Stellen im Bodensee – bei der Kartierung 2010 wurden zwei Fundorte auf der Schweizer Seite des Untersees notiert: im Seerhein am Westrand von Gottlieben und in der Bucht (Schlammloch?) westlich Eschenz. Im letztgenannten Bereich wurde die Art bereits 1978 gefunden, während 1993 lediglich eine Stelle bei Mammern vermerkt ist und 1967 kein Fund im Gebiet gemacht wurde. Von DIENST & STRANG (2009) wurde die Art am Nordufer des Untersees nicht gefunden. BAUMANN (1911) gibt *Ranunculus circinatus* erstaunlicherweise noch als verbreitet an. So dürfte die Art eher ein Anzeiger sauberen Wassers sein, obwohl eine gewisse Affinität zu schlammigem Untergrund besteht (ROWECK 1988).

Spreizender Hahnenfuss – *Ranunculus circinatus*



4.2.3.16 Haarblättriger Hahnenfuss – *Ranunculus trichophyllus*

Der 1993 als einziges Vorkommen des Haarblättrigen Hahnenfusses ermittelte Bereich zwischen Eschenz und den Werd-Inseln konnte auch 2010 bestätigt werden. In den Jahren 1967 und 1978 waren darüber hinaus jeweils noch zwei weitere Fundorte weiter östlich ermittelt worden. Auch diese Art ist im Bodensee insgesamt eher selten, was nicht weiter verwundert, da *Ranunculus trichophyllus* fliessgewässerbedingungen bevorzugt. Erstaunlicherweise hat BAUMANN (1911) diese Art noch als verbreitet mit mehreren Standortsformen angegeben. Aus diesen Gründen ist es verständlich, wenn KONOLD (1987) zum Schluss kommt, dass *R. trichophyllus* keinem Zeigerwert zuzuordnen ist.

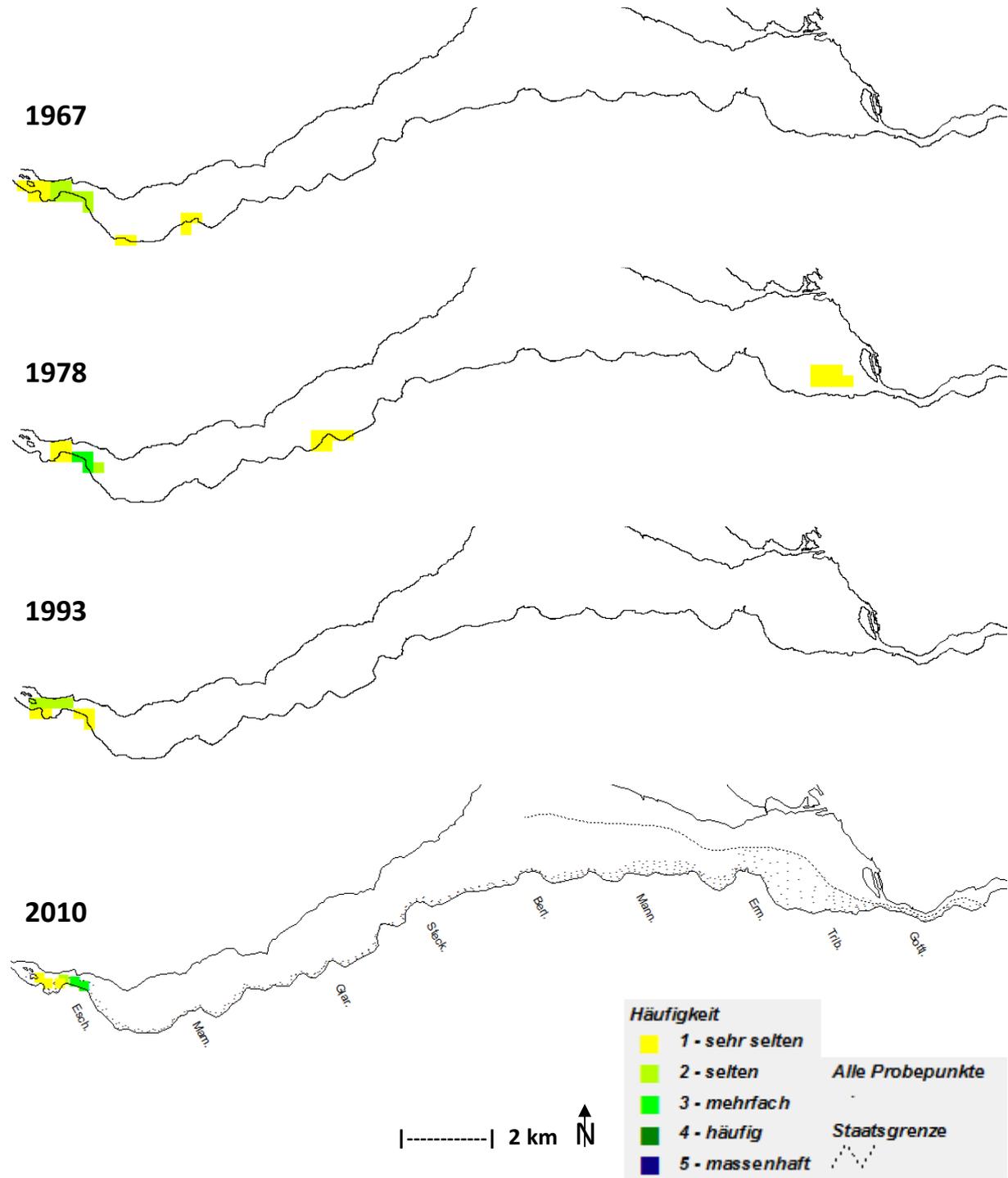
4.2.3.17 Teichfaden – *Zannichellia palustris*

Die Vorkommen des Teichfadens beschränkten sich 2010 weitgehend auf den Seerhein, das Ermatinger Becken und den Ausfluss des Untersees bei Eschenz. Gegenüber 1993 ist die Art leicht zurückgegangen. *Zannichellia palustris* profitierte vom erhöhten Nährstoffangebot des Bodensees. Zwischen 1967 und 1978 kam es vor allem im Untersee zu einer Massenvermehrung. Daher zählt SCHMIEDER (1998) *Zannichellia palustris* neben *Potamogeton pectinatus* zu den grossen Gewinnern der starken Eutrophierungsperiode der 70er Jahre – vor allem im westlichen Bodensee. Während die Art im Bodensee insgesamt zurückgeht, ist sie in den westlichen und östlichen Buchten des Untersees und in Bereichen mit stärkerer Strömung beständig (vgl. SCHMIEDER 1998), was für 2010 bestätigt werden kann.

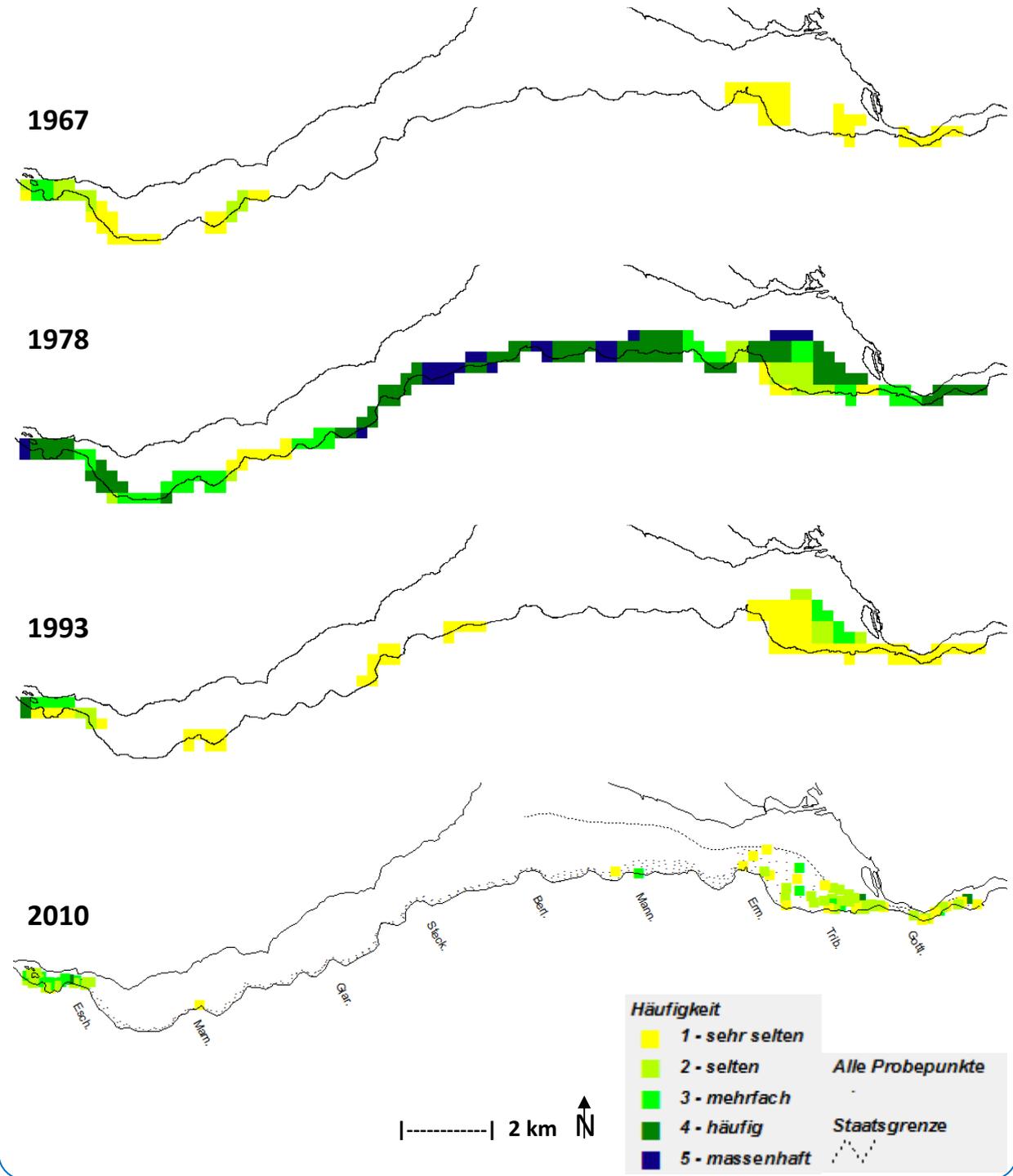


Foto 13 Der strömungsreiche Bereich bei Eschenz und den Werd-Inseln ist typisch für z. B. Fischkraut (*Groenlandia densa*), Schweizer Laichkraut (*Potamogeton helveticus*) Haarblättriger Hahnenfuss (*Ranunculus trichophyllus*) und auch Teichfaden (*Zannichellia palustris*); Nov. 2007. BAUMANN (1928) berichtet von einer beeindruckenden Bootsfahrt im August 1928, bei der er in diesem Bereich besonders dichte Wasserpflanzenbestände vorfand, in denen zusätzlich vorkamen: Tannenwedel (*Hippuris vulgaris*), Gras-Laichkraut (*Potamogeton gramineus*), Glänzendes Laichkraut (*P. lucens*), Durchwachsenes Laichkraut (*P. perfoliatus*), deren Bastarde *P. x angustifolius* und *P. x nitens* sowie Kleines Laichkraut (*P. pusillus*), Krauses Laichkraut (*P. crispus*) und sogar Faden-Laichkraut (*P. filiformis*). Es kann also auch bei oligotrophen Wasser eine üppige Vegetation entstehen. BAUMANN führt dies auf den niederen Wasserstand und besonders warmes Wasser zurück.

Haarblättriger Hahnenfuss – *Ranunculus trichophyllus*



Teichfaden – *Zannichellia palustris*



4.3 Tiefenverteilung

Das Vorkommen der einzelnen Arten in Bezug auf die Wassertiefe kann sehr unterschiedlich sein. Einige Arten zeigen Präferenzen für geringe Wassertiefen. Andere Wasserpflanzen kommen wiederum eher in tieferen Bereichen vor. Ob diese Zonierung reine Präferenzen sind oder auf Verdrängungseffekten beruhen, bleibt dahingestellt. In der Tiefe ist die Ausbreitung durch die abnehmende Lichtstärke limitiert, bei unseren Untersuchungen wurden unterhalb von 14 m keine Makrophyten mehr festgestellt. HUBER & BAUER (2010) geben im Untersuchungsgebiet 9,5 m als tiefstes Vorkommen in ihren 12 Transekten an. In den folgenden Graphiken wird die Tiefe unterhalb der Mittleren Mittelwasserlinie (MMW) des Untersees angegeben (Pegel Berlingen = 395,40 m ü. M).

Eine Präferenz für geringe Wassertiefen bis ca. 2 m zeigen *Chara tomentosa*, *Tolypella glomerata*, *Groenlandia densa* und *Najas intermedia*.

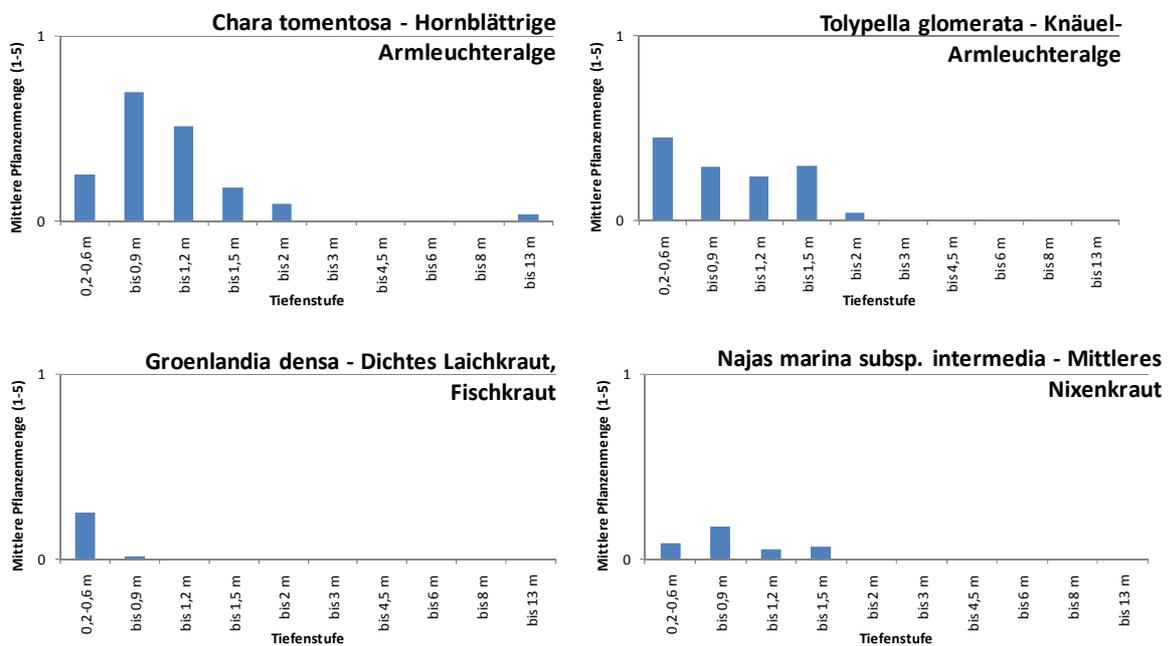


Abb. 7 Höhenverteilung von vier Arten, die bevorzugt in geringen Wassertiefen wachsen.

Chara aspera reicht meist bis 3 m Wassertiefe, kann aber auch bis 6 m vorkommen. Auch *Chara contraria* hat ihr Optimum bis 3 m, kommt aber gelegentlich auch bis unter 10 m an der Halde vor.

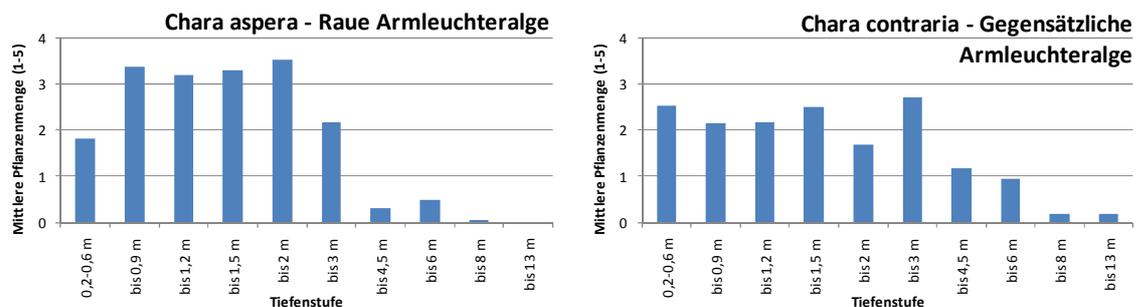


Abb. 8 Höhenverteilung von *Chara aspera* und *Chara contraria*.

Die häufigste Tiefenpflanze ist mit grossem Abstand *Chara globularis*. Wenn sie im flachen Wasser vorkommt, zeigt sie Nährstoffreichtum an (z. B. an der Steganlage Ermatingen, Foto 6). *Nitellopsis obtusa* ist ebenso typisch für die Tiefenzone an der Halde. Auch *Potamogeton friesii*, *P. helveticus* und die Nährstoffzeiger *Elodea nuttallii*, *E. canadensis* sowie *Ceratophyllum demersum* und (bedingt) *P. perfoliatus* kommen bevorzugt in Wassertiefen ab ca. 3 m vor. Die letztere Art wächst auch nicht selten in Ufernähe in geringer Tiefe auf kiesigen Böden als kriechende Form.

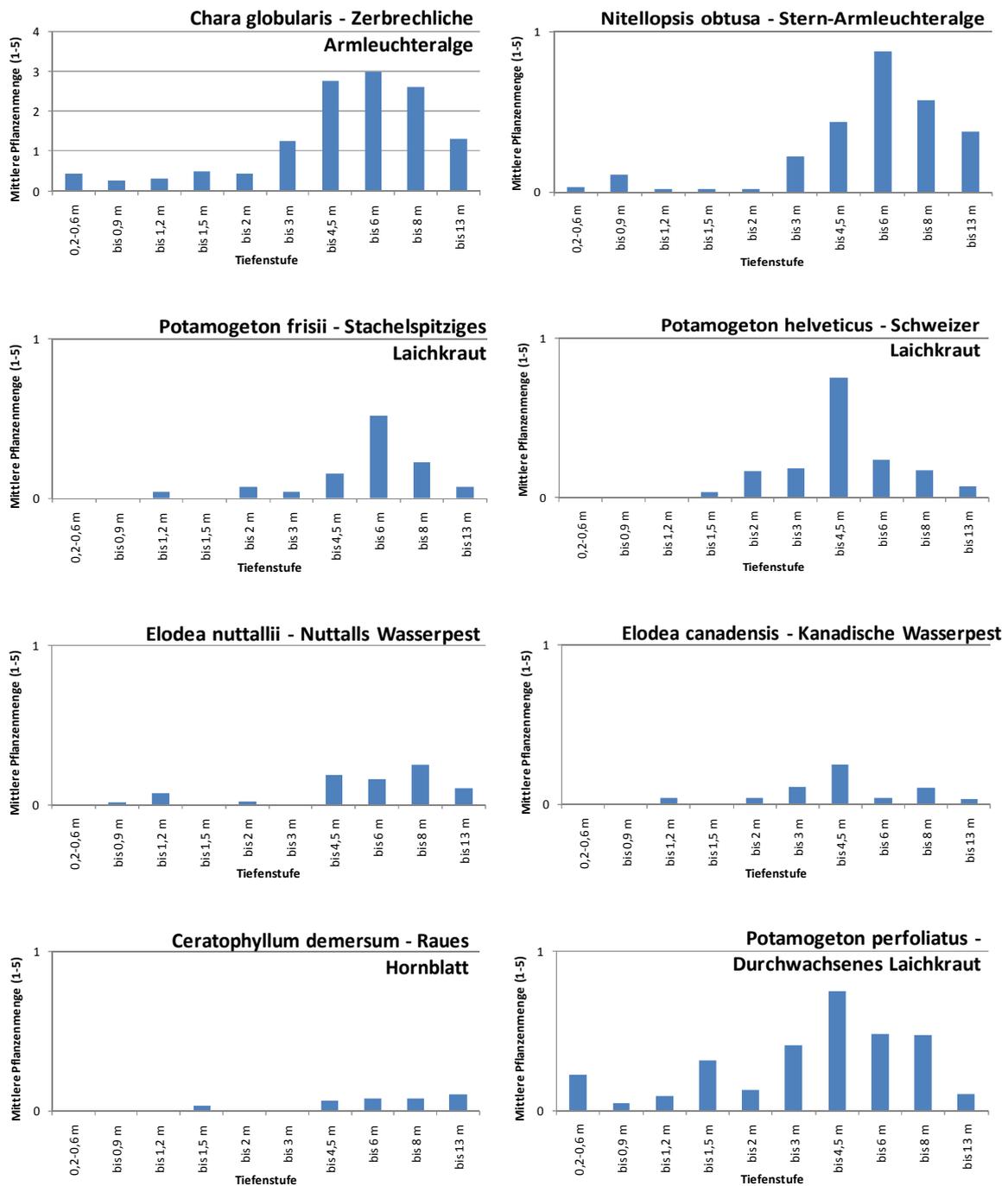


Abb. 9 Höhenverteilung von acht Arten, die bevorzugt im tieferen Zonen wachsen.

Zannichellia palustris und *Potamogeton trichoides* kommen in allen Tiefenstufen vor, zeigen aber eine geringe Vorliebe für flache Bereiche.

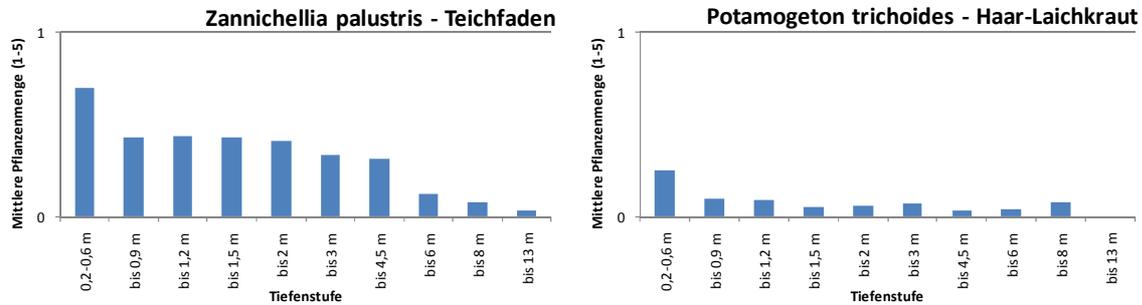


Abb. 10 Höhenverteilung von *Zannichellia palustris* und *Potamogeton trichoides*.

Potamogeton pectinatus und *P. pusillus* wachsen in allen Wassertiefen bis an die Halde. Richtige Laichkraut-Bänder an der Haldenkante kann besonders die erstgenannte Art ausbilden (Abb. 12).

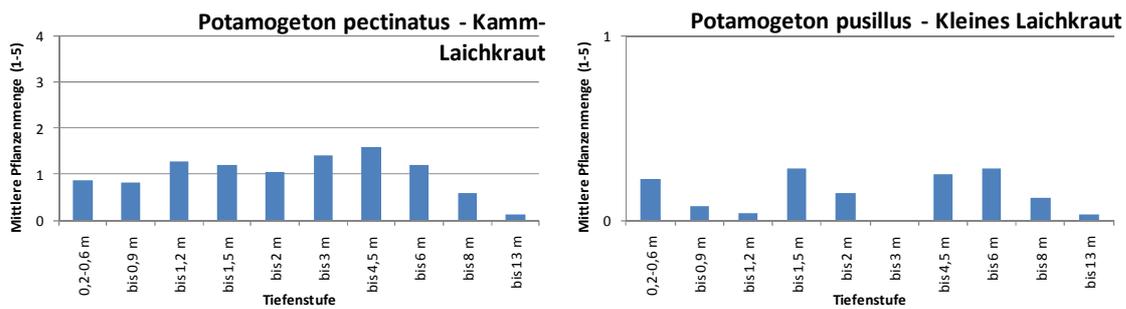


Abb. 11 Höhenverteilung von *Potamogeton pectinatus* und *P. pusillus*.



Abb. 12 Hochwüchsige Laichkräuter (gelb umrahmt) an der Haldenkante und nahe dem Schilfröhricht westlich Ermatingen; Luftbild von 2008.

4.4 Makrophytenindex – Trophiestufen

Die Graphiken von Abb. 13 bis Abb. 15 verdeutlichen die Veränderungen in Bezug auf die Trophie seit 1967. Offensichtlich können sich die Unterwasserpflanzen schnell an die sich verändernden Phosphatkonzentrationen des Wassers anpassen – sowohl in der Eutrophierungs- wie auch in der Reoligotrophierungsphase. Abb. 16 zeigt die Karten mit den Makrophytenindizes (MPI) von 2010 im Vergleich zu denen aus den Jahren 1967, 1978 und 1993. 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.

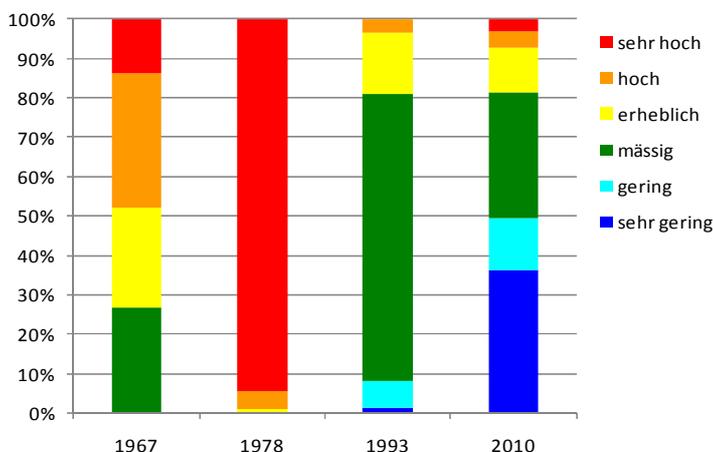


Abb. 13 Verteilung der fünf Trophiestufen am Thurgauer Unterseeufer in den Jahren 1967, 1978, 1993 und 2010.

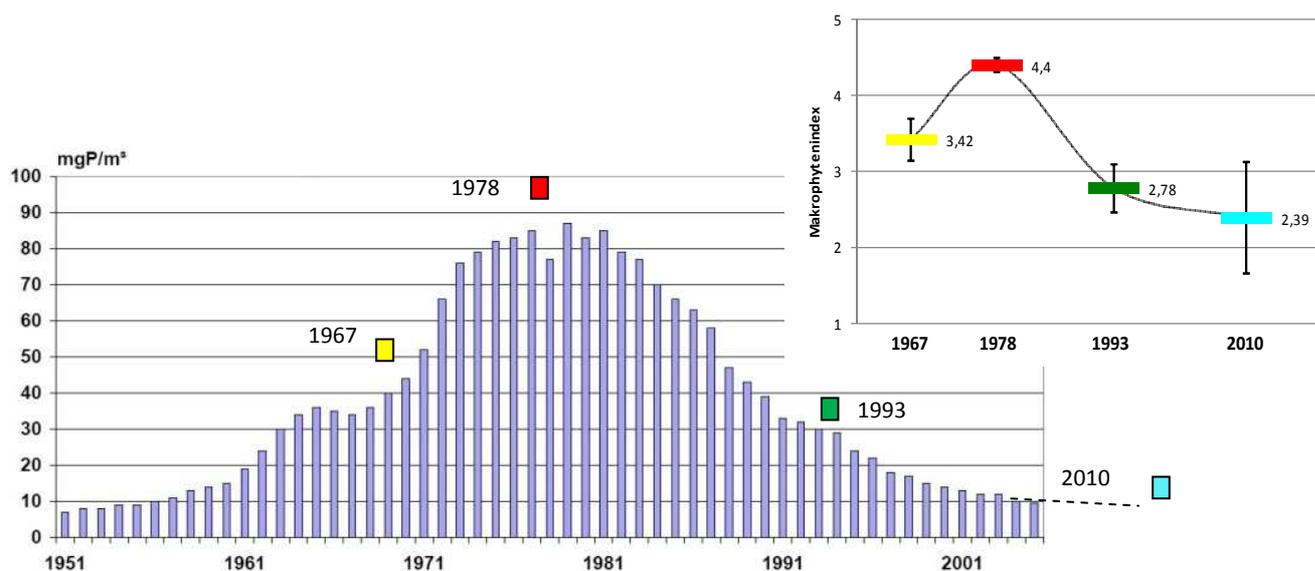


Abb. 14 (links) Gesamt-Phosphor im Bodensee-Obersee während der Durchmischungsphase; Quelle IGKB 2006.

Abb. 15 Mittelwerte der Makrophyten-Indexwerte am Thurgauer Unterseeufer in den Jahren 1967, 1978, 1993 (nach SCHMIEDER 1998 aus 250m-Rastern) und 2010 (422 Probepunkte) mit Standardabweichungen.

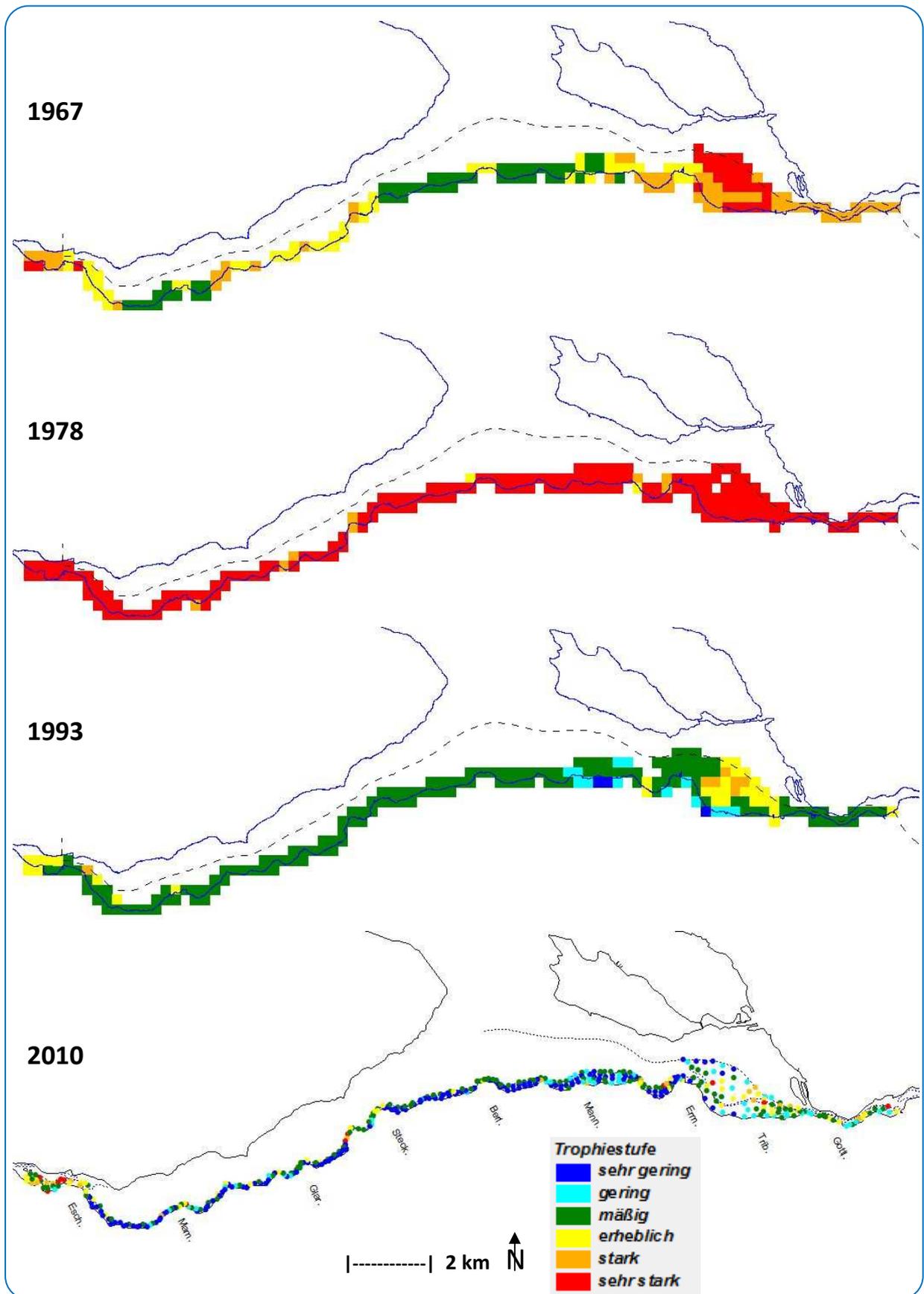


Abb. 16 Karten der Trophiestufen am Thurgauer Unterseeufer in den Jahren 1967, 1978, 1993 [nach SCHMIEDER 1998, Durchschnittswerte in (ca. 190) 250m-Rastern] und 2010 (422 Probepunkte); siehe auch A3-Blatt im Anhang.

4.4.1 Makrophytenindex (MPI) in Abhängigkeit von der Uferbewertung

Die Makrophytendaten wurden manuell den Uferbewertungen der IGKB (2006) zugeordnet. Diese sind in 50-m-Abschnitte eingeteilt. Es wurde mit Hilfe eines Puffer-Shapes unterschieden, ob die Probenahmepunkte nahe am Ufer (bis 50 m) oder weiter weg davon liegen (50–100 m bzw. über 100 m Abstand zur Uferlinie).

In Abb. 17 kann man erkennen, dass die Punkte, die vor „natürlichen“ Uferabschnitten liegen, leicht höhere MPI-Werte aufweisen. Vor naturfernen Uferabschnitten sind die MPI-Werte geringer. Die naturnahen und beeinträchtigten Abschnitte nehmen eine Zwischenstellung ein⁸. Das Ergebnis scheint widersprüchlich zu sein. Jedoch muss berücksichtigt werden, dass die hohen Trophiestufen eher dort bestehen, wo das Ufer flach ist und dort eher nährstoffreiche Feinsedimente akkumuliert werden. Vor verbauten Uferabschnitten findet häufig eine Abtragung von Feinsediment statt, so dass sich dort eher nährstoffarme Substrate befinden.

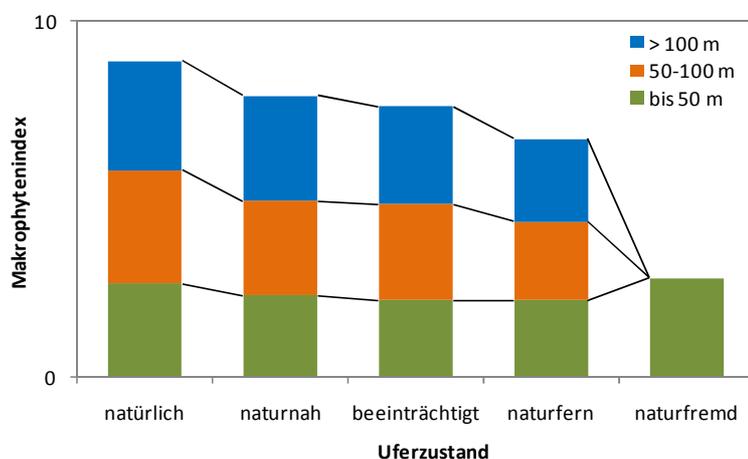


Abb. 17 Makrophytenindizes der 422 Probepunkte in Abhängigkeit von der Uferbewertung der IGKB (2006) – siehe auch Fussnote 8.

Eine Ausnahme bilden selbstverständlich die verbauten Ufer mit Häfen oder Steganlagen. Dort zeigen die Vorkommen von Laichkräutern, Teichfaden und Fadenalgen teilweise sehr hohe MPI-Werte an – allerdings nur, wenn es keinen oder nur einen geringen Wasserdurchfluss gibt. Ein Beispiel hierfür ist die kleine Bootsanlage bei Berlingen (Abb. 18 oben). Selbst grössere Steganlagen können noch ausgeprägte Armleuchteralgen-Bestände mit geringen MPI-Mittelwerten haben, wenn ein regelmässiger Austausch des Wasserkörpers möglich ist (Abb. 18 unten). Für den trophischen Zustand sind bei solchen Abschnitten selbstverständlich auch Zeitpunkt und Ausmass der letzten Ausbaggerung ausschlaggebend.

⁸ Die naturfremden Abschnitte stellen eine Anomalie dar, da ihnen von uns keine Abstände ab 50 m zugeordnet wurden, da davon ausgegangen wurde, dass bei grösseren Abständen vom Ufer keine Abhängigkeit mehr besteht.



Trophiestufe		Uferbewertung (IGKB 2006)	
● sehr gering	● gering	▲ 'natürlich'	▲ 'naturnah'
● mässig	● erheblich	▲ beeinträchtigt	▲ naturfrem
● hoch	● sehr hoch	▲ naturfremd	

Abb. 18 Makrophytenindex und Uferbewertung an den Beispielen Berlingen (oben) und Steckborn/Feldbach (unten). Bei Berlingen gibt es einen geringen Wasseraustausch, da sich der Bootssteg in einem Uferwinkel befindet. Es sammelt sich nährstoffreicher Schlamm an; deshalb ist die Trophiestufe erheblich. – Bei Ermatingen scheint es trotz grosser Steganlage eine halbwegs günstige Wasserzirkulation zu geben, obwohl das Ufer als naturfremd bewertet ist: Trophiestufe mässig. Besser noch sind die Bedingungen im östlich gelegenen Bojenfeld: Trophiestufe gut bis sehr gut. Allerdings fehlt hier durch Schwojkreise an vielen Stellen die Makrophytenvegetation.

4.4.2 Trophiestufe in Abhängigkeit von Wassertiefe

Wie bereits mehrfach angeklungen, sind die Nährstoffe wohl besser verfügbar, wenn das Wasser schnell fliesst. In der Regel ist dies in tieferen Bereichen eher der Fall als im Flachwasser. Deswegen steigt der berechnete Makrophytenindex (MPI) mit der Wassertiefe (Abb. 19).

Erläuterungen zu Abb. 19: Die Häufung der Punkte mit einem MPI-Wert von 1,5 bis 1,8 zeigt die *Chara-aspera*-reichen Bestände im ufernahen Bereich. Die auffallende Häufung der Punkt bei einem MPI von 2,5 (und darüber) steht für die *Chara-globularis*-Bestände nahe der Halde. Die Gruppe zwischen MPI=2,3–3,3 sind die ufernahen Bestände mit meist *Chara contraria* (und oft *Potamogeton pectinatus*). Ab 4 m Tiefe zeigen oft die beiden *Elodea*-Arten hohe Trophiestufen an. Im Flachwasser macht dies eher *Zannichellia palustris*.

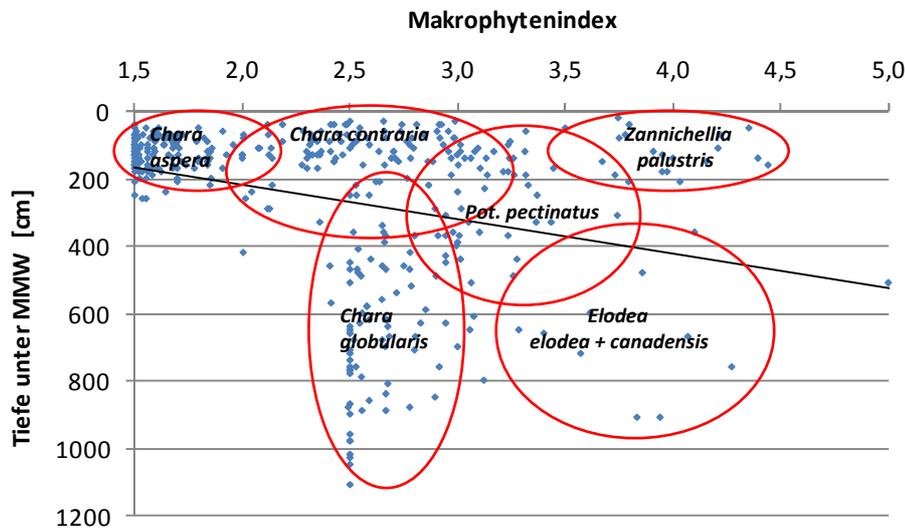


Abb. 19 Abhängigkeit des Makrophytenindex (MPI) von der Wassertiefe; Zuordnung der häufigsten Wasserpflanzen zu den Punktgruppen (manuell).

Trägt man die Wassertiefe über den fünf Trophiestufen auf, ergibt sich die Graphik in Abb. 20. Der „Ausrutscher“ bei Trophiestufe „mässig“ ist hier wieder mit der teilweisen Dominanz von *Chara globularis* nahe der Halde zu erklären.

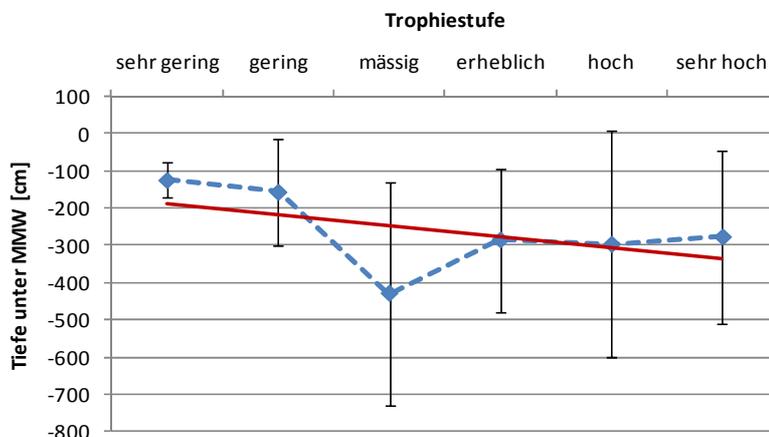


Abb. 20 Korrelation von Trophiestufe und Wassertiefe bei 422 Probepunkten (Mittelwerte u. Standardabweichungen).

4.5 Deckungsgrad und Uferbewertung

Wie in Kap. 3 bereits ausgeführt, konnte wegen der schlechten Sichttiefe nur bei 40 % der Probestellen (n = 172) die Vegetationsdeckung geschätzt werden.

Wie in Kap. 4.4.1 wurde der Deckungsgrad den Uferbewertungen der IGKB (2006) zugeordnet. In Tab. 4 und Abb. 21 sind neben den Deckungswerten auch noch die mittlere Wassertiefe sowie der Mittelwert der errechneten Makrophytenindizes für 172 (bzw. 170⁹) Probestellen dargestellt.

Tab. 4 Mittelwerte von Deckungsgrad, Wassertiefe (unter MMW) und den berechneten Makrophytenindizes bei vier verschiedenen Uferbewertungen (nach IGKB 2006). Dies betrifft nur 172 Probenahmen, bei denen die Sichttiefe eine Einschätzung der Vegetationsdeckung zuließ. Die Uferbewertung „naturfremd“ war nicht betroffen.

Uferbewertung (IGKB 2006)	natürlich (n=16)	naturnah (n=21)	beeinträchtigt (n=27)	naturfern (n=108)
Deckung [%]	58,8	58,8	78,1	82,3
Wassertiefe [cm]	74,4	71,0	107,0	100,6
MPI	3,1	2,4	2,3	1,9
Deckung [%] bei Flächen mit mindestens 60 cm Wassertiefe	58,0	61,0	82,8	84,4

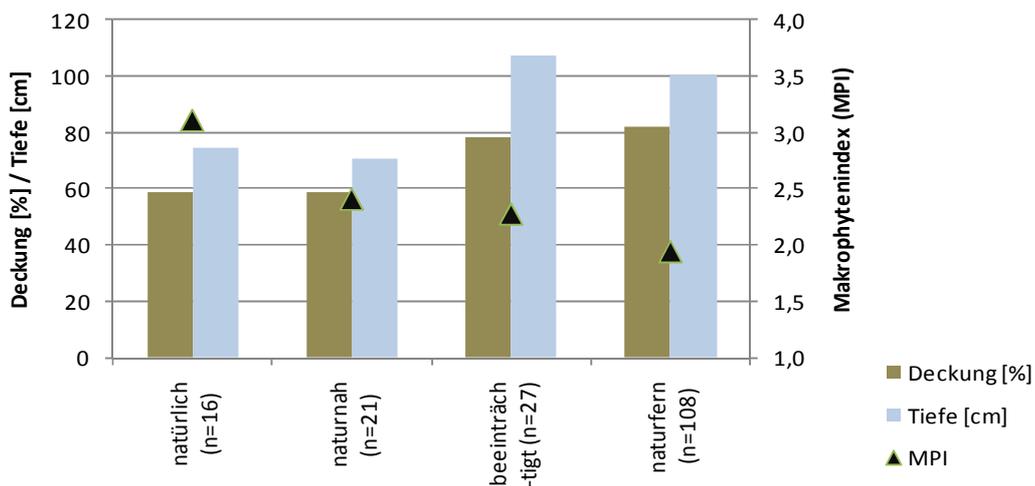


Abb. 21 Mittelwerte von Deckungsgrad und den berechneten Makrophytenindizes bei vier verschiedenen Uferbewertungen (vgl. Text zu Tab. 4).

⁹ Für die Berechnung des Makrophytenindizes (MPI) konnten nur 170 Probestellen (statt 172) herangezogen werden, da zwei Probestellen vegetationsfrei waren und sich kein MPI errechnen liess.

Die Deckungswerte der Wasservegetation sind bei den natürlichen und naturnahen Uferabschnitten identisch (58,8 %); bei den beeinträchtigten und naturfernen Abschnitten sind sie mit 78,1 und 82,3 % um ca. 35 % höher. Dies könnte dadurch erklärt werden, dass diese Abschnitte deutlich tiefer liegen als die naturnäheren Abschnitte. Auf die Abhängigkeit von Deckungsgrad und Wassertiefe wurde bereits in Kap. 3 eingegangen (vgl. Abb. 4). Jedoch liegen die Deckungswerte, wenn nur Wassertiefen ab 60 cm berücksichtigt werden (unterste Spalte in Tab. 4), nicht wesentlich anders. Um das Ergebnis besser deuten zu können, wurde die Abhängigkeit der Deckungsgrade vom Makrophytenindex geprüft (Abb. 22). Es zeigt sich, dass der Deckungsgrad bei niedrigen Indexwerten (geringe Trophiestufe) etwa ein Drittel (= 20 Prozentpunkte) höher liegt als bei hohen Trophiestufen. Dies scheint ein Widerspruch zu sein. Eigentlich könnte man erwarten, dass der Deckungswert mit steigendem Trophiegrad steigt (zumindest sollte die Biomasse ansteigen). Dieser Widerspruch kann nur damit erklärt werden, dass bei niedrigen Trophiestufen die Bodenbedeckung (und nur dieser Wert wurde geschätzt) von Armelechteralgen besonders hoch ist. Dass wiederum beeinträchtigte und naturferne Uferabschnitte (gemäß IGKB 2006) überwiegend nährstoffärmer sind als naturnahe und natürliche Ufer wurde bereits in Kap. 4.4.1 bzw. Abb. 17 gezeigt.

Fazit: Die Vegetationsdeckung ist bei naturfernen Uferabschnitten höher als bei naturnahen bzw. natürlichen Abschnitten, da dort die Trophiegrade geringer sind und sich dadurch zwar niedrigwüchsige, aber flächendeckende Armelechteralgenrasen (oft *Chara aspera*) entwickeln können.

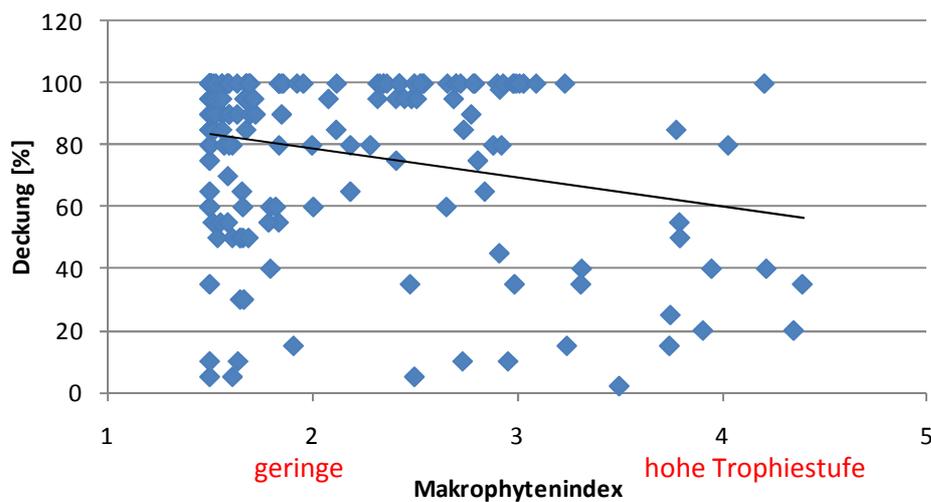


Abb. 22 Abhängigkeit der Deckungsgrade vom Makrophytenindex (MPI) an 170 Probestellen mit linearer Trendlinie (vgl. Fussnote auf voriger Seite).

4.6 Rote Liste

4.6.1 Armleuchteralgen

Für die Schweiz wurde aktuell eine Rote Liste der Characeen erstellt (AUDERSET JOYE et al. 2010).

Demnach waren von den 2010 am Schweizer Unterseeufer erfassten Arten

- stark gefährdet (EN): *Nitella syncarpa*, *Tolypella glomerata*
- verletzlich (VU): *Chara aspera*, *Chara tomentosa*, *Nitella opaca*
- potentiell gefährdet (NT): *Nitellopsis obtusa*.

Bemerkenswert ist, dass gerade die Rote-Liste-Arten am Bodensee – bis auf *Nitella syncarpa* (?) – in der Zunahme begriffen sind. Dies hängt zweifellos mit der Reoliotrophierung des Bodensees zusammen.

4.6.2 Blütenpflanzen

Für die Blütenpflanzen gibt das BUWAL (2002) als Gefährdungsgrade für die gesamte Schweiz folgende Arten an:

Für die 2010 erfassten Arten:

- vom Aussterben bedroht (CR): *Potamogeton trichoides*
- stark gefährdet (EN): *Alisma gramineum*, *Potamogeton friesii*, *Potamogeton helveticus*, *Ranunculus circinatus*
- verletzlich (VU): *Ceratophyllum demersum*, *Najas marina*, *Potamogeton pusillus*, *Zannichellia palustris*
- potentiell gefährdet (NT): *Groenlandia densa*, *Myriophyllum spicatum*.

Potamogeton trichoides gilt für das Östliche Mittelland sogar als ausgestorben (RE).

Die Rote Liste wird derzeit überarbeitet. Aus unserer Sicht scheint in den letzten Jahren besonders *Alisma gramineum* im Rückgang begriffen und daher auch gefährdet zu sein.

4.7 Besonders belastete Uferabschnitte

Ziel dieser Untersuchung war u. a., besonders belastete Uferbereiche aufzuspüren. Ein Hinweis hierfür ist das Auftreten von Fadenalgen und anderen euträphenten Makrophyten. Auch die berechneten Trophiestufen der Beprobungsstellen sind ein Indiz. Sie sind in den drei Karten in Abb. 23 nochmals dargestellt. Die meisten gelben, orangenen und roten Punkte (erhebliche bis sehr hohe Belastung) liegen an der Halde und ganz besonders in strömungsreichen Bereichen am Seeauslauf bei Eschenz und im Seerhein bzw. Rheinrinne zwischen Ermatingen und Konstanz. Wie bereits in den Kapiteln 4.2 und 4.4 mehrfach angesprochen, wachsen euträphente Wasserpflanzen gerne auch in durchströmten Bereichen, da dort die Nährstoffe besser verfügbar sind. – Interessant für besondere anthropogene Nährstoffquellen sind daher in der Regel nur solche Probepunkte, die nahe am Ufer liegen. Teilweise können nährstoffreiche Bedingungen an Fließgewässermündungen auch als natürlich angesehen werden, da Bäche und Mündungen von Natur aus nährstoffreiche Feinsedimente und organisches Material in den Bodensee tragen. Allerdings kann nicht ausgeschlossen werden, dass auch in die Fließgewässer Nährstoffe anthropogener Herkunft gelangen.

In der Regel sammeln sich in Häfen oder strömungsarmen Steganlagen sowie in flachen Buchten Nährstoffe an. Auch vor Siedlungen können sich nährstoffliebende Pflanzengesellschaften konzentrieren, die von diffusen Quellen profitieren.

Im Folgenden sind mögliche Problembereiche aufgelistet. Eine Einschätzung über die genauen Ursachen und die Notwendigkeit bzw. Möglichkeit von Sanierungsmassnahmen kann im Rahmen dieses Projekts jedoch nicht erfolgen. Nach unserer Einschätzung bedürfen die Punkte 1, 3, 6–11 und 14 einer besonderen Analyse.

Tab. 5 Mit Nährstoffen belastete Uferbereiche (vgl. Nummern in Abb. 23).

1. (Schlamm?)Loch in Eschenzer Bucht
2. Bachmündung beim Eschenzer Horn
3. Mammern: Umgebung Anlegesteg
4. Bachmündung am „Chuehörnli“ (Mammern Ost)
5. Bachmündung „Spänacker“ (Grenze Mammern/Glarisegg)
6. Glarisegg, östlich Horn (Schul/Hof-Gelände?)
7. Steckborn: bei ARA
8. Steckborn: östlich Anlegesteg
9. Berlingen: östlich Anlegesteg (vgl. Abb. 18 oben)
10. Kanalmündung (innerhalb Schilfgebiet), Mannenbach-West
11. Mannenbach: Ortskern-Ost (kleine Steganlage)
12. Freizeitparzellen bei Parkplatz „Wösterfäld“, Ermatingen
13. Bach/Kanal-Mündung, Ermatingen westlich Ortskern
14. Ermatingen: Hafen westl. Anlegesteg
15. Mündung Grenzbach, Tägerwilen (Grenze zu Konstanz)

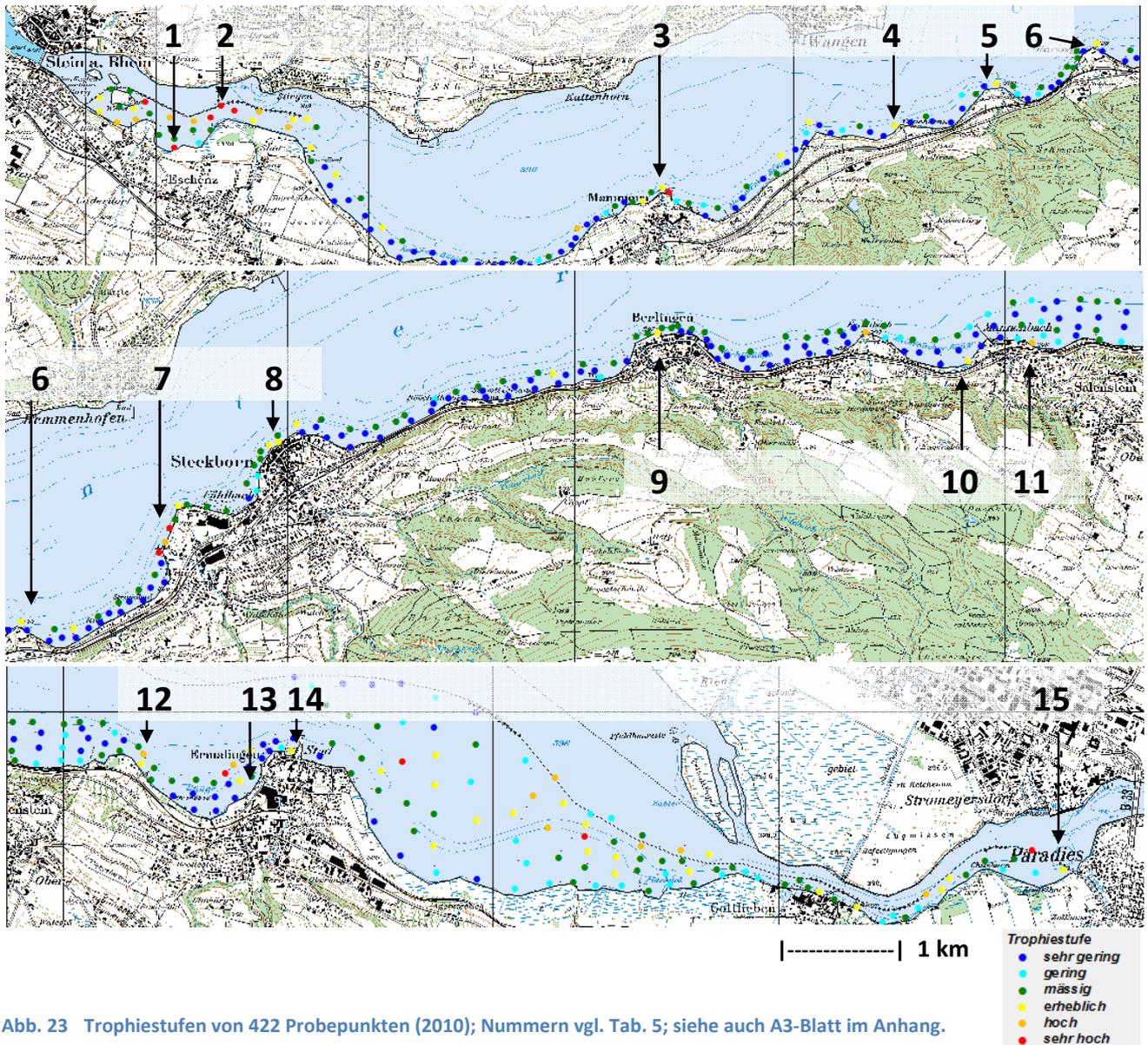


Abb. 23 Trophiestufen von 422 Probepunkten (2010); Nummern vgl. Tab. 5; siehe auch A3-Blatt im Anhang.

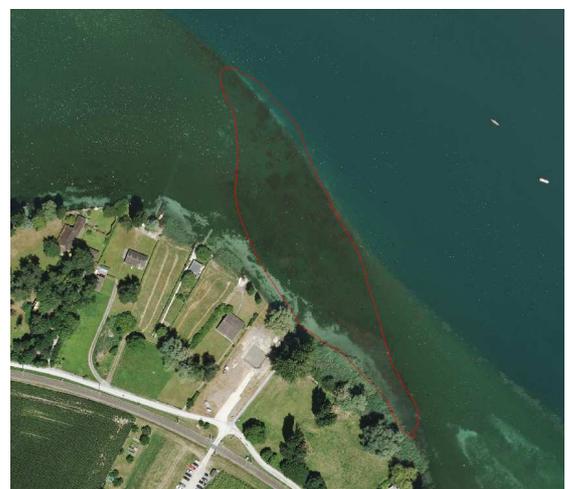


Abb. 24 Beispiel eines belasteten Uferbereichs im Gebiet Ermatingen „Wösterfeld“.

5 Schlussfolgerung

Die Ergebnisse der im Frühsommer am Thurgauer Unterseeufer durchgeführten Kartierung zeigen, dass sich die Unterwasservegetation seit der letzten Erhebung aus dem Jahr 1993 (SCHMIEDER 1998) stark verändert hat. Somit hat sie relativ zeitnah auf die Re-Oligotrophierung reagiert. Die Armeleuchteralgen prägen aktuell die Struktur der Unterwasserflora. *Chara aspera*, die um 1990 am Bodensee erloschen war, ist jetzt neben *Chara contraria* die häufigste Art. Nährstoffliebende Wasserpflanzen wie die Laichkrautarten, der Teichfaden und auch Fadenalgen haben seit 1993 deutlich abgenommen. Der berechnete Makrophytenindex ist von 2,78 auf 2,39 zurückgegangen, nachdem er 1978 noch bei 4,4 lag.

Dies kann als grosser Erfolg der Massnahmen zur Gewässerreinigung bewertet werden.

Bei den Auswertungen wurde geprüft, wie die Verbreitungsbilder der einzelnen Arten, dem berechneten Makrophytenindex (MPI) sowie die Vegetationsdeckung mit der Uferbewertung der IGKB (2006) korreliert sind (Kap. 4.4.1 u. 4.5). Hierbei zeigt sich, dass die Probepunkte, die vor „natürlichen“ Uferabschnitten liegen, leicht höhere MPI-Werte aufweisen. Vor naturfernen Uferabschnitten sind die MPI-Werte geringer. Die naturnahen und beeinträchtigten Abschnitte nehmen eine Zwischenstellung ein. Die Vegetationsdeckung ist bei naturfernen Uferabschnitten höher als bei naturnahen und natürlichen Abschnitten, da dort die Trophiestufen geringer sind und sich dadurch zwar niedrigwüchsige, aber flächendeckende Armeleuchteralgenrasen entwickeln können.

Dies zeigt also, dass es zwischen der Uferbewertung, die hauptsächlich nach hydromorphologischen Gesichtspunkten (z. B. Verbauungsgrad) bestimmt wurde, und dem ökologischen Wert der Unterwasservegetation – bezieht man sich auf den Zeigerwert (MPI) oder Deckungsgrad – keine positive Korrelation gibt, sondern sogar eine negative. Das Ergebnis scheint widersprüchlich zu sein. Jedoch sind naturnahe Ufer in der Regel flacher als verbaute Ufer und dort können sich eher nährstoffreiche Feinsedimente anreichern, als an den naturfernen und meist steileren Uferabschnitten.

In Kap. 4.7 werden 15 Uferabschnitte aufgelistet, an denen auffällig höhere Trophiestufen auftreten und wo Fadenalgen, Laichkräuter und Teichfaden sowie eine der beiden Wasserpest-Arten gehäuft wachsen. Dies sind teils Mündungsbereiche von Bächen, aber auch Häfen und Steganlagen mit wenig Wasseraustausch oder sonstige Uferbereiche mit unbekanntem Nährstoffquellen. Während bei Bachmündungen von mehr oder weniger natürlichen Nährstoffzufuhren ausgegangen werden kann, sind die Nährstoffanreicherungen bei Schiffsanlagen oder besonderen Uferverbauungen oder Einleitungen anthropogen bedingt. In solchen Fällen – betroffen sind die Punkte 1, 3, 6–11 und 14 in Tab. 5 – sollte die Qualität des Wassers chemisch und biologisch untersucht und gegebenenfalls nach Quellen der Verschmutzung gesucht werden.

6 Literatur und Quellen

- AUDERSET JOYE D., SCHWARZER A., LACHAVANNE J.-B. & JUGE R. 2010: Rote Liste Armleuchteralgen: Rote Liste der gefährdeten Arten der Schweiz. Ausgabe 2010. Herausgeber: Bundesamt für Umwelt BAFU, Laboratoire d'Ecologie et de Biologie Aquatique de l'Université de Genève, Bern.
- BAUMANN, E. 1911: Die Vegetation des Untersees (Bodensee). – Arch. Hydrobiol. Suppl. 1: 1–554.
- BAUMANN, E. 1915: Die Vegetation des Untersees (Bodensee) [Vortrag]. – Mitt. Thurg. Naturf. Ges. 21: 171–200.
- BAUMANN, E. 1925a: Über *Najas flexilis* Ristkov et Schmidt. – Mitt. Bad. Landesver. Naturkunde u. Naturschutz, N.F. 1 (16/17): 364–366.
- BAUMANN, E. 1925b: Über einige kritischen Potameen der Schweizer Flora. – Veröff. Geobot. Inst. Rübel, Zürich 3 (Festschrift Carl Schröter): 582–603.
- BAUMANN, E. 1928: Beiträge zur Flora des Bodensees und des Rheingebietes. – Mitt. Thurg. Naturf. Ges. 27: 145–157.
- BREUNIG, T. & DEMUTH, S. 1999: Rote Liste der Farn- und Samenpflanzen Baden-Württemberg. – Naturschutz-Praxis, Artenschutz 2, 161 S.
- BUWAL 2002: Rote Liste der gefährdeten Arten der Schweiz – Farn- und Blütenpflanzen. – 118 S.; Bern.
- DIENST, M. 1993: Kartierung der Wasserpflanzen im Uferbereich des Bodensees 1993. 2 Tabelle und 43 Karten – Universität Hohenheim, Institut für Landschafts- und Pflanzenökologie, im Auftrag der Internationalen Gewässerschutzkommission für den Bodensee, unveröff.
- DIENST, M. 2010: Bestimmungsschlüssel für die im Bodensee vorkommenden submersen Blütenpflanzen und Armleuchteralgen, Stand Mai 2010, 16 S. – PDF unter www.bodensee-ufer.de.
- DIENST, M. & SCHMIEDER, K. 2003: Wiederfund von *Tolypella glomerata* (Characeae) im Bodensee-Untersee. – Ber. Bot. Arbeitsgem. Südwestdeutschland 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.
- GEISSBÜHLER, J. 1938: Beiträge zur Kenntnis der Uferbiozöosen des Bodensees. – Mitt. Thurg. Naturf. Ges. 31: 3–38.
- HUBER, M. & BAUER, F. (in Arbeit): Kartierung der submersen Makrophyten des Bodensees 2006–2009 und Bewertung nach EU-Wasserrahmenrichtlinie.
- IGKB 2006: DVD Uferbewertung Bodensee 2006.
- KONOLD, W. 1987: Oberschwäbische Weiher und Seen, Teil II: Vegetation, Limnologie, Naturschutz. – Beiheft Veröff. Naturschutz Landschaftspflege Bad.-Württ. 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), J. Cramer Verlag.

- KRAUSE, W. 1985: Über die Standortansprüche und das Ausbreitungsverhalten der Stern-Armeleuchteralge *Nitellopsis obtusa* (Desvaux) J. Groves. – *Carolinea* 42: 31–42.
- KRAUSE, W. 1997: Charales (Charophyceae). – Süßwasserflora von Mitteleuropa Bd. 18, 202 S. Jena.
- LANG, G. 1967: Die Ufervegetation des westlichen Bodensees. – *Arch. Hydrobiol., Suppl.* 32: 437–574; Stuttgart.
- LANG, G. 1973: Die Makrophyten in der Uferzone des Bodensees unter besonderer Berücksichtigung ihres Zeigerwertes für den Gütezustand. – *Ber. Internat. Gewässerschutzkommission Bodensee* 12: 1–67.
- LANG, G. 1981: Die submersen Makrophyten des Bodensees – im Vergleich mit 1967. – *Ber. Internat. Gewässerschutzkommission Bodensee* 26: 1–64.
- LfU Bayern 2007: Verfahrensanleitung für die ökologische Bewertung von Seen zur Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie: Makrophyten und Phytobenthos.
- MELZER, A., Harlacher, R., Held, K., Sirch, R. & Vogt, S. 1986: Die Makrophytenvegetation des Chiemsees. – *Informationsberichte Bayer. Landesamt f. Wasserwirtschaft* 4: 210 S.
- MELZER, A. 1988: Die Gewässerbeurteilung bayerischer Seen mit Hilfe makrophytischer Wasserpflanzen. – *Hohenheimer Arbeiten: Gefährdung und Schutz von Gewässern*: 105–116.
- PIETSCH, W. 1982: Makrophytische Indikatoren für die ökochemische Beschaffenheit der Gewässer. In: *Ausgewählte Methoden der Wasseruntersuchung, Band II: Biologische, mikrobiologische und toxikologische Methoden*, VEB Gustav Fischer Verlag: S. 67–88.
- ROWECK, H. & SCHÜTZ, W. 1988: Zur Verbreitung seltener sowie systematisch kritischer Laichkräuter (*Potamogeton*) in Baden-Württemberg. – *Veröff. Naturschutz Landschaftspflege Bad.-Württ.* 63: 431–524.
- SCHAUMBURG, J., SCHRANZ, C., STELZER, D. & VOGEL, A. 2008: Bewertung stehender Gewässer mit Makrophyten und Phytobenthos gemäß EG-WRRL. – Bayerisches Landesamt für Umwelt, Endbericht im Auftrag der LAWA (Projekt Nr. O2.06), 161 S, Augsburg / Wielenbach.
- SCHMIEDER, K. 1989: Submerse Makrophyten des Ermatinger Beckens im Juli 1989. – Bericht für die IGKB (unveröffentlicht).
- SCHMIEDER, K. 1991: Veränderungen der submersen Makrophytenvegetation des Bodensee-Untersees als Spiegelbild der trophischen Entwicklung. – Bericht Institut für Seenforschung Langenargen, unveröff. 155 S.
- SCHMIEDER, K. 1997: BUGIS – digitaler Datensatz zur Kartierung der submersen Makrophyten am Bodensee.
- SCHMIEDER, K. 1998: Submerse Makrophyten der Litoralzone des Bodensees 1993 im Vergleich mit 1978 und 1967. – *IGKB-Bericht* Nr. 46, 171 S.
- SCHRÖTER, C. & KIRCHNER, O. 1902: Die Vegetation des Bodensees. – *Schr. Ver. Gesch. Bodensee* 31: 1–86 (Beilagen), Konstanz.
- STREBLE H. & KRAUTER, D. 1988: *Das Leben im Wassertropfen*. Kosmos Naturführer, Franksche Verlagsbuchhandlung Stuttgart, 400 S.

Wasserpflanzen-Kartierung 2010

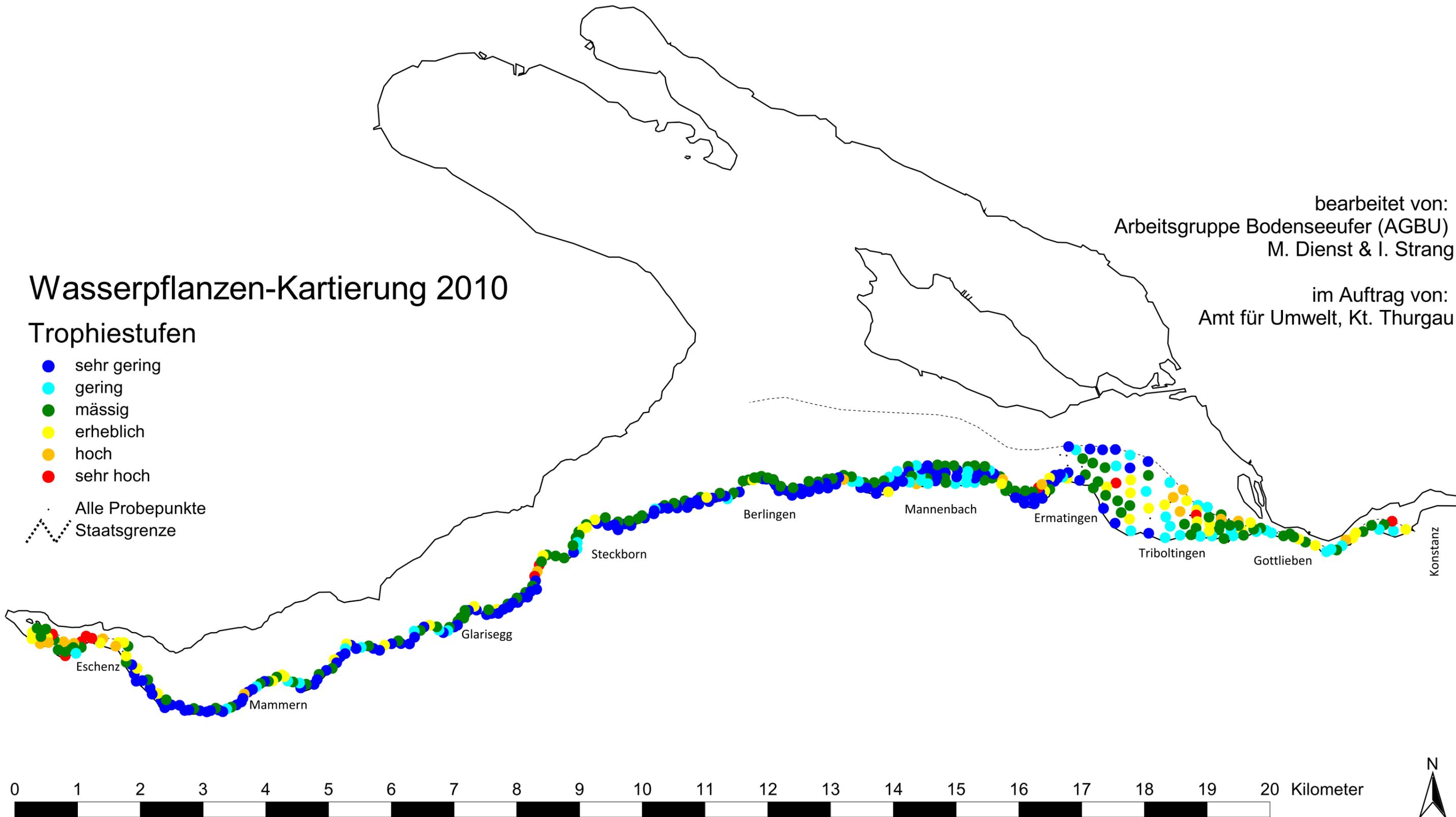
Trophiestufen

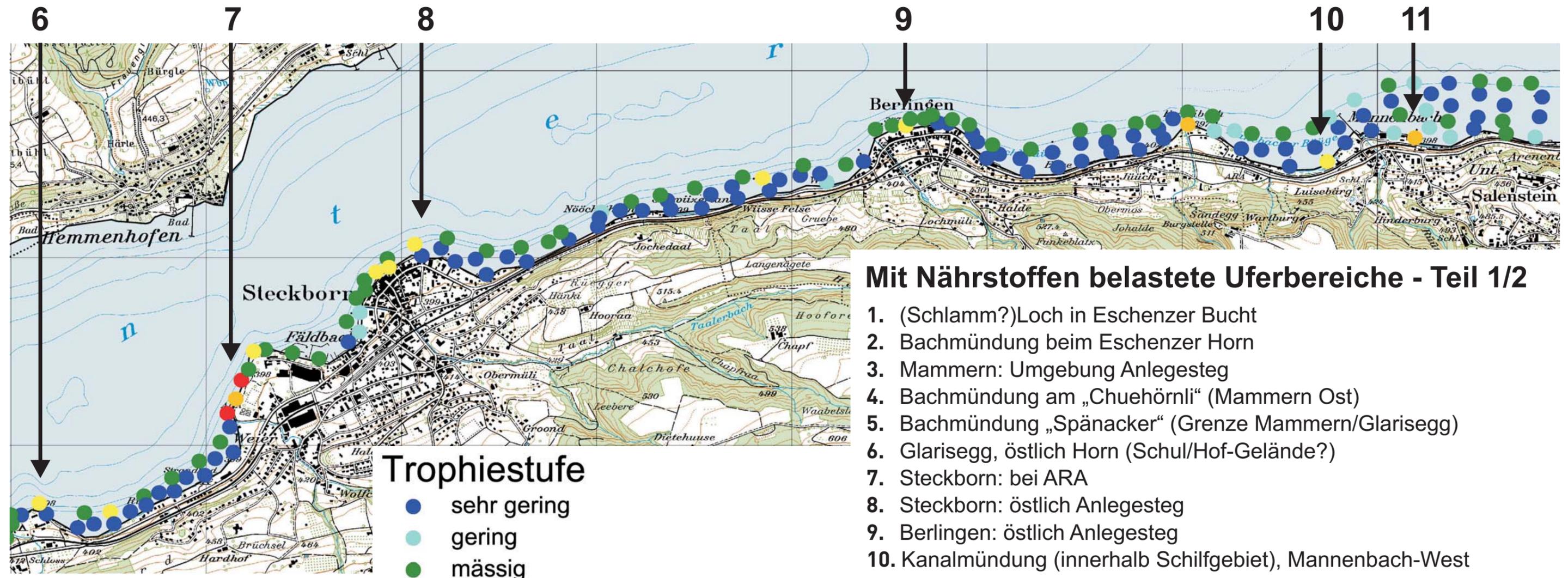
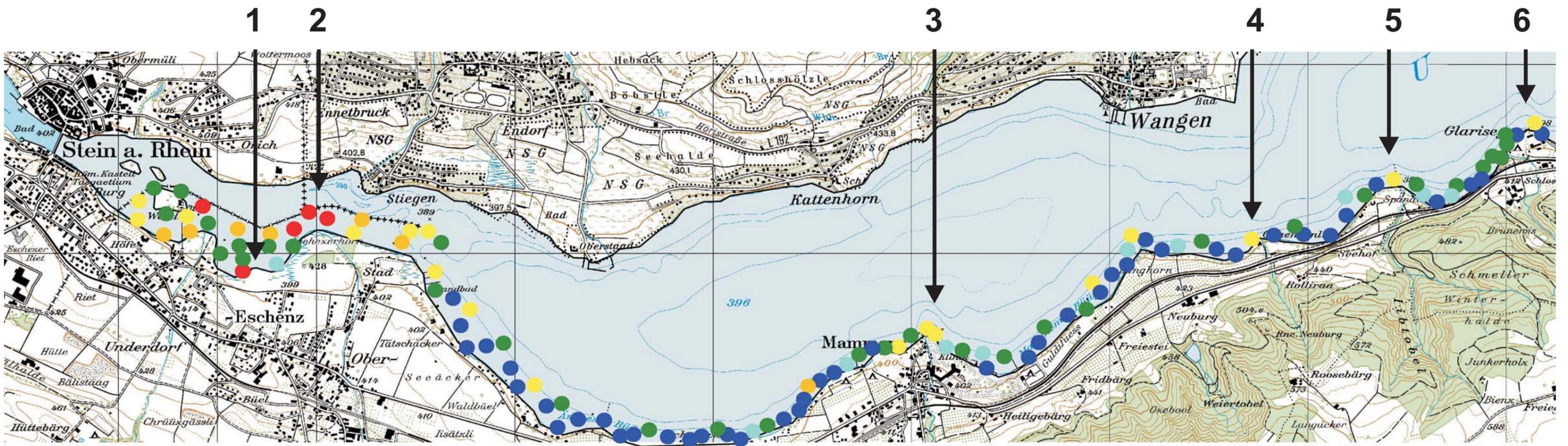
- sehr gering
- gering
- mässig
- erheblich
- hoch
- sehr hoch

Alle Probepunkte
Staatsgrenze

bearbeitet von:
Arbeitsgruppe Bodenseeufer (AGBU)
M. Dienst & I. Strang

im Auftrag von:
Amt für Umwelt, Kt. Thurgau





Trophiestufe

- sehr gering
- gering
- mässig
- erheblich
- hoch
- sehr hoch

Mit Nährstoffen belastete Uferbereiche - Teil 1/2

1. (Schlamm?)Loch in Eschenzer Bucht
2. Bachmündung beim Eschenzer Horn
3. Mammern: Umgebung Anlegesteg
4. Bachmündung am „Chuehörnli“ (Mammern Ost)
5. Bachmündung „Spänacker“ (Grenze Mammern/Glarisegg)
6. Glarisegg, östlich Horn (Schul/Hof-Gelände?)
7. Steckborn: bei ARA
8. Steckborn: östlich Anlegesteg
9. Berlingen: östlich Anlegesteg
10. Kanalmündung (innerhalb Schilfgebiet), Mannenbach-West
11. Mannenbach: Ortskern-Ost (kleine Steganlage)

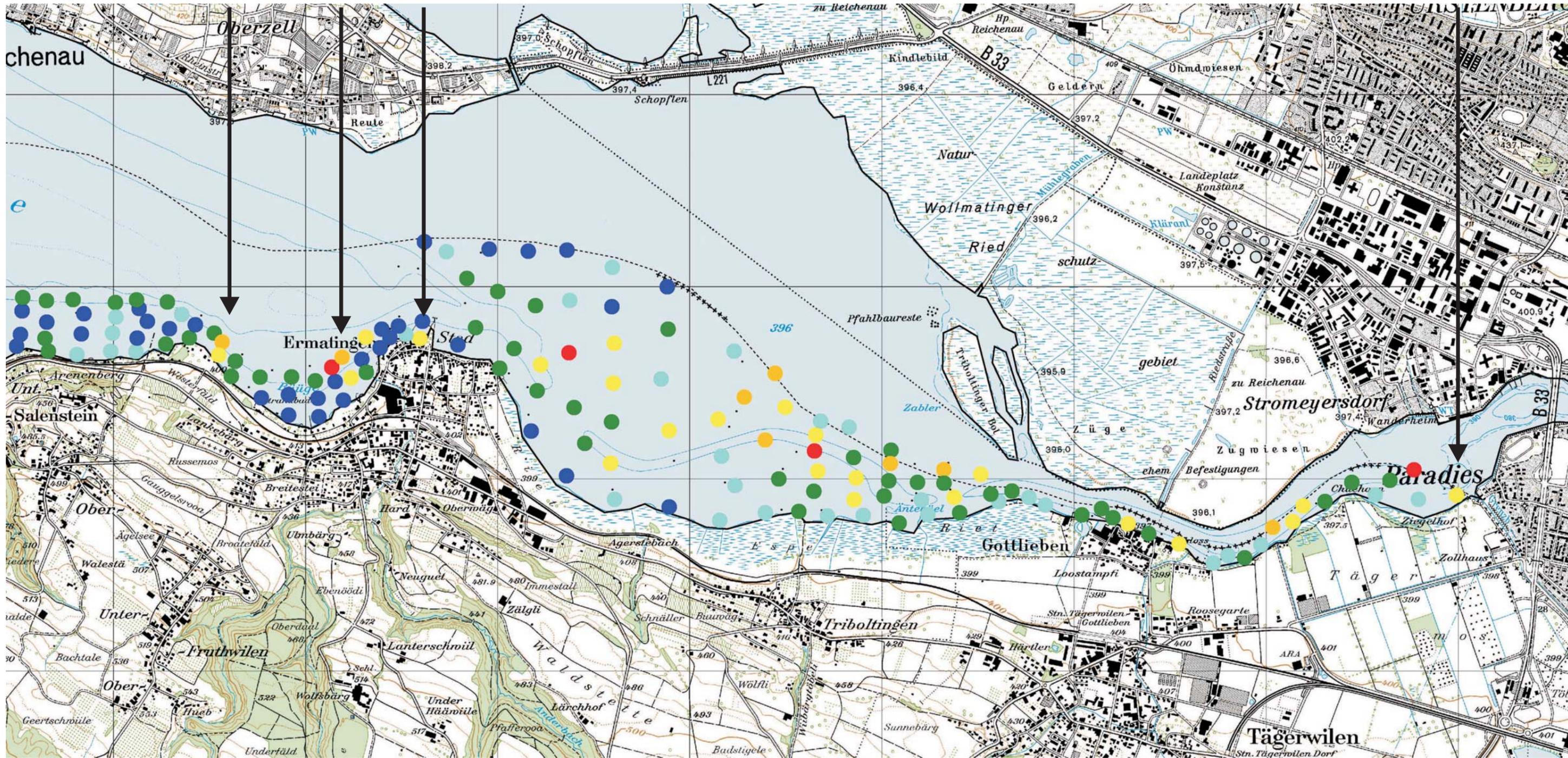


12

13

14

15



Amt für Umwelt, Kt. Thurgau



AGBU, M. Dienst & I. Strang



Trophiestufe

- sehr gering
- gering
- mässig
- erheblich
- hoch
- sehr hoch



Mit Nährstoffen belastete Uferbereiche - Teil 2/2

- 12. Freizeitparzellen bei Parkplatz „Wösterfäld“, Ermatingen
- 13. Bach/Kanal-Mündung, Ermatingen westlich Ortskern
- 14. Ermatingen: Hafen westl. Anlegesteg
- 15. Mündung Grenzbach, Tägerwilen (Grenze zu Konstanz)