



Wasserpflanzen im Bielersee Kartierung 2015

**AWA Amt für Wasser und Abfall
OED Office des eaux et des déchets**

Bau-, Verkehrs- und Energiedirektion
des Kantons Bern
Direction des travaux publics, des transports
et de l'énergie du canton de Berne

Mai 2016

Verdankungen

Wir danken den folgenden Personen, die uns beim Bearbeiten des Projektes unterstützt haben:

- Alp Air und Samuel Clément für den sicheren Flug.
- Fischereiinspektorat des Kantons Bern, Rolf Schneider und Jörg Ramseier für das Boot und die freundliche Unterstützung,
- Bernhard Stettler, Jonas Schmid und Hanspeter Tschopp vom GIS-Team AWA für die freundliche Unterstützung bei der Luftbilddauswertung und bei der Seearbeit

Impressum

Auftraggeber:	Bau-, Verkehrs- und Energiedirektion des Kantons Bern Amt für Wasser und Abfall AWA Gewässer- und Bodenschutzlabor GBL Schermenweg 11, 3014 Bern
Autoren:	Dr. Katrin Guthruf, GBL Dr. Vinzenz Maurer, GBL Dr. Markus Zeh, GBL Pascal Mulattieri, Biol'Eau
Mitarbeit:	Susanne Felder, Claudia Minkowski, Bernhard Stettler, Hanspeter Tschopp, AWA
Flug:	Alp Air, Belpmoos
GIS:	Bernhard Stettler, Jonas Schmid, Hanspeter Tschopp, Vinzenz Maurer AWA
Gestaltung:	Vinzenz Maurer, GBL
Luftbilder:	Vinzenz Maurer, GBL
See- und Laborfotos	Katrin Guthruf, Vinzenz Maurer, Markus Zeh GBL Pascal Mulattieri, Biol'Eau
Hintergrundkarte:	Digitaler Übersichtsplan UP5 (AGI, Kanton Bern)
Datum:	Untersuchungen: Sommer 2015 Bericht: Winter/Frühling 2016
Bezug:	Gewässer- und Bodenschutzlabor GBL Vinzenz Maurer Schermenweg 11, 3014 Bern www.bve.be.ch → Wasser → Gewässerqualität

Inhalte

1	Zusammenfassung	4
2	Einleitung	5
2.1	Der Bielersee	5
2.2	Die Wasserpflanzen	6
2.3	Begründung der Untersuchungen	7
2.4	Das Projekt	8
	Ziele	8
	Vorgehen	8
	Luftbildanalyse	9
	Felduntersuchungen	9
	Auswertungen und Bericht	9
2.5	Grundlagen	10
3	Methoden	12
3.1	Luftbilder	12
3.2	Feldarbeit Testflächen	15
3.3	Feldarbeit Transektkartierung	16
3.4	Auswertung Luftbilder und Testflächen	16
3.5	Auswertung Transektkartierung	18
4	Untersuchungsergebnisse	20
4.1	Artenliste	20
4.2	Artenportraits	21
4.3	Wasserpflanzen - Flächenverteilung im ganzen See	28
	Bestandestypen: Illustrationen zur Ausprägung unter Wasser	28
	Bestandestypen und Flächenausdehnung im ganzen See und in den Uferabschnitten	32
	Bestandestypen und Flächenausdehnung in den Testflächen	36
	Entwicklung der Submersen-Flächen: Gesamtbeurteilung	39
	Entwicklung des Wasserröhrichts im Bielersee	39
4.4	Artenentwicklung in den Testflächen	41
	Flächenentwicklung einzelner wichtiger Arten/Taxa	41
	Gesamtdichte und Wuchstypen der Bestände	47
	Artenzahl	50
4.5	Transektkartierung	52
	Vergleich der Wasserpflanzenentwicklung in den Transekten von 1996 bis 2015	52
5	Interpretation und Fazit	57
	Entwicklung der Wasserpflanzen im Bielersee 1967 bis 2015	57
	Methodische Diskussion	59
	Gesamtbeurteilung und Ausblick	60
6	Anhang	61
6.1	Datenanhang - Karten	61
6.2	Datenanhang - Katalog der Luftbilder	61
6.3	Datenanhang - Datentabellen	62
6.4	Bericht Transektkartierung	62
6.5	Anhang Transektkartierung	62
6.6	Literatur	62

1 Zusammenfassung

Der Bielersee als einer der drei grossen Seen des Kantons Bern hat eine grosse Bedeutung für die Landschaft, Trinkwasserversorgung, Fischerei, verschiedenste Freizeitaktivitäten und den Tourismus. Zudem fasst er mit seinem grossen Einzugsgebiet aus Jura, Mittelland und Alpen, aus den Kantonen Waadt, Freiburg, Neuenburg und Bern sowie den grossen Siedlungsräumen Thun, Bern, Fribourg und Neuchâtel die Einflüsse rund eines Fünftels der Landesfläche der Schweiz zusammen. Der Zustand des Bielersees wird vom Gewässer- und Bodenschutzlabor des Kantons Bern GBL regelmässig überwacht. Neben den physikalischen und chemischen Parametern geben insbesondere auch die biologischen Parameter Phytoplankton, Zooplankton, Wasserpflanzen und Fische Auskunft über den Zustand und die längerfristige Entwicklung des Sees. Dies im Sinne einer Erfolgskontrolle der langjährigen Investitionen in den technischen Gewässerschutz und getroffener Massnahmen in der Landwirtschaft.

Die Wasserpflanzen wurden im Bielersee ab 1967 regelmässig ca. alle 10 Jahre kartiert. Während es sich anfänglich um Projekte des BAFU und der Universität Bern handelte, übernahm die Gewässerschutzfachstelle des Kantons in den Jahren 1995, 2005 und 2015 die Projektleitung.

Die neuste Kartierung 2015 umfasste drei Hauptelemente:

- Die Erstellung und Auswertung von Luftbildern liefert Informationen über die flächenmässige Ausdehnung der Wasserpflanzenbesiedlung und des Schilfgürtels. Auch eine einfache Beurteilung der Bewuchstypen ist möglich.
- Die Kartierung der auf den Luftbildern identifizierten Bestände durch Schnorcheln und Tauchen in 8 definierten Testflächen ermöglicht die Beurteilung der Biodiversität, der Entwicklung der einzelnen Pflanzenarten im Vergleich mit den früheren Kartierungen und gibt damit auch Informationen zur Gewässerqualität.
- Die Transektkartierung durch Taucher in 5 Transekten pro Testfläche ergibt präzise und reproduzierbare Daten zur Dichte, Wuchshöhe und Vitalität der einzelnen Arten und damit eine sehr gute Grundlage zur Beurteilung der Gewässerqualität. Der Vergleich zwischen den beiden Feldkartiermethoden legt die Basis für zukünftige, gesamtschweizerisch akzeptierte Methoden (MSK).

Die Kartierungsergebnisse stehen in Form von 2 Berichten, Luftbildern, Karten über die Bewuchstypen und Besiedlung für den ganzen Bielersee sowie Verbreitungskarten für die einzelnen Arten in den Testflächen zur Verfügung. Die Daten und Karten sind auch in einem GIS-Projekt zusammengefasst, das einerseits weitere und auch lokale Auswertungen zulässt, aber auch als Grundlage für zukünftige Untersuchungen der Wasserpflanzen im Bielersee dienen kann.

Die Wasserpflanzenbestände haben sich seit der ersten Untersuchung vor 40 Jahren (Lachavanne 1977) deutlich verändert. Die Folgeuntersuchungen alle 10 Jahre dokumentieren ab 1995 deutliche Reaktionen auf die Reoligotrophierung (Abnahme des Phosphatgehaltes im Freiwasser).

2015 zeigten die Wasserpflanzen im Vergleich zu den früheren Jahren:

- die höchste durchschnittliche Artenzahl pro Bestand
- mehr Bestände mit mehreren Wuchshöhen
- insgesamt eine höhere Artenzahl als diejenigen Untersuchungen, welche den ganzen See und nicht nur ausgewählte Flächen abdeckten (1976, 1995).
- eine zunehmende Ausdehnung in die Tiefe.
- mehr Arten mit einer grossen Ausdehnung, die einen mesotrophen Zustand bevorzugen.

Gesamthaft indizieren die Wasserpflanzen 2015 einen mesotrophen Zustand des Bielersees und die beste Gewässerqualitäts-Beurteilung seit Beginn der entsprechenden Erhebungen.

2 Einleitung

2.1 Der Bielersee

Der Bielersee ist einer der grossen Seen des Kantons Bern. Bedingt durch seine Lage am Jura-südfuss weist er ein steil abfallendes Nordufer auf, wo nur an wenigen Stellen breitere Uferbänke vorhanden sind. Diese sind zudem teilweise aufgefüllt worden. Die Ufer sind fast durchgehend mit Mauern verbaut. Am Südufer und am Heidenweg hingegen ist die Uferbank sehr breit (über 400 m). Diese Uferbänke bilden den hauptsächlichen Lebensraum der Makrophyten.

Im Bielersee beeinflussen verschiedene Faktoren die Entwicklung der Makrophytenbestände: Struktur und Substrat der Uferbank, Nährstoffgehalte im Sediment und im Wasser, Strömungen, Windverhältnisse und Wetter.

Im Bielersee haben sich insbesondere die Nährstoffgehalte im Zeitraum der Makrophyten-Untersuchungen deutlich geändert (Abb. 2.1). Die Phosphorkonzentration (insbesondere das frei verfügbare Phosphat) fiel von Höchstwerten zu Beginn der 70er-Jahre auf tiefe Werte. Ab 1990 bis 2002 lag der Gesamt-P-Gehalt aber noch meist über 0.02 mg/l und erst ab 2003 sank er meist unter 0.02 mg/l. Generell finden sich Characeen in Gewässern mit Gesamtposphorgehalten < 0.02 mg/l. Die starke Ausbreitung im Bielersee begann dann auch in den Jahren ab 2000, als der Gesamtposphorgehalt während der Zirkulationsphase meist unter diesem Wert lag. Die drei jetzt häufigen Arten (*Chara contraria*, *Chara globularis* und *Nitellopsis obtusa*) sind 3 von 5 in der Schweiz in Ausbreitung begriffenen Arten (Auderset Joye, D. & Schwarzer, A. (2012)). Die beiden *Chara*-Arten gelten denn auch als die beiden einzigen in der Schweiz als nicht gefährdet. *Nitellopsis obtusa* wird in der Schweiz als potenziell gefährdet eingestuft. Sie ertragen etwas höhere Nährstoffgehalte.

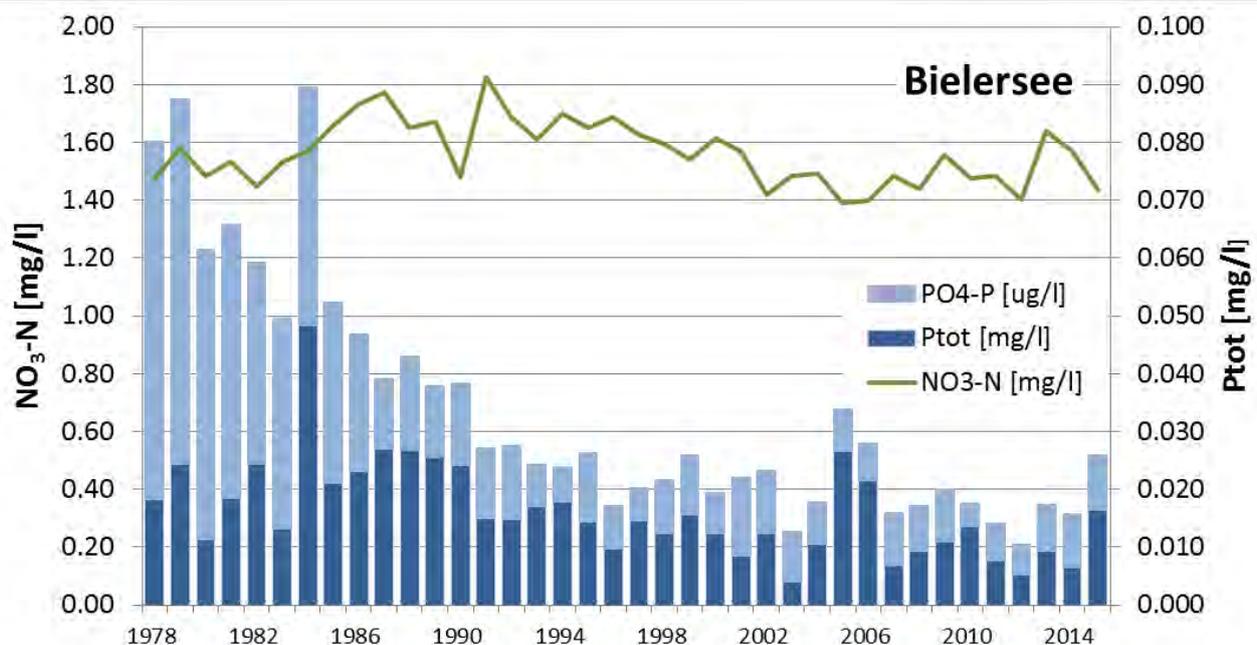


Abb. 2.1: Nährstoffentwicklung (Zirkulationswerte) im Bielersee: der Gesamt-Phosphor entspricht der ganzen Säulenhöhe, hellblau entspricht dem Anteil des sofort pflanzenverfügbaren Orthophosphats (Daten GBL).

Die Lichtverhältnisse im Bielersee, dargestellt in Abb. 2.2 durch die Kompensationstiefe, haben sich in der Untersuchungszeit ebenfalls verbessert, der See wird tendenziell klarer.

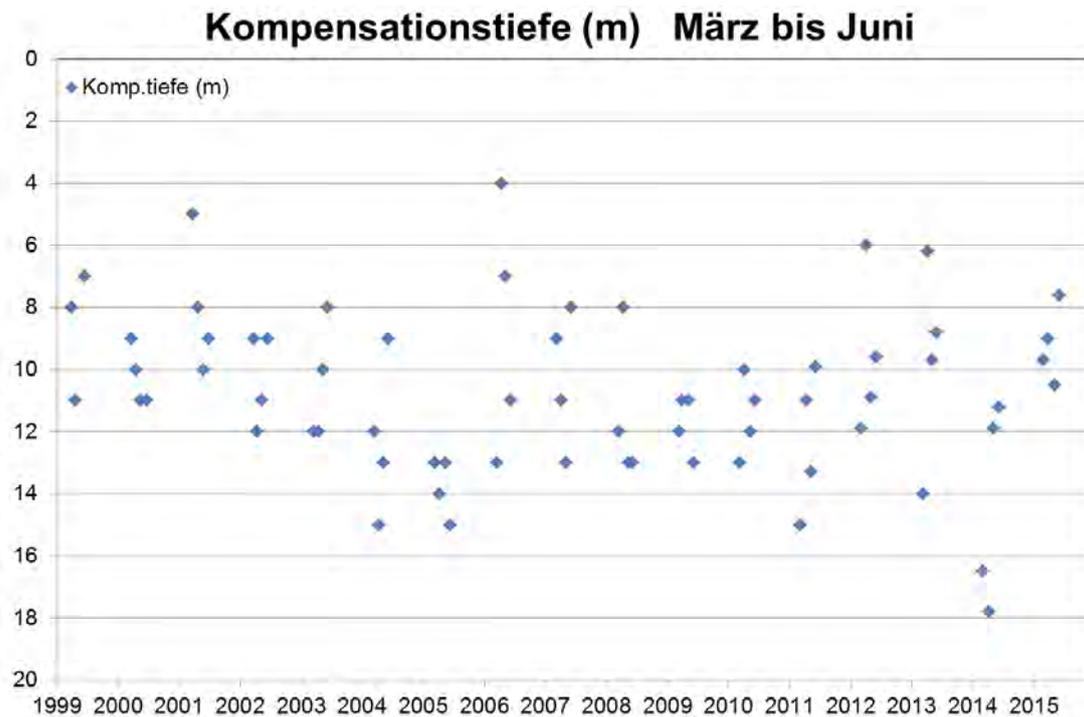


Abb. 2.2: Die Kompensationstiefe (m) gibt an bis in welche Wassertiefe eine positive Photosynthese möglich ist, d.h. Pflanzen und Plankton ein Wachstum aufweisen. Die hier dargestellten Monate März bis Juni repräsentieren die Zeit, in der die Wasserpflanzen keimen bzw. noch niedrig sind (Daten Gewässer- und Bodenschutzlabor des Kantons Bern).

2.2 Die Wasserpflanzen

Die Makrophyten sind von Auge sichtbare Pflanzen in den Gewässern. Sie umfassen neben höheren Pflanzen auch die Armeleuchteralgen. Die grossen Fadenalgen wie *Cladophora sp.* bilden den Übergang zu den mikroskopischen Algen des Aufwuchses und des Planktons.

Die Makrophyten besiedeln das Litoral (Uferzone) von stehenden und fliessenden Gewässern, d.h. denjenigen Bereich, in dem genügend Licht für ihr Wachstum verfügbar und (für die höheren Pflanzen) der Wasserdruck für die Stabilität der Stängel nicht zu hoch ist.

Die Wasserpflanzen bilden einen wichtigen Anteil an der Primärproduktion eines Gewässers, als direkte Nahrung und als verwesende Pflanzen (im Detritus-Nahrungsnetz). Sie erhöhen die Zahl der ökologischen Nischen in einem Gewässer:

- Sie bilden das Substrat für den Aufwuchs, der bei der Selbstreinigung eine wichtige Rolle spielt.
- Sie bieten Lebensraum für viele Tiere.
- Sie bilden das Laichsubstrat und das Jungfischhabitat für viele Fischarten.
- Sie dienen als Sedimentfänger und stabilisieren den Seegrund während des Sommers.
- Sie beeinflussen die physikalisch-chemischen Eigenschaften des Wasserkörpers in ihrer Umgebung durch Beschattung und Ausscheidung von chemischen Substanzen.
- Sie mobilisieren Nährstoffe aus dem Sediment und geben sie beim Absterben frei.

Die Wachstumsbedingungen für die verschiedenen Wasserpflanzenarten werden durch die Verhältnisse im Sediment (Kalkgehalt, Nährstoffe, Substrat) und im Wasserkörper (Nährstoffe, Temperatur, Trübung, Strömungen, Wellenschlag) bestimmt. Diese Bedingungen beeinflussen aber nicht nur die Makrophyten, sondern auch ihre Konkurrenten, insbesondere das Phytoplankton und die Aufwuchsalgen. So wird das Wasser bei zunehmendem Planktongehalt trüber, was vor allem

während der Keimungsphase für die kleinen Pflänzchen zu starker Lichtlimitierung führt. Die starke Zunahme des Aufwuchses führt zu dicken Belägen auf den Blättern und damit auch zu einer Beschattung. So reduziert sich die Dichte der submersen Makrophyten bei sehr hohen Nährstoffgehalten wieder.

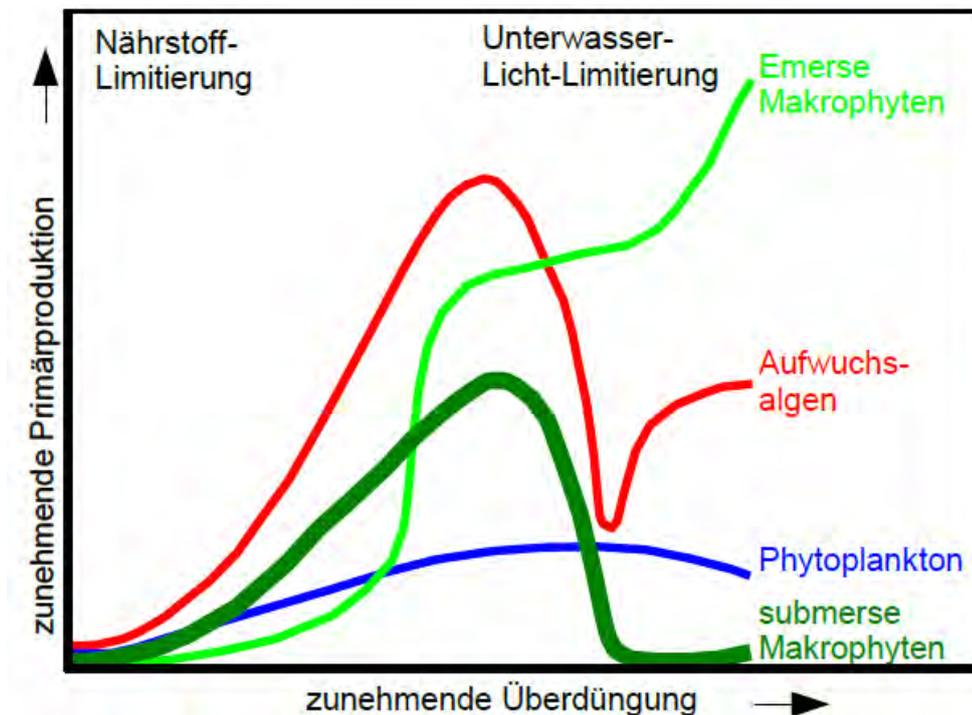


Abb. 2.3: Primärproduktion von submersen und emersen Makrophyten, Phytoplankton und Aufwuchs bei zunehmendem Nährstoffgehalt in einem See (verändert nach WETZEL 1983).

Die unterschiedlichen Ansprüche der Wasserpflanzen an die Umwelt- und Nährstoffbedingungen machen sie zu geeigneten Indikatoren für den Zustand eines Gewässers. Zudem sind sie gross, ihre Verbreitung lässt sich gut abschätzen und viele Arten sind relativ einfach bestimmbar. Ihr Entwicklungszyklus erstreckt sich etwa über ein Jahr, womit sie nicht so kurzfristig auf meteorologische Faktoren reagieren wie das Phytoplankton und mit einer Untersuchung erfasst werden können. Da sie sehr ortskonstant sind, können auch lokale Unterschiede in der Belastung festgestellt werden. Mit geeigneten Kartierungstechniken können sogar punktuelle Belastungsquellen wie Abwassereinleitungen lokalisiert werden.

MELZER (1976) entwickelte für die Makrophyten ein Bewertungsschema für stehende Gewässer. Deutschland formulierte für die Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) Handlungsanweisungen zur ökologischen Bewertung von Seen (Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft 2004). Auch das BAFU plant die Entwicklung von Makrophyten-Bewertungsverfahren für Fließgewässer und Seen im Rahmen des Modulstufenkonzeptes.

2.3 Begründung der Untersuchungen

Die Gewässerschutzverordnung GSchV verlangt in Anhang 1: "Die Lebensgemeinschaften von Pflanzen, Tieren und Mikroorganismen oberirdischer Gewässer und der von ihnen beeinflussten Umgebung sollen a) naturnah und standortgerecht sein sowie sich selbst reproduzieren und regulieren sowie b) eine Vielfalt und eine Häufigkeit der Arten aufweisen, die typisch sind für nicht oder nur schwach belastete Gewässer des jeweiligen Gewässertyps. ... Die Wasserqualität soll so beschaffen sein, ... dass andere Stoffe, die Gewässer verunreinigen können und die durch menschliche Tätigkeit ins Wasser gelangen können, ... keine unnatürlich hohe Produktion von Biomasse verursachen ...". Die Makrophyten bilden einen wichtigen Bestandteil des Lebensraumes See und sind auch gute Indikatoren für die Gewässerqualität.

Das Modulstufenkonzept MSK des BAFU bildet die Grundlage der Gewässeruntersuchungen und enthält auch ein Modul Wasserpflanzen, das allerdings noch erarbeitet werden muss.

Die Wasserpflanzen tragen wesentlich bei zur Habitatvielfalt in der Uferzone von stehenden Gewässern, bilden ein wesentliches Habitat für Jungfische. Die Charophyten gelten beispielweise in der Fischerei als gutes Substrat für Felchen (Krause, W. 1997). Im Hallwilersee wiesen Felcheneier auf den Charophyten und höheren Wasserpflanzen eine wesentlich höhere Überlebensrate auf als auf dem immer noch mit viel organischem Material belastetem Sediment auf. (Müller, R. 2013).

Dies sind wichtige Gründe dafür, die Wasserpflanzen in den stehenden Gewässern regelmässig zu untersuchen und deren Entwicklung als einen Indikator für die Beurteilung der Gewässerqualität, der Erfolge im Gewässerschutz sowie der Biodiversität und Habitatvielfalt in die Seeuntersuchungsprogramme einzubeziehen. Da für den Bielersee bereits lange Datenreihen zu den Wasserpflanzen bestehen (50 Jahre Entwicklung), ist deren Untersuchung zusätzlich äusserst wertvoll.

2.4 Das Projekt

Der Bielersee als einer der drei grossen Seen des Kantons Bern hat grosse Bedeutung für Landschaft, Trinkwasserversorgung, Fischerei, Freizeitaktivitäten und Tourismus. Zudem fasst er mit seinem grossen Einzugsgebiet aus Jura, Mittelland und Alpen, aus den Kantonen Waadt, Freiburg, Neuenburg und Bern sowie den grossen Siedlungsräumen Thun, Bern, Fribourg und Neuchâtel die Einflüsse eines grossen Teils der Schweiz zusammen. Deshalb werden Wasserqualität und Biologie dieses Sees vom GBL regelmässig überwacht. Die erhobenen Grundlagendaten dienen der Erfolgskontrolle von Gewässerschutzmassnahmen im Einzugsgebiet.

Neben den physikalischen und chemischen Parametern geben insbesondere auch die biologischen Parameter Phytoplankton, Zooplankton, Wasserpflanzen und Fische Auskunft über den Zustand und die Entwicklung des Bielersees, dies im Sinne einer Erfolgskontrolle der langjährigen Investition in den technischen Gewässerschutz und in die Landwirtschaft.

Die Wasserpflanzen wurden im Bielersee ab 1967 regelmässig ca. alle 10 Jahre kartiert, am Anfang durch externe Projekte (BAFU; Universität Bern), 1995 und 2005 in Projekten des GBL. Aufbauend auf der Untersuchung von 2005 wurde im Sommer 2015 die Kartierung der Wasserpflanzen erneut durchgeführt.

Ziele

- Aufarbeitung der bestehenden Grundlagen (Projekt 2005) und Transfer in ein aktuelles GIS-Projekt
- Flächendeckende Kartierung der Wasserpflanzenbestände mittels Luftbild-Auswertung
- Artenverbreitung in 8 Testflächen mittels Kartierung im See kombiniert mit Kartiermethodentest (Bestandeskartierung auf Basis Luftbild sowie Transektmethode)
- Auswertung der Bestandesentwicklung von 1967 bis 2015 und Beurteilung des Zustandes des Bielersees
- Ergänzung des Berichtes von 2005 und des GIS-Projekts mit den aktuellen Daten und Auswertungen

Vorgehen

Die Beurteilung des Seezustandes mittels Wasserpflanzen wird inskünftig ein Modul des MSK sein. Bis heute stellt das BAFU jedoch keine Methode für die Wasserpflanzenkartierung in Seen zur Verfügung. Deshalb wird die Kartierung - um die Vergleichbarkeit der Ergebnisse mit den früheren Untersuchungen zu gewährleisten - mit der gleichen Methode wie 2005 durchgeführt: flächendeckende Luftbildanalyse kombiniert mit Felduntersuchungen in Testflächen. Details zur Methode sowie Vor- und Nachteile sind im Bericht 2005 detailliert beschrieben.

In Zukunft wird voraussichtlich im Rahmen des MSK die Transektmethode (Beispiel MESAV+) durch das BAFU vorgegeben. Um die Kontinuität der Datenerhebung und die Vergleichbarkeit auch für zukünftige Untersuchungen zu gewährleisten, sollen die Testflächen zusätzlich mittels der Transektmethode untersucht werden.

Im Folgenden werden die wichtigsten Arbeitsschritte kurz charakterisiert, im Kapitel Projekt dann detailliert aufgeschlüsselt nach Arbeitsschritten, Verantwortlichkeiten, Terminen und Kosten.

Luftbildanalyse

Mit Flächenflugzeug (Hochdecker) und Handkamera (Systemkamera Sony A6000) werden aus ca. 1000 m über Grund Luftbilder der ganzen Uferzonenfläche aufgenommen. Der Aufnahmeort (Standort und Höhe des Flugzeugs) wird über GPS verortet. Für den Aufnahmezeitpunkt sind Wachstumszustand der Wasserpflanzen, Wind- und Wetterverhältnisse sowie die Wassertrübung entscheidende Kriterien. Erfahrungsgemäss ist gegen Ende Juni der beste Zeitpunkt.

Die Luftbilder werden digital aufbereitet und als TIFF (beste Bildqualität) abgespeichert. Nach Auswahl der besten Bilder werden diese ins GIS-Projekt importiert und georeferenziert (keine Orthofotoqualität).

Im GIS werden für die gesamte Uferzone des Bielersees die Uferzonenfläche sowie die Wasserpflanzenbestände mit ihren Wuchstypen digitalisiert.

Felduntersuchungen

Für die Feldarbeit werden 8 Testflächen ausgewählt, die typisch für die verschiedenen Uferregionen des Bielersees sind und für die bereits Vergleichsdaten aus den früheren Untersuchungen bestehen:

- 0 - Bielerbucht (neu)
- 1 - Sutz
- 2 - Erlach-Lüscherz
- 3 - Heidenweg Süd
- 4 - Peterinsel
- 5 - Heidenweg Nord
- 6 - Marnin
- 7 - Fischzucht Ligerz

Die Luftbilder für die Testflächen werden sofort nach dem Flug aufbereitet, georeferenziert und als Feldkarten aufbereitet.

Testflächenmethode: Eine Equipe mit Boot und Bootsführer, Taucher/Schnorchler und Biologin überprüft dann alle sichtbaren Bestände auf Sedimentstruktur, Wasserpflanzenarten, Bewuchsdichte und Bewuchshöhe. Auch die Zwischenbereiche werden stichprobenweise überprüft. Unsichere Pflanzenarten werden zur genauen Bestimmung gesammelt und im Boot oder Labor überprüft.

Transektmethode: In einem externen Auftrag kartiert eine spezialisierte Firma pro Testfläche 3 - 5 Transekte gemäss der Methode MESAV+ (AquaPlus 2014). Die Ergebnisse werden mit ihrer GIS-Software aufbereitet und für die Integration ins GBL-GIS-Projekt adaptiert.

Auswertungen und Bericht

Die Auswertungen erfolgen analog der Auswertung von 2005, der Bericht baut auf dem Bericht 2005 auf, d.h. die Struktur und die allgemeinen Inhalte werden übernommen, die Auswertungen werden mit den neu erhobenen Daten ergänzt und neu interpretiert.

- Aufbau und Ergänzung des GIS-Projektes von 2005
- Artenliste, Artenportraits
- Submersenflächen und Bestandestypen für die ganze Uferzone - Karten, Bilanzen und Entwicklung 1967 - 2015
- Artenentwicklung in den Testflächen
- NEU: Vergleich Testflächen- und Transektkartierung

- Vergleich der Transekte 1996 - 2015
- Interpretation und Zusammenfassung

2.5 Grundlagen

Am Bielersee wurden seit 1967 Untersuchungen zu den Makrophyten durchgeführt. Die vorhandenen Grundlagen sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

1967	Bearbeitung: K. Guthruf 1995 Luftbilder: Landestopographie (1 Bild) Bereich: Bereich: von Ipsach bis Sutz GIS: 1995: Bestände durch K. Guthruf erfasst Feldarbeit: - Auswertung: Flächenausdehnung der Bestandes-Typen
1976	Bearbeitung: B. Lachavanne 1976 V. Maurer 2005 Luftbilder: Landestopographie (Farbdias 23 cm), für Auswertung 2005 gescannte Farbabzüge Bereich: 1976 ganzer See (47 Abschnitte) 2005 18 Luftbilder: Sutz-Mörigen, Seeboden-Lüscherz, Vinelz, Heidenweg S und N, La Neuveville-Schafis und Wingreis- Tüscherz GIS: 1976: - 2005: scannen der Vergrößerungen (TIFF 3000 x 4000 Pixel, erfassen obiger Bilder im GIS Feldarbeit: 1976: ganzer See bearbeitet vom Boot aus. Auswertung: 1976: Dichtebewertungen pro Art und Luftbild 2005: Flächenausdehnung der Bestandestypen.
1984	Bearbeitung: V. Maurer, T. Vuille Luftbilder: 20. 8. 1984, 1450 m ü.G. Hasselblad/Rollei Mittelformat-Kamera, Farbnegativfilm, UV- Filter. Auswertung ab Vergrößerungen 20x20cm (ca. 1:5000) Bereich: fast ganzer See (grössere Lücken bei Lüscherz (Seeboden) und Heidenweg GIS: 1984: - 2005: scannen der Vergrößerungen (TIFF 3500 x 3500 Pixel), erfassen der Bilder im GIS Feldarbeit: Biomasseentwicklung von Mai - September an den 3 Haupt- probestellen Tüscherz, Sutz und Lüscherz-Seeboden, einmalige Beprobung an 12 Stellen; keine flächendeckende Kartierung und Artenliste. Auswertung: 1984: Flächenausdehnung Submerse und Röhricht; Biomas- sen-Schätzung. 2005: Erfassen der Bestandestypen im GIS.
1985/86	Bearbeitung: K. Guthruf und W. Schuller 1987 Luftbilder: 1985: Pentax-Mittelformat Kamera aus Do27, Farbnegative,

	<p>Vergrosserungen 10x13cm 1986: Kleinbildkamera aus Piper HB, Farbnegative, Vergrosserungen 9x13cm</p> <p>Bereich: 7 Teststrecken: Sutz-Mörigen, Lüscherz Seeboden, Vinelz-Erlach, Heidenweg Süd und Nord, La Neuveville-Schafis, Wingreis-Tüscherz</p> <p>GIS: -</p> <p>Feldarbeit: Entwicklung eines Modells zur Biomassebestimmung durch Beurteilung der Bestandesdichte und -höhe vom Boot aus; keine flächendeckende Kartierung</p> <p>Auswertung: 2005 keine</p>
1995	<p>Bearbeitung: K. Guthruf 1995</p> <p>Luftbilder: 17.6.1995, Fotogrammetriekameras Zeiss UMK, Farbdias 13x18cm; Helikopter Ecureuil, 500/800 m ü.G.</p> <p>Bereich: ganzer See</p> <p>GIS: erfassen aller Bestände im GIS</p> <p>Feldarbeit: Überprüfen aller Bestände vom Boot und durch Taucher, Arten, Dichte und Wuchshöhe erfasst.</p> <p>Auswertung: detaillierte Auswertung 1995 der Flächenausdehnung, Artenverbreitung und Biomasseschätzung.</p>
1996-98	<p>Bearbeitung: K. Guthruf und V. Maurer</p> <p>Luftbilder: -</p> <p>Bereich: 5 Transekte: Sutz, Lüscherz, Petersinsel, Heidenweg Nord, Ligerz Fischzucht</p> <p>GIS: Lage der Transekte</p> <p>Feldarbeit: Bestimmung der Bestandesdichte, der Wuchshöhe und der Arten vom Boot aus und durch Taucher</p> <p>Auswertung: Querprofile durch die Uferzone mit Arten und Dichte. Vergleiche mit 1995 und den Folgejahren.</p>
2005	<p>Bearbeitung: K. Guthruf (Aquatica GmbH) und V. Maurer (HYDRA)</p> <p>Luftbilder: 20.6.2005, Nikon D100 mit Objektiv 24-120 mm, 3008 x 2000 Pixel, RAW-Datei, zur Bearbeitung umgewandelt in TIFF (17.3 MB); Cessna 172, 1000/600 m ü.G.</p> <p>Bereich: Luftbilder und Bestandesausdehnung: ganzer See Feldarbeit: Testflächen</p> <p>GIS: erfassen aller Bestände im GIS</p> <p>Feldarbeit: Überprüfen der Bestände in den Testflächen vom Boot und durch Taucher, Arten, Dichte und Wuchshöhe erfasst.</p> <p>Auswertung: detaillierte Auswertung 2005 der Flächenausdehnung für den ganzen See, Artenverbreitung in den Testflächen.</p>

3 Methoden

3.1 Luftbilder

Die Luftaufnahmen bilden die Grundlage für die Makrophytenkartierung. Darauf können Makrophytenbestände bis in eine Tiefe von ca. 5 m erkannt werden, wenn die Wassertrübung und der Wellengang (Reflexionen) sehr gering sind. Der Zeitpunkt der Luftaufnahmen ist für die Kartierung sehr wichtig, optimale Bedingungen sind aber schwierig zu treffen.

Die wichtigsten Bedingungen sind:

Entwicklungsstand Pflanzen	Die Pflanzen sollten so gross sein, dass sie möglichst weitgehend die Wasseroberfläche erreichen. Dies ist im Bielersee zwischen Mitte Juni und Mitte August der Fall.
Wassertrübung	Trübes Wasser behindert die Erkennung der Wasserpflanzen stark.
Dunst	Der Dunst sollte möglichst gering sein. Die Flughöhe sollte bei vorhandener Dunstschicht möglichst tief liegen.
Bewölkung	Schattenwurf durch Wolken kann einerseits die Sichtbarkeit der Pflanzenbestände reduzieren und andererseits durch dunkle „Flecken“ sogar Bestände vortäuschen.
Wind	Die durch Wind ausgelösten Wellen führen zu starken Reflexionen, die insbesondere in den Randbereichen der Luftbilder eine Auswertung verunmöglichen.
Sonnenstand	Die Tageszeit der Aufnahme muss zwischen den Faktoren „möglichst viel Licht“ (Zunahme bis Mittag), möglichst wenig Reflexionen (Zunahme bis Mittag) und möglichst kurzen Schlagschatten durch Bäume am Ufer (Abnahme gegen Mittag) liegen. Die günstigste Zeit liegt um ca. 9 bis 11 Uhr (Sommerzeit 10 - 12 Uhr).



Abb. 3.1: Flugzeug Cessna 172, Pilot Samuel Clément mit Katrin Guthruf und Vinzenz Maurer

Diese Anforderungen mussten mit den zeitlichen, finanziellen und technischen Rahmenbedingungen in Übereinstimmung gebracht werden. Daraus ergaben sich die folgenden technischen Angaben zu den Luftbildaufnahmen.

Flugzeug Pilot	Cessna 172, 4 Plätze mit demontierter Seitentüre Pilot: Samuel Clément, Alp Air
Fotograf	Vinzenz Maurer und Katrin Guthruf, GBL
Kamera	2 Kameras Sony A6000 mit Objektiven Sony 35mm/1.8 und 50mm/1.8; Auflösung 24 Megapixel; Nikon D7000 mit 18-85mm/3.5-5.6 für Übersichtsbilder
Bilddaten	6000 x 4000 Pixel, Sony-RAW-Datei (ca. 25 MB), Bearbeitung in Lightroom: Objektivkorrekturen, Klarheit und Dynamik je +25, Kamerastandort in EXIF per GPS-Track, Export in TIFF 16bit (140 MB)
Fotoflug	25. Juni 2006, ca. 10:30 - 11:45 (Sommerzeit); Flughöhe: 5000 ft Meereshöhe/1100 m ü.G., 35/50 mm längs und quer: 282 Bilder Sonniges Wetter mit günstigen Aufnahmebedingungen und relativ wenig Wind. Das Aufnahmedatum ist relativ früh in der Wachstumsphase der Makrophyten. Deshalb erreichten die Bestände teilweise die Wasseroberfläche noch nicht.
Georeferenzieren	Die Luftbilder der Teststrecken wurden georeferenziert (Details siehe Kapitel 3.4). Farbige Ausdrucke auf A4 im Massstab 1:5000 und 1:2000 mit Koordinatennetz wurden wasserdicht verpackt für die Feldkartierung.

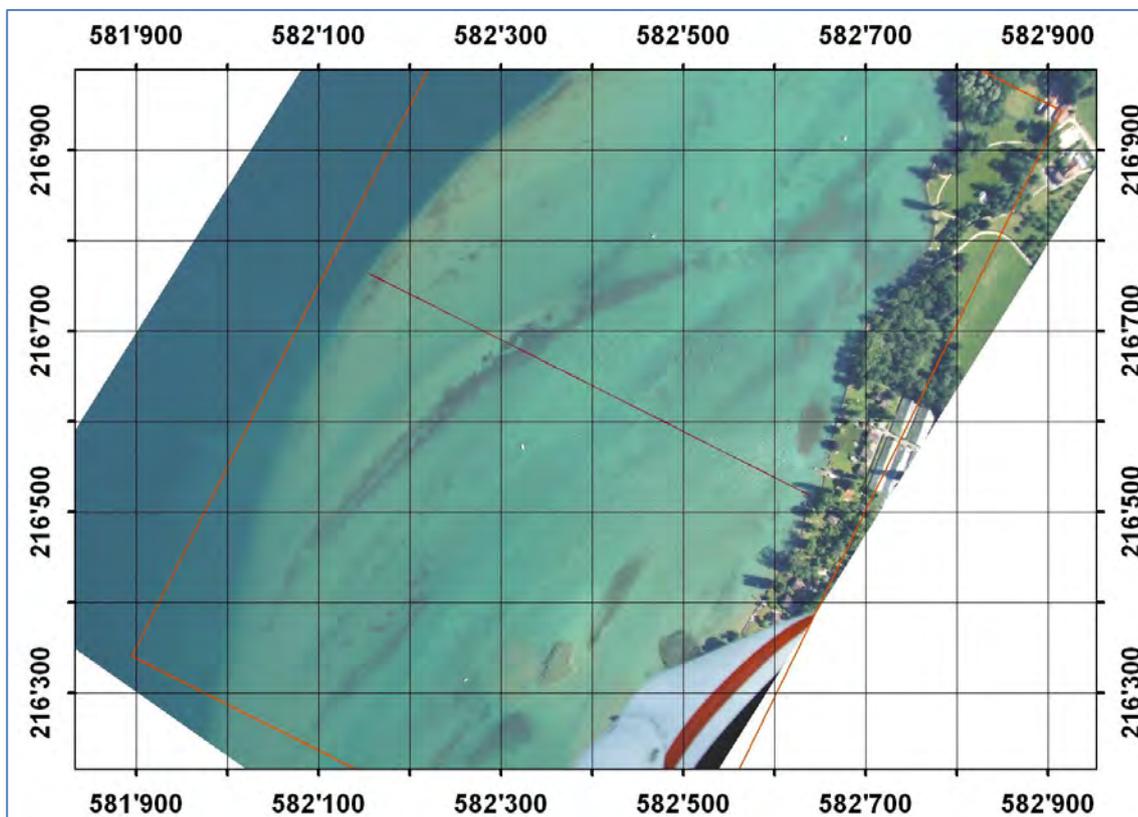


Abb 3.2: Feldkarte mit Koordinatennetz und georeferenziertem Luftbild (Originalmassstab für Feldarbeit 1:5000 als Überblick und 1:2000/3000 als Arbeitskarten).

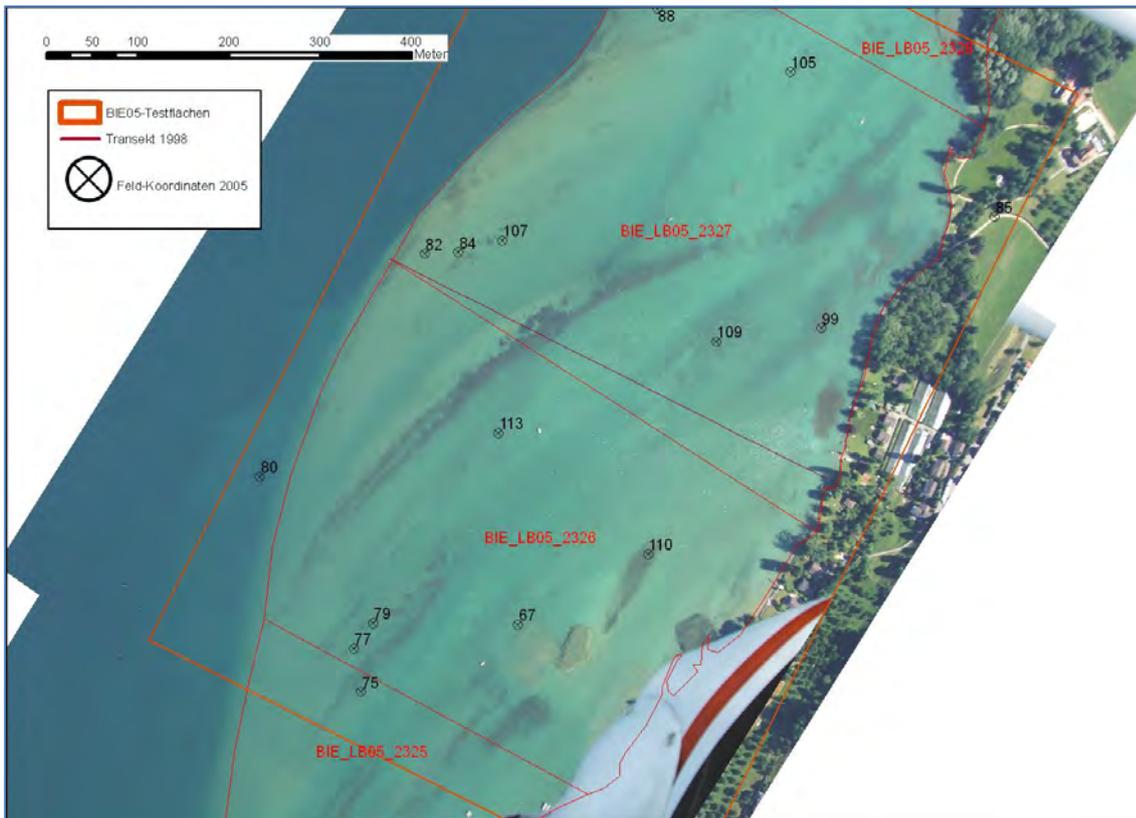


Abb. 3.3: GIS-Projekt: Kartierung der Litoralfläche mit Litoralrand, Transekt und Bestandes-Nummern aus der Feldarbeit.

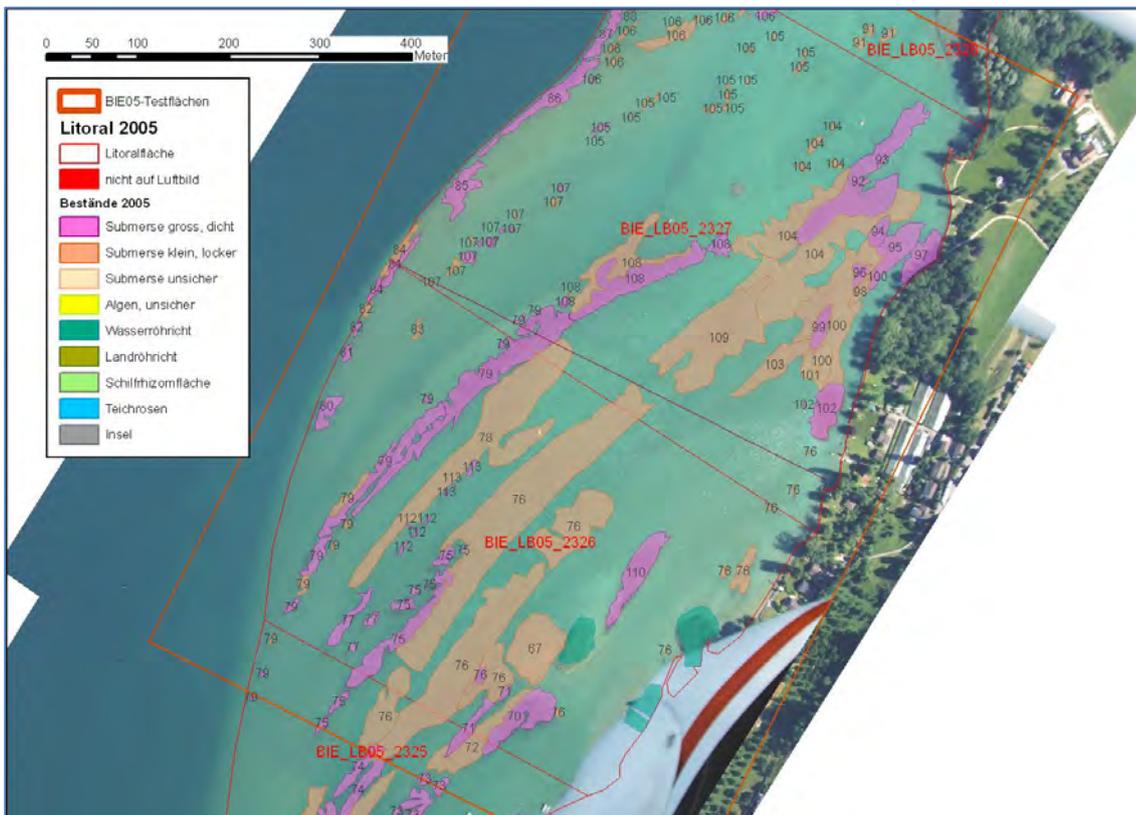


Abb. 3.4: GIS-Projekt: Luftbild mit digitalisierten Beständen und Bestandes-Nummern.

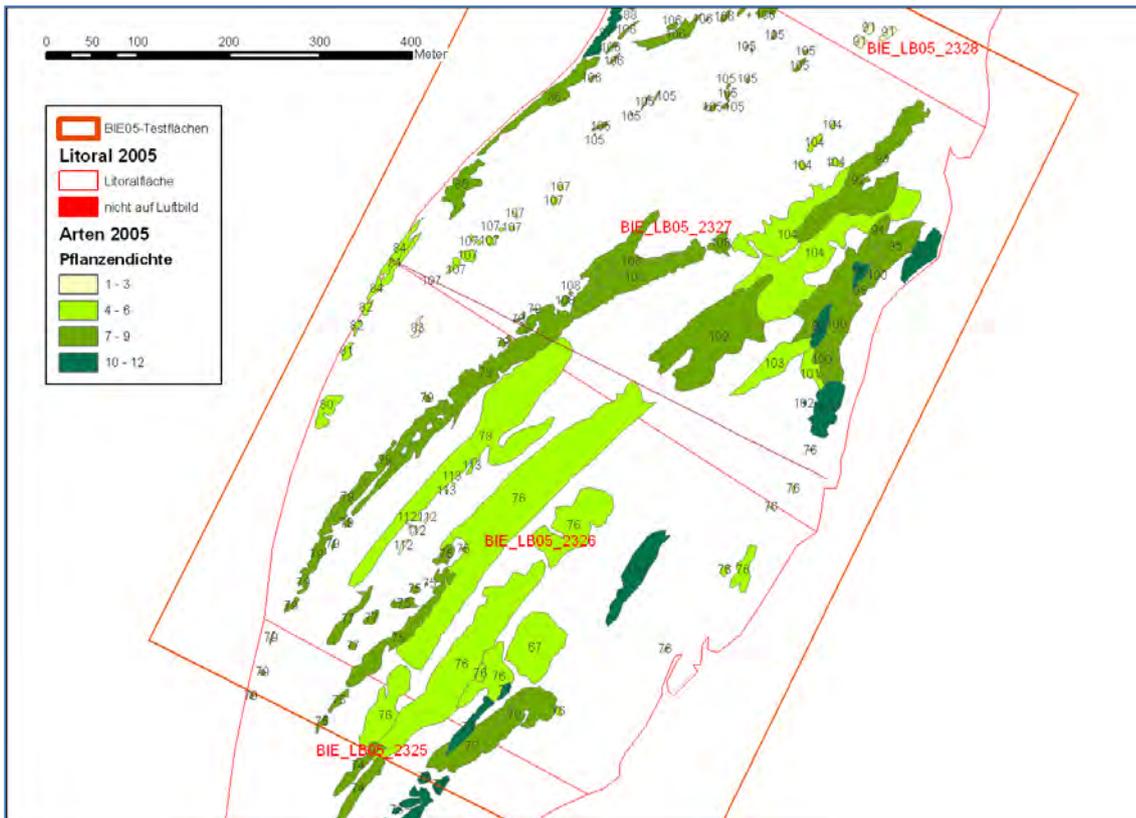


Abb. 3.5: GIS-Projekt: Pflanzen-Gesamtdichte - Bestandesflächen aus der Luftbildkartierung verknüpft mit den Daten aus der Felduntersuchung.

3.2 Feldarbeit Testflächen

Die Feldarbeit wurde vom 29. Juni bis 6. Juli 2005 durch Katrin Guthruf (Bestimmung und Datenerfassung), Vinzenz Maurer (Tauchen, UW-Foto) und Markus Zeh (Bootsführung) mit Unterstützung von Susanne Felder, Claudia Minkowski und Bernhard Stettler ausgeführt. Die Wetterbedingungen waren günstig, allerdings sehr heiss. Die Sicht war nicht sehr gut, aber ausreichend für die Untersuchungen.

Für die Feldarbeit wurde das kleine Boot der kantonalen Fischzucht Ligerz verwendet.

Bei der Feldarbeit wurden auf der Basis der vorbereiteten georeferenzierten Luftbilder vom Boot aus und durch Schnorcheln bzw. Gerätetauchen (abhängig von der Wassertiefe) die folgenden Parameter erhoben:

Wasserpflanzenkartierung			Bielersee 2015						Feldprotokoll-NR:			
See:		Testfläche			Taucher		Bestimmer		Datum:			
Bestand_NR	Wasser-Tiefe [m]	Gesamt-Deckung [%]	Art	Art	Art	Art	Art	Art	Andere: Dreissena Ecrevisse Corbicula Dikerogam Fische	Vitalität: A sehr gut/blüht B gut C verwelkt D tot		
			KOORD_OST	KOORD_NORD	Höhe [m]	Höhe [m]	Höhe [m]	Höhe [m]			Höhe [m]	Höhe [m]
		Gesamt-Dichte [1-12]	Dichte [1-12]	Dichte [1-12]	Dichte [1-12]	Dichte [1-12]	Dichte [1-12]	Dichte [1-12]				
			Deckung [%]	Deckung [%]	Deckung [%]	Deckung [%]	Deckung [%]	Deckung [%]				
		Vitalität		Vitalität		Vitalität		Vitalität		Substrat:		
		Andere: 1:sehr wenig; 2:wenig; 3:mittel; 4:häufig; 5:in grosser Menge										
		<1								Fels/Block >50 cm	%	
		1-10								Blöcke 10-50 cm	%	
		11-25								Steine 2-10 cm	%	
		26-50								Kies 0.2-2 cm	%	
		51-75	%	%	%	%	%	%	%	Sand 1-2 mm	%	
		76-100								Seekreide	%	
		101-125	A B C D	A B C D	A B C D	A B C D	A B C D	A B C D	A B C D	Schlamm	%	
		126-150	Andere:						Algen	grün	blau	1-5

3.3 Feldarbeit Transektkartierung

Die Methode der Transektkartierung ist detailliert beschrieben im Bericht: Biol'Eau, Pascal Mulattieri, 2015: Lac de Biemme (BE), Etude des macrophytes - Cartographie 2015 par transect (Auftrag GBL). Hier eine kurze Zusammenfassung:

- Lage der Transekte: im Abstand von ca. 250 m wurden die Transekte in die Testflächen senkrecht zum Ufer eingepasst. In der Übersichtskarte im Anhang ist die Lage der Transekte eingetragen (A6.1, Karte G_2015_02). Die Abb 3.6 zeigt die schematische Anordnung in der Testfläche.

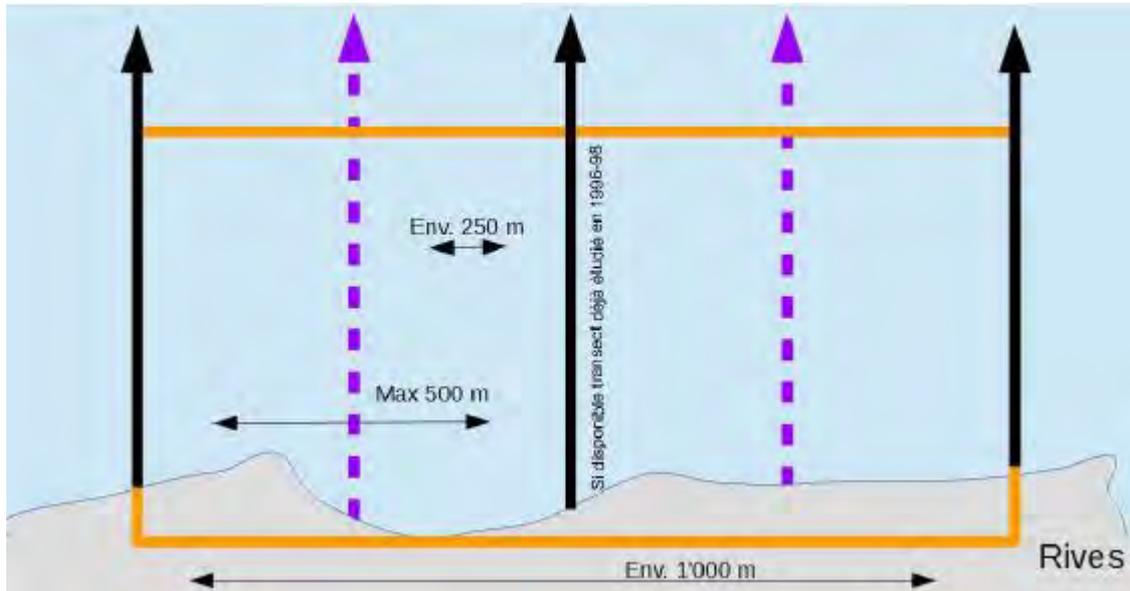


Abb. 3.6: Lage der Transekte innerhalb der Testflächen (Quelle: Biol'Eau 2015).

- Kartierung der Transekte: Die Kartierung auf dem See erfolgte vom 7. - 10. Juli sowie am 6. August 2015 (Sutz). Die Erhebungen sind im Bericht (Biol'Eau 2015) beschrieben, das Protokollblatt entsprach demjenigen für die Flächenkartierung (Kap 3.2). Die genaue Lage der Transekt-Abschnitte wurde mittels GPS erfasst.

3.4 Auswertung Luftbilder und Testflächen

Die Auswertung der Luftbilder und Felddaten erfolgte analog des Projektes 2005 mit ESRI ArcGIS ArcView 10.0 in den folgenden Schritten. Die detaillierten Angaben zum GIS-Projekt sind im Anhang zusammengestellt.

Katalogisieren	Von allen vorhandenen und digitalisierten Luftbildern wurde ein Katalog zusammengestellt (Anhang).
Luftbildauswahl	Aus den Luftbildern vom 25.6.2015 wurden die Bilder so ausgewählt, dass für alle Uferbereiche die qualitativ besten Bilder mit möglichst senkrechter Bildachse und genügend Überlappung im GIS integriert wurden. So wurden nur ganz kleine Bereiche nicht durch Luftbilder abgedeckt.
GIS - Georeferenzierung Abb. 3.2	Die Luftbilder wurden im ArcGIS ArcView 10.2 auf der Basis des Übersichtsplanes 1:5000 und der Orthofotos georeferenziert. Dabei wurden die Bilder mittels 2-4 Referenzpunkten an die Landeskarte angepasst. Problematik der Georeferenzierung von Handkamera-Luftbildern im Bereich Seeufer: - Die Bildachse ist nicht senkrecht zur Erdoberfläche, auch ihr Winkel ist nicht bekannt. Dies ergibt ungleiche Massstäbe im Vorder- und Hintergrund des Bildes.

	<ul style="list-style-type: none"> - Bei Aufnahmen am Seeufer liegen die in der Karte identifizierbaren Referenzpunkte im Bereich der Uferlinie und im „Landesinnern“, nicht aber im Bereich der zu untersuchenden Uferzonenfläche. So können sich bei der Georeferenzierung Fehler im äusseren Bereich der Uferzonen ergeben. - Die Georeferenzierung in ArcView 10.0 mittels Polynom 1. Ordnung lässt Drehungen, Massstabsanpassungen und „Schrägstellen der Bildkanten“ (Rhombus) zu, nicht aber „trapezförmige“ Anpassung. So konnten insbesondere Schrägaufnahmen schlecht entzerrt werden. <p>Die Georeferenzierung wurde durch Verwendung möglichst vieler Bilder bzw. kurzer Uferabschnitte pro Bild, durch Auswahl der besten Bilder und durch Abgleich der angrenzenden Bilder möglichst präzise durchgeführt.</p>														
GIS - Luftbild-Position	Die Umrandung der georeferenzierten Bilder ermöglicht die Übersichtsdarstellung der durch Luftbilder abgedeckten Uferzonenbereiche. (Anhang 6.1, G_2015_003)														
GIS Uferzonenfläche Abb. 3.3	<p>Für jedes Luftbild wurde die auszuwertende Uferzonenfläche als Polygon-Shape erfasst. Dabei wurde die Uferlinie so genau wie möglich erfasst (Problempunkte: Bäume, Schatten). Die Abgrenzung zum benachbarten Luftbild erfolgte so, dass die pro Bild besten Bereiche kartiert werden konnten. Die Lage der Uferzonen-Aussengrenze (Tiefenbereich um 5 m) wurde aufgrund der Farbunterschiede abgeschätzt. Dabei sind Abschnitte mit einer ausgeprägten Halde weniger problematisch, während gleichmässig abfallende Uferbereiche oft sehr schwierig einzuschätzen waren.</p> <p>Durch Luftbilder nicht abgedeckte Bereiche wurden aufgrund der Uferzone von 2005 und 1995 eingeschätzt.</p>														
GIS Bestandesfläche Bestandestypen Abb. 3.4	<p>Die Wasserpflanzenbestände wurden gemäss der folgenden Legende als Polygon-Shape digitalisiert:</p> <p>Bestandestypen (nur auf der Basis der Luftbilder):</p> <table border="0" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30px; height: 20px; background-color: #FF00FF; border: 1px solid black;"></td> <td>Submerse gross, dicht: deutlich sichtbare farblich abgesetzte Bestände (Dichte 6 - 12, Höhe >1.6m)</td> </tr> <tr> <td style="width: 30px; height: 20px; background-color: #FFB6C1; border: 1px solid black;"></td> <td>Submerse klein, dicht (Dichte 6-12, Höhe <1.6m)</td> </tr> <tr> <td style="width: 30px; height: 20px; background-color: #FFA500; border: 1px solid black;"></td> <td>Submerse klein, locker: erkennbare, aber farblich nicht so stark abgesetzte Bestände, die lockeren Bewuchs und/oder niedrige Pflanzen aufweisen können.</td> </tr> <tr> <td style="width: 30px; height: 20px; background-color: #FFDAB9; border: 1px solid black;"></td> <td>Submerse unsicher: Farbflecken, deren Zuordnung unsicher war; in den Teststrecken überprüft.</td> </tr> <tr> <td style="width: 30px; height: 20px; background-color: #FFFF00; border: 1px solid black;"></td> <td>Makroalgen: deutliche dunkle Bereiche, die nicht Makrophyten sein können, von der Lage und Beobachtungen her (im tieferen Bereich von Blockwurf am Nordufer) aber dichte Watten von <i>Cladophora sp.</i></td> </tr> <tr> <td style="width: 30px; height: 20px; background-color: #4682B4; border: 1px solid black;"></td> <td>Wasserröhricht: Röhrichtflächen von Schilf oder Seebinsen, die seewärts der Wasserlinie stehen; die Abgrenzung zum Landschilf ist oft schwierig.</td> </tr> <tr> <td style="width: 30px; height: 20px; background-color: #808080; border: 1px solid black;"></td> <td>Landschilf: Röhrichtflächen landwärts der Wasserlinie; die Abgrenzung zu Riedwiesen ist oft schwierig.</td> </tr> </table>		Submerse gross, dicht: deutlich sichtbare farblich abgesetzte Bestände (Dichte 6 - 12, Höhe >1.6m)		Submerse klein, dicht (Dichte 6-12, Höhe <1.6m)		Submerse klein, locker: erkennbare, aber farblich nicht so stark abgesetzte Bestände, die lockeren Bewuchs und/oder niedrige Pflanzen aufweisen können.		Submerse unsicher: Farbflecken, deren Zuordnung unsicher war; in den Teststrecken überprüft.		Makroalgen: deutliche dunkle Bereiche, die nicht Makrophyten sein können, von der Lage und Beobachtungen her (im tieferen Bereich von Blockwurf am Nordufer) aber dichte Watten von <i>Cladophora sp.</i>		Wasserröhricht: Röhrichtflächen von Schilf oder Seebinsen, die seewärts der Wasserlinie stehen; die Abgrenzung zum Landschilf ist oft schwierig.		Landschilf: Röhrichtflächen landwärts der Wasserlinie; die Abgrenzung zu Riedwiesen ist oft schwierig.
	Submerse gross, dicht: deutlich sichtbare farblich abgesetzte Bestände (Dichte 6 - 12, Höhe >1.6m)														
	Submerse klein, dicht (Dichte 6-12, Höhe <1.6m)														
	Submerse klein, locker: erkennbare, aber farblich nicht so stark abgesetzte Bestände, die lockeren Bewuchs und/oder niedrige Pflanzen aufweisen können.														
	Submerse unsicher: Farbflecken, deren Zuordnung unsicher war; in den Teststrecken überprüft.														
	Makroalgen: deutliche dunkle Bereiche, die nicht Makrophyten sein können, von der Lage und Beobachtungen her (im tieferen Bereich von Blockwurf am Nordufer) aber dichte Watten von <i>Cladophora sp.</i>														
	Wasserröhricht: Röhrichtflächen von Schilf oder Seebinsen, die seewärts der Wasserlinie stehen; die Abgrenzung zum Landschilf ist oft schwierig.														
	Landschilf: Röhrichtflächen landwärts der Wasserlinie; die Abgrenzung zu Riedwiesen ist oft schwierig.														

	 <p>Schilfrhizomflächen: Flächen seewärts der Schilfgrenze, die aufgrund der Färbung und Struktur alte Rhizomflächen oder sehr lockere Schilfröhrichte sein können.</p> <p>Schwimmblattzone: nur Teichrosen bei Vinelz</p> <p>Insel</p> <p>Bestand_NR Jedem im Feld kartierten Bestand wurde die entsprechende Bestandes-Nummer auch im GIS zugeordnet. Dabei konnten mehrere im Luftbild sichtbare Makrophytenflächen die gleiche Nummer erhalten, da im Feld oft die Artenzusammensetzung für gleiche Bestände zusammengefasst wurde.</p>
<p>Felddaten - GIS: Verbinden Arten-Auswertung Abb. 3.5</p>	<p>Die Felddaten wurden in einer Excel-Tabelle zusammengestellt (Anhang 6.3). Im GIS konnte über die Bestand_NR die Verbindung zu den Bestandesflächen hergestellt werden. So war es möglich, in den kartierten Teststrecken im GIS die Auswertungen für die verschiedenen Makrophytenarten vorzunehmen.</p>
<p>GIS - Karten</p>	<p>Aufgrund der beiden Datentypen konnten zwei Arten von Karten hergestellt werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Karten der Bestandestypen aus der Luftbilddauswertung für alle Untersuchungsjahre und die ganze Seefläche (1967/1976 Teilgebiete) und die Jahre 1967, 1976, 1984, 1995, 2005 und 2015. ➤ Karten der Verbreitung und Dichte der Bestände sowie einzelner Arten für die Teststrecken 1995, 2005 und 2015.
<p>GIS - Flächen berechnen</p>	<p>Für die Beurteilung der zeitlichen Entwicklung wurden aus den Flächen-daten im GIS verschiedene Flächenparameter berechnet, jeweils bezogen auf den ganzen See, auf Uferabschnitte (Anh. 6.1, G_2015_01) und auf die Teststrecken (Anh. 6.1, G_2015_02):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Uferzonenfläche, - Bestandesflächen Submerse und Röhricht, - Flächen der einzelnen Arten.

3.5 Auswertung Transektkartierung

Die Auswertung der Transektkartierung ist im Bericht Biol'Eau 2015 detailliert beschrieben. Hier eine kurze Zusammenfassung:

- Die Transekte mit ihren Kartierabschnitten wurden als 10 m breite Flächen entlang den GPS-Punkten im GIS erfasst.
- Die Kartiererergebnisse wurden in einer Exceltabelle zusammengestellt und über die Abschnittsnummern im GIS den Transekt-Abschnitten zugeordnet.
- Die Darstellung erfolgte in Form von Tabellen, Karten (Beispiel Abb. 3.7) und Tiefenprofilen (Beispiel Abb. 3.8).

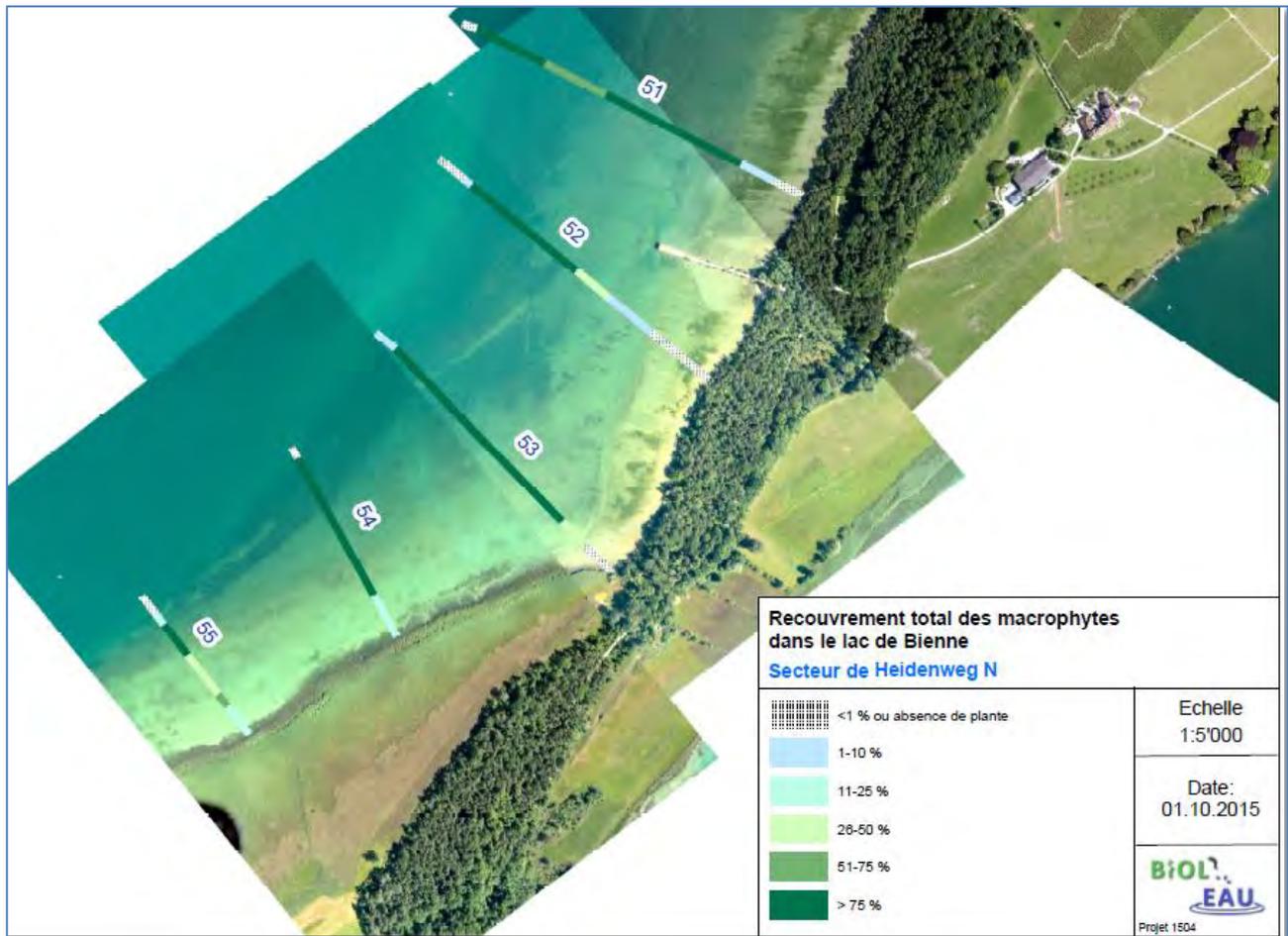


Abb. 3.7: Beispiel einer Transektkarte (Biol'Eau 2015).

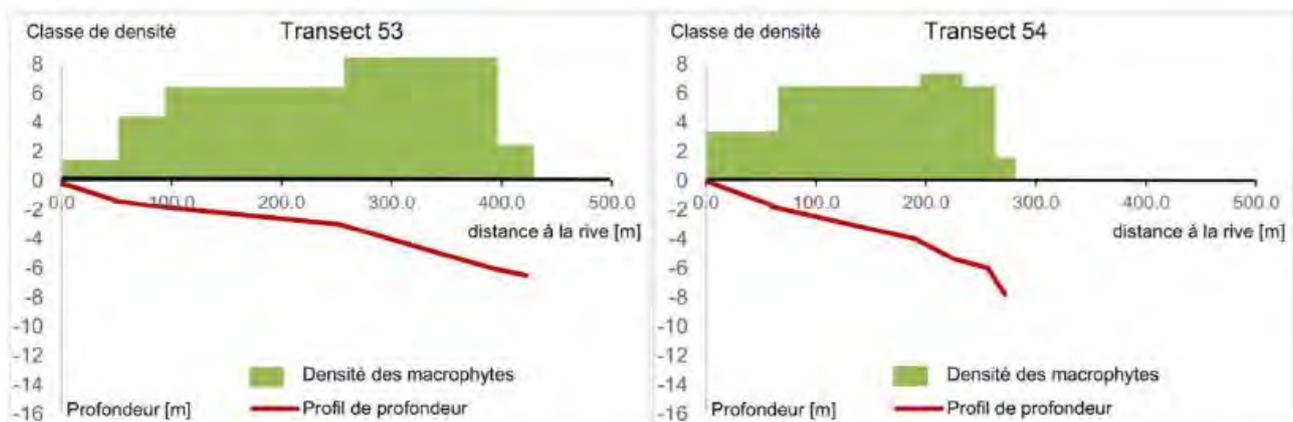


Abb. 3.8: Beispiel eines Tiefenprofils aus der Transektkartierung (Biol'Eau 2015)

4 Untersuchungsergebnisse

4.1 Artenliste

Tab. 4.1: Artenliste des Bielersees in den verschiedenen Untersuchungsjahren.

Artenliste des Bielersees in den verschiedenen Untersuchungsjahren			Ganzer See										
Deutscher Name	Lateinischer Name	Code	Rote Liste		1967	1976	1984	1985/86	1995	1996-98	2005	2015	2015
			CH	MP	0	20	5	12	23	15	19	22	24
Anzahl Taxa			2015	1995-2005				Spezial	Transekte		Flächen	Transekte	
Landschiff	<i>Phragmites australis</i> , Land	PCL	P_AL	LC	LC		x	x	x	x	x	x	x
Wasserschiff	<i>Phragmites australis</i> , Wasser	PCW	P_AW	LC	LC		x	x	x	x	x	x	x
Seebirse	<i>Schoenoplectus lacustris</i>	SCL	S_L	LC	LC		x	x	x		x	x	x
Breitblättriger Rohrkolben	<i>Typha latifolia</i> L.	TYL		LC	LC		x						
Gelbe Teichrose	<i>Nuphar lutea</i>	NLU	N_L	LC	NT		x		x				
Weisse Seerose	<i>Nymphaea alba</i>	NAL		NT	NT		x						
Rauhes Hornblatt	<i>Ceratophyllum demersum</i> L.	CED	C_D	VU	VU		x		x		x	x	x
Kanadische Wasserpest	<i>Elodea canadensis</i> Michx.	ELC	E_C	Neophyt			x		x	x	x	x	x
Nuttalls Wasserpest	<i>Elodea nuttallii</i> H. St. John	ELN	E_N	Neophyt			x		x	x	x	x	x
Fischkraut	<i>Groenlandia densa</i>	GDE		NT	NT		x						
Ähriges Tausendblatt	<i>Myriophyllum spicatum</i> L.	MYS	M_S	NT	NT		x		x		x	x	x
Grosses Nixenkraut	<i>Najas marina</i> L.	NMA	N_M	VU	VU				x	x	x	x	x
Berchthold's Laichkraut	<i>Potamogeton berchtholdii</i> (gehört zu <i>P. pectinatus</i>)	POB	P_B	NT	VU				x	x	x	x	x
Krauses Laichkraut	<i>Potamogeton crispus</i> L.	POC	P_C	LC	LC		x		x		x	x	x
Fadenförmiges Laichkraut	<i>Potamogeton filiformis</i> Pers.	POF	P_F	VU	EN				x	x	x	x	x
Schweizer Laichkraut	<i>Potamogeton helveticus</i> (G. Fisch) W. Koch	POH	P_H	EN	EN		x		x		x	x	x
Glänzendes Laichkraut	<i>Potamogeton lucens</i> L.	POL	P_L	LC	LC		x	x	x	x	x	x	x
Laichkraut - Hybrid	<i>Potamogeton lucens</i> x <i>perfoliatus</i> (= <i>P. salicifolius</i>)	POX	P_X	-	-		x		x		x	x	x
Kleines Laichkraut	<i>Potamogeton pectinatus</i> L.	POA	P_PA	VU	VU				x	x	x	x	x
Kammförmiges Laichkraut	<i>Potamogeton pectinatus</i> L.	POE	P_P	LC	LC		x	x	x	x	x	x	x
Durchwachsenes Laichkraut	<i>Potamogeton perfoliatus</i> L.	POR	P_PE	LC	LC		x	x	x	x	x	x	x
Starrer Hahnenfuss	<i>Ranunculus circinatus</i>	RCI	R_C	EN	EN		x		x	x	x	x	x
Haarblättriger Wasserhahnenfuss	<i>Ranunculus trichophyllus</i>	RTI		LC	NT						x	x	
Wasserschlauch	<i>Utricularia australis</i> aggr.		U_1	NT	NT								x
Gewöhnlich Wasserschraube	<i>Vallisneria spiralis</i>			Neophyt								x	x
Teichfaden	<i>Zanichellia palustris</i> L.	ZPA	Z_P	VU	VU		x		x	x	x	x	x
Brunnenmoos	<i>Fontinalis antipyretica</i>	FOA	F_A	LC	-				x	x	x	x	x
Moos	<i>Platyhypnidium riparoides</i>	PLR					x						
Stern-Armeleuchteralge	<i>Nitellopsis obtusa</i> (Desv.) J. Groves	CHN	N_O	NT	-				x	x	x	x	x
Armeleuchteralgen	<i>Chara sp.</i> (immer <i>C. c.</i> und/oder <i>C. g.</i>)	CHS	C_S						x		x	x	
zerbrechliche Armeleuchteralge	<i>Chara globularis</i> A. Braun	CHG	C_G	LC	-				x		x	x	x
gegensätzliche Armeleuchteralge	<i>Chara contraria</i> A. Braun	CHC	C_C	LC	-				x	x	x	x	x
	<i>Chara denudata</i> A. Braun	CHV		DD	-						(x)	x	x
gemeine Armeleuchteralge	<i>Chara vulgaris</i> (Bestimmung durch Prof. Dr. G. Lang)	CHV		VU			x*						
Fadenalge	<i>Cladophora sp.</i>	CLA	CL_S						x	x	x	x	

Die von Lachavanne et al. (1976) gefundenen Sumpfpflanzen werden in dieser Liste nicht aufgeführt, nur Pflanzen berücksichtigt, welche im Litoral wachsen.

Fett gedruckte Spalten: das gesamte Litoral wurde in diesem Jahr untersucht, fast vollständige Artenliste

Normal gedruckte Spalten: nur bestimmte Abschnitte des Litorals untersucht unvollständige Artenliste

*ganz vereinzelt an Heidenweg-Süd und Heidenweg-Nord

Rote Liste: CH ganze Schweiz, MP Mittelland; LC nicht gefährdet, NT, VU verletzlich, DD zu wenig Angaben

F Flächenkartierung, T Transektkartierung

In der umfassenden Untersuchung von LACHAVANNE et al. (1976) fällt vor allem das Fehlen der Armeleuchteralgen auf, welche eher klare, nicht nährstoffbelastete Gewässer bevorzugen. Schuller & Seiler fanden in ihren Untersuchungsstrecken von 1985 und 1986 an zwei Stellen ganz vereinzelt kleine Armeleuchteralgen, die von Prof. G. Lang vom Geobotanischen Institut der Universität Bern als gemeine Armeleuchteralge (*Chara vulgaris*) identifiziert wurden. 1995 wurden grosse unterseeische Wiesen mit Armeleuchteralgen in allen drei Seebecken entdeckt. Drei Arten konnten identifiziert werden, welche auch 2005 und 2015 wieder gefunden wurden: Stern-Armeleuchteralge (*Nitellopsis obtusa*), zerbrechliche Armeleuchteralge (*Chara globularis*) und gegensätzliche Armeleuchteralge (*Chara contraria*). Die 1985 identifizierte Art konnte nicht wieder gefunden werden. 2015 wurde neu auch die Art *Chara denudata* in einem Tauchtransekt der Bielerbucht gefunden. Sehr auffällig waren 2015 vielerorts grosse und oft dichte *Characeen*-Bestände an der äussersten Grenze der Wasserpflanzenverbreitung. Damit dehnen sich die Bestände insgesamt deutlich tiefer aus als 2005.

Ebenfalls neu aufgetaucht ist Nuttall's Wasserpest (*Elodea nuttallii*). 1995 wurde sie erstmals gefunden. Sie ist wie *Elodea canadensis* ein invasiver Neophyt aus Nordamerika, erreichte aber Europa erst etwa 100 Jahre später. Sie ist in ganz Mitteleuropa noch in Ausbreitung begriffen und verdrängt stellenweise die kanadische Wasserpest, da sie ein breiteres ökologisches Spektrum aufweist. Sie erträgt hohe Stickstoffkonzentrationen und auch erhöhte Salzgehalte. Beide Arten zusammen kommen 2015 in allen Teststrecken vor.

Arten eutropher bis hoch eutropher Gewässer wie das ährige Tausendblatt (*Myriophyllum spicatum*), der starre Hahnenfuss (*Ranunculus circinatus*), das krause Laichkraut (*Potamogeton crispus*) und das raue Hornblatt (*Ceratophyllum demersum*) kamen im Jahr 1976 im Bielersee noch häufig vor. Mit abnehmendem Nährstoffgehalt sind diese Arten bis 1995 selten geworden, was sich

auch 2005 nicht änderte. 2015 hat sich das ährige Tausendblatt aber wieder deutlich weiter ausgebreitet.

Die Laichkrautarten sind zum überwiegenden Teil in beiden Untersuchungsjahren 1976 und 1995 vorhanden, als das Litoral des ganzen Sees untersucht worden war. Die extrem dichten Bestände insbesondere des Kammlaichkrautes (*Potamogeton pectinatus*) reduzierten sich bis 2015 deutlich und traten fast nur noch am Nordufer der Bielerbucht grossflächig auf. 1976 wurde das kleine Laichkraut (*Potamogeton panormitanus*, heute *P. pusillus* Gruppe) nur vereinzelt im Mündungsbe- reich des Merdasson (La Neuveville) gefunden, seit Mitte der 90er-Jahre jedoch in jeder Untersu- chung an verschiedenen Stellen des Sees.

Das Auftauchen und vor allem die grossflächige Ausdehnung der Armleuchteralgen auch in den tieferen Uferbereichen sowie das Verschwinden von Arten mit einem Verbreitungsschwerpunkt in eutrophen Gewässern fällt mit der seit Mitte der 80-er Jahre zu beobachtenden Abnahme des limi- tierenden Nährstoffs Phosphor zusammen.

4.2 Artenportraits



Schilf (*Phragmites australis*): 1 bis über 4 m hohes Süssgras, bildet an stehenden und langsam fliessenden Gewässern auf feuchten bis ständig überfluteten Böden grosse Bestände, teil- weise mit vereinzelt anderen Sumpfpflanzen (natürliche Mo- nokultur). Seit einigen Jahrzehnten gehen an vielen europä- ischen Gewässern die ganzjährig überfluteten Wasserschilf- bestände, welche in bis etwas mehr als 1 m Wassertiefe siedeln, zurück. Die Ursachen sind komplex: Erst unter hoch eutrophen Bedingungen gerät der Nährstoffhaushalt aus dem Gleichge- wicht. Weitere Einflüsse wie mechanische Schädigungen durch Erosion, Frass oder Schwemmholz tragen unabhängig von Nährstoffbelastungen zum Rückgang bei.

Bielersee: bis 1995 ging die Ausdehnung der Wasser- schilfbestände im Litoral trotz Schutzmassnahmen zurück. 2005 war eine leichte Tendenz zur Erholung der Bestände zu be- obachten. Diese Tendenz setzte sich bis 2015 fort.

Verbreitungskarte 2015: Anhang 6.1, S_2015_11/12/03



Seebinse (*Schoenoplectus lacustris*): die 1 bis 3 m hohen Stän- gel sind rund und dunkelgrün. Die Seebinse bildet an langsam fliessenden oder stehenden Gewässern Bestände. Sie bevorzugt nährstoffärmere Gewässer als Schilf. Auch sie dringt in Wasser- tiefen von mehr als einem Meter vor.

Bielersee: Seit Daten vorhanden sind (1976), änderten die weni- gen Bestände ihre Ausdehnung kaum.

Verbreitung: in Karte Wasserröhricht integriert



Gelbe Teichrose (*Nuphar lutea*): besiedelt stehende oder langsam fließende Gewässer bis in etwa 2 m Wassertiefe. Sie bildet eiförmige, tief eingeschnittene Schwimmblätter aus. Vor Wind und Wellenschlag geschützte Seeufer mit organischem Sediment sind ihre bevorzugten Lebensräume.

Bielersee: Bereits 1976 bestanden nur noch 3 Fundstellen. 1995 existierte noch ein Bestand in einer geschützten Bucht bei Gals. 2005 lagen keine potentiellen Standorte innerhalb der Teststrecken. 2015 konnte der Bestand bei Gals auf dem Luftbild identifiziert werden.

Schwanenblume (*Butomus umbellatus*): am Ufer stehender und langsam fließender Gewässer. Eher nährstoffreiche von Wind und Wellenschlag geschützte Standorte.

Bielersee: Sehr selten, 1995 nur vereinzelt als Unterwasserform mit langen bandförmigen Blättern gefunden. Es besteht eine grosse Verwechslungsgefahr mit den Unterwasserblättern der Seebirse, wenn diese keinen Blütentrieb bildet.



Raues Hornblatt (*Ceratophyllum demersum*): Die freischwimmende Wasserpflanze bevorzugt nährstoffreiche, aber vor Wind und Wellen geschützte Stellen in stehenden und langsam fließenden Gewässern. Nährstoffe werden direkt aus dem Wasser entnommen, da sie nicht verwurzelt ist.

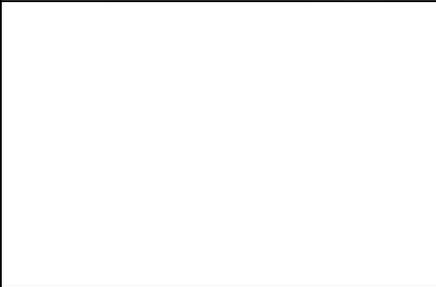
Bielersee: 1976 Bestände in allen drei Seebecken, 1995 nur noch zwei Bestände in Becken von La Neuveville, 2015 vereinzelte Funde.

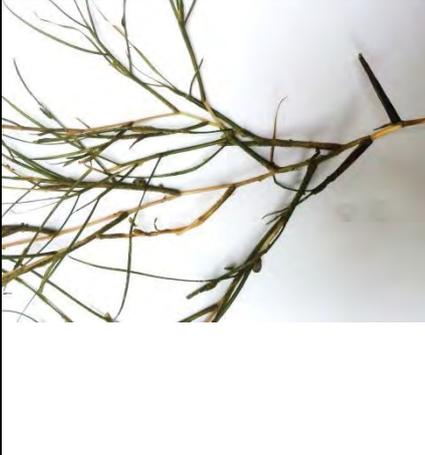


Kanadische Wasserpest (*Elodea canadensis*): stammt ursprünglich aus Nordamerika. Sie pflanzt sich in Europa rein vegetativ fort, da in Europa männliche Pflanzen fehlen. Untergetauchte bis zu einem Meter langen Stängel bilden zum Teil dichte Bestände in stehenden und langsam fließenden Gewässern. Die Pflanze bevorzugt ruhige Stellen in nährstoffreichen Gewässern. Sie hat sich stellenweise massenhaft vermehrt, wird heute aber an vielen Stellen von der später nach Europa verschleppten Art Nuttall's Wasserpest verdrängt.

Bielersee: 1976 trat sie in allen drei Seebecken in geringer Menge auf. 1995 verbreitete sie sich stärker entlang des Nordufers und wurde häufig in den Hafenanlagen rund um den See gefunden. Ein ähnliches Bild fand sich auch 2005 in den Teststrecken wieder. 2015 zeigte sich eine zusätzliche Verbreitung in Sutz, Lüscherz und Marnin.

Verbreitungskarten 2015, 2005, 1995: Anhang 6.1, T_2015_21

	<p>Nuttall's Wasserpest (<i>Elodea nuttallii</i>, rechts im Bild, <i>E.c.</i> links im Bild): auch sie stammt ursprünglich aus Nordamerika und ist heute im Mitteleuropa in Ausbreitung begriffen. Stellenweise vermehrt sie sich massenhaft und verdrängt die kanadische Wasserpest. Sie hat ein weiteres ökologisches Spektrum, in dem sie sehr hohe Nitrat- und Salzkonzentrationen erträgt.</p> <p><i>Bielersee: Mit Sicherheit wurde sie 1995 identifiziert. Sie ist oft mit der kanadischen Wasserpest vergesellschaftet. 2005 wurde ein grösserer, lockerer Bestand in Marnin beobachtet. 2015 war E. nuttallii in allen Teststrecken verbreitet und damit deutlich häufiger als E. canadensis. In vielen Bereichen bildete E. nuttallii lockere oder sogar dichte Bestände an der Tiefengrenze der Verbreitung der vaskulären Pflanzen, in der Teststrecke Ligerz sogar ein fast durchgehendes Band mit hoher Dichte.</i></p> <p><i>Verbreitungskarten 2015, 2005, 1995: Anhang 6.1, T_2015_22</i></p>
	<p>Fischkraut (<i>Groenlandia densa</i>): Sie bevorzugt stehende und langsam fliessende Gewässer. Meist findet sie sich in kühlen Kleingewässern in seichten Zonen.</p> <p><i>Bielersee: Bereits 1976 war diese Pflanze selten und wurde in späteren Jahren nicht mehr gefunden. Vermutlich nicht unbedingt wegen der Nährstoffbedingungen, sondern weil es kaum vor Wind und Wellen geschützte, seichte Uferbereiche am See gibt.</i></p>
	<p>Ähriges Tausendblatt (<i>Myriophyllum spicatum</i>): Diese Wasserpflanze bevorzugt ruhige stehende und langsam fliessende, nährstoffreiche (eutrophe) Gewässer und bildet zum Teil grosse Bestände aus.</p> <p><i>Bielersee: 1976 trat sie in allen drei Seebecken häufig auf. 1995 wurde sie zwar noch in allen drei Seebecken gefunden, jedoch nur noch in kleinen Horsten häufig am Aussenrand zur Halde. Auch 2005 fanden sich wieder kleine Horste in mehreren Testflächen. 2015 war sie flächenmässig wieder weit verbreitet (alle Teststrecken ausser Heidenweg S), allerdings meistens in sehr lockeren Beständen bzw. vereinzelt. Dichte Bestände fanden sich nur in Sutz und an der Petersinsel.</i></p> <p><i>Verbreitungskarten 2015, 2005, 1995: Anhang 6.1, T_2015_23</i></p>
	<p>Grosses Nixenkraut (<i>Najas marina</i>): es wächst bevorzugt in kalkreichen, mässig nährstoffreichen, stehenden und langsam fliessenden Gewässern mit sandig-organischem Untergrund meist nicht tiefer als 0.6 m. Das Nixenkraut ist sehr wärmeliebend und breitet sich in warmen Jahren stärker aus.</p> <p><i>Bielersee: Die sehr kleine Pflanze wird leicht übersehen. Gefunden wurde sie erstmals 1996, obschon sie sehr wahrscheinlich bereits früher vorhanden war. 2005 traten kleinere lockere Bestände am Heidenweg S und in Marnin auf. 2015 zeigte sich die deutliche Ausbreitung, fast flächendeckend in lockeren Beständen bei Lüscherz, Heidenweg S und N (innere Bereiche) und vor der Petersinsel, grosse Flächen in Sutz und einzelne dichte Bestände in Marnin. Einzig am Nordufer und in der Bielerbucht wurde sie nicht gefunden.</i></p> <p><i>Verbreitungskarten 2015, 2005, 1995: Anhang 6.1, T_2015_24</i></p>

	<p>Kleine Laichkräuter (<i>Potamogeton berchtoldii</i> und <i>P. panormitanus</i> werden heute zur <i>P. pusillus</i>-Gruppe zusammengefasst): sie sind relativ unscheinbar und wachsen häufig in Mischbeständen. <i>P. berchtoldii</i>. bevorzugt eher Kleingewässer mit mässigen bis hohen Nährstoffgehalten, <i>P. panormitanus</i> grössere, etwas weniger nährstoffreiche Gewässer.</p> <p><i>Bielersee</i>: 1976 von Lachavanne et al. an einer Stelle, in den 1990-er Jahren vereinzelt gefunden. 2005 grosse und dichte Bestände am Heidenweg N und in Marnin, 2015 lockere Bestände in Sutz, Heidenweg S und N und in Marnin.</p> <p>Verbreitungskarten 2015, 2005, 1995: Anhang 6.1, T_2015_25</p>
	<p>Fadenförmiges Laichkraut (<i>Potamogeton filiformis</i>): Bevorzugt eher nährstoffarme, kalkreiche, kühle Gewässer, ist oft vergesellschaftet mit dem Kammlaichkraut und sieht ihm sehr ähnlich.</p> <p><i>Bielersee</i>: wurde in den 80-er Jahren am Heideweg erstmals gefunden. 1995 wurden grosse und dichte Bestände am Heidenweg N und bei Marnin festgestellt, 2005 nur noch ein Bestand am Heidenweg N sowie im Hafen von Twann. 2015 wurde <i>P. filiformis</i> bei der Flächenkartierung nicht beobachtet. Da aber in der Tauchtransektkartierung Beobachtungen von Sutz, Heidenweg S und N sowie Petersinsel vorlagen, dürfte das "Fehlen" vor allem auf noch nicht weit genug entwickelte Pflanzen zurückzuführen sein.</p> <p>Verbreitungskarten 2015, 2005, 1995: Anhang 6.1, T_2015_26</p>
	<p>Schweizer Laichkraut (<i>Potamogeton helveticus</i>): Sieht einem kräftigen Kammlaichkraut sehr ähnlich, jedoch mit aufgeblasenen Blattscheiden. Das wintergrüne Laichkraut wächst bevorzugt in grossen, mässig fliessenden Gewässern aber auch in grösseren Seen, welche nährstoffreich und kalkhaltig sind. In Seen wächst es eher in grösseren Tiefen (4 – 6 m).</p> <p><i>Bielersee</i>: Diese Art wurde 1976 hauptsächlich am Südufer vor Sutz gefunden, 1995 jedoch nur im Neuenstädterbecken (nicht in den Testflächen). Von 2005 liegen keine Beobachtungen vor. 2015 wurden grosse lockere Bestände am Heidenweg S, verschiedene auch dichte Bestände bei Marnin sowie ein kleinen Bestand in Lüscherz festgestellt.</p> <p>Verbreitungskarten 2015, 2005, 1995: Anhang 6.1, T_2015_27</p>
 <p><i>P.h.</i> links, <i>P.p.</i> rechts</p>	<p>Kammförmiges Laichkraut (<i>Potamogeton pectinatus</i>): Das bis 3.5 m lange Kammlaichkraut hat ein weites ökologisches Spektrum. Bevorzugt wächst es aber in eutrophen, kalkreichen stehenden und langsam fliessenden Gewässern. Die Art wandelt ihr Aussehen je nach Standort stark. Sie ist konkurrenzstark und bildet stellenweise dichte grossflächige Bestände.</p> <p><i>Bielersee</i>: Das Kammlaichkraut war sowohl 1976 wie 1995 die häufigste Art im Litoral. 2005 wurde in den Testflächen ein Rückgang erkennbar insbesondere in der besiedelten Fläche. 2015 war die besiedelte Fläche wieder grösser, die Dichte aber vielerorts deutlich geringer. Extrem dichte Bestände traten praktisch nur noch am Nordufer der Bielerbucht auf.</p> <p>Verbreitungskarten 2015, 2005, 1995: Anhang 6.1, T_2015_30</p>



Krauses Laichkraut (*Potamogeton crispus*): Dieses Laichkraut bevorzugt nährstoffreiche stehende Gewässer und siedelt meist nur in geringer Tiefe.

Bielersee: 1976 war die Art häufig in allen drei Seebecken anzutreffen. 1995 fanden sich gerade noch drei Fundstellen. 2005 wurde P. crispus nicht gefunden, 2015 einzelne kleine Bestände in der Bielerbucht, Marnin und Ligerz sowie in Tauchtransekten bei der Petersinsel und am Heidenweg N.



Glanz-Laichkraut (*Potamogeton lucens*): Diese bis zu 5 m lange Pflanze tritt meist in tiefen, stehenden oder langsam fließenden, kalkreichen, mässig bis nährstoffreichen Gewässern auf. Sie bevorzugt sandig-schlammige Böden. Da sie nicht besonders konkurrenzstark ist, wird sie in tiefere Zonen (2.5 - 5 m) abgedrängt, wo sie anderen Arten überlegen ist.

Bielersee: 1976 wurde sie in allen drei Seebecken häufig gefunden. 1995 siedelte sie vor allem am steilen Nordufer, in der Bielerbucht und am Aussenrand der breiten Litoralzonen vor Sutz-Gerolfingen. Diese Verteilung galt auch für 2005 und 2015, auch wenn die Flächenausdehnung vor allem in der Bielerbucht und bei Sutz deutlich sowie bei Lüscherz und Ligerz leicht zunahm.

Verbreitungskarten 2015, 2005, 1995: Anhang 6.1, T_2015_28

Laichkraut-Hybrid (*Potamogeton lucens x perfoliatus*, heute *P. salicifolius*): wächst an denselben Stellen wie die Elternpflanzen.

Bielersee: 1976 wurde sie am Nordufer und bei Gerolfingen gefunden, ebenso 1995 mit einer weiteren Fundstelle bei Lüscherz. 2005 wurde ein Bestand bei Marnin beobachtet, 2015 einer bei Sutz sowie in den Transekten bei Sutz, Petersinsel und Heidenweg N.

Verbreitungskarten 2015, 2005, 1995: Anhang 6.1, T_2015_29



Durchwachsenes Laichkraut (*Potamogeton perfoliatus*): findet sich in stehenden und langsam fließenden, nährstoffreichen Gewässern mit geringer Sichttiefe. Oft auch in mesotrophen, klareren Gewässern anzutreffen. Dringt bis in eine Tiefe von 6 m vor. Erträgt Wellenschlag relativ gut.

Bielersee: 1976 und 1995 ähnliche Verteilung im See. Wenn mit anderen Arten vergesellschaftet, fanden sich regelmässig verteilt Einzelpflanzen. Wenn das Laichkraut als reiner Bestand anzutreffen war, war die Wuchsform in Horsten. 2005 war die besiedelte Fläche in vielen Testflächen deutlich tiefer, 2015 wieder viel grösser. Die meisten Bestände waren aber sehr locker und oft in kleinen Horsten.

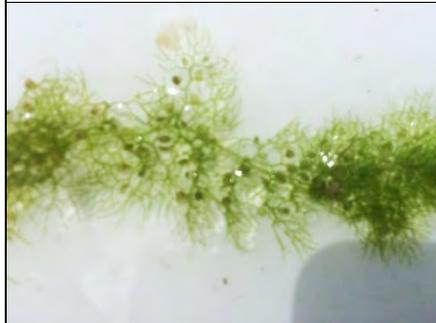
Verbreitungskarten 2015, 2005, 1995: Anhang 6.1, T_2015_31



Starrer Hahnenfuss (*Ranunculus circinatus*): bevorzugt stehende und langsam fliessende, eutrophe Gewässer mit flachen, ruhigen Uferzonen ohne Wind- und Wellenschlag.
Bielersee: 1976 wurde sie noch in allen drei Seebecken festgestellt, 1995 gab es noch eine Fundstelle, 2005 wurde ein angeschwemmtes Exemplar sichergestellt, 2015 erfolgte keine Beobachtung.



Haarblättriger Hahnenfuss (*Ranunculus trichophyllus*): bevorzugt nährstoffreiche, geschützte Stellen in stehenden Gewässern. Erträgt Wasserstandsschwankungen und zeitweiliges Trockenfallen und organische Belastungen.
Bielersee: Ein Einzelfund im Jahr 2005, 1 Bestand an der Twannbachmündung 2015. Der See mit seinen Wind und Wellen exponierten Ufern ist sicher nicht günstig für diese Art.



Wasserschlauch (*Utricularia australis*): Der Wasserschlauch bevorzugt Kleingewässer oder wellengeschützte Flachwasserzonen beispielsweise innerhalb von Schilfflächen.
Bielersee: 2015 ein angeschwemmtes Exemplar im Transekt Heidenweg N.



Gewöhnliche Wasserschraube (*Vallisneria spiralis*): als Aquarienpflanze eingeschleppte tropische, wärmeliebende Art, im Tessin eingebürgert. *Bielersee: 2015 je ein Bestand am Heidenweg N (Tauchtransekt) und bei Marnin (Flächenkartierung).*



Teichfaden (*Zanichellia palustris*): wächst in nährstoffreichen, stehenden und langsam fliessenden Gewässern. Erträgt auch organische Verschmutzungen. Sie dringt bis 2.5 m Wassertiefe vor und ist oft mit feinblättrigen Laichkräutern wie Kammlaichkraut und kleines Laichkraut vergesellschaftet. Sie wächst sowohl auf sandigen wie schlammigen Böden.
Bielersee: 1976 wuchs sie in allen drei Seebecken an verschiedenen Stellen, allerdings nicht in grossen Mengen. 1995 wurde sie an weiteren Stellen gefunden. Ebenso 2005 in mehreren Testflächen, zum Teil in recht grosser Zahl. 2015 wurde sie am Heidenweg N und Marnin wieder beobachtet, zusätzlich auch in den Tauchtransekten von Biel und Sutz.
Verbreitungskarten 2015, 2005, 1995: Anhang 6.1, T_2015_32



	<p>Brunnenmoos (<i>Fontinalis antipyretica</i>): Vorkommen oft beeinflusst von Grundwasser oder Zuflüssen kalten Wassers. <i>Bielersee: 1976, 1995 und 2005 wurde die Pflanze selten angetroffen, immer im Bereich von Zuflüssen wie dem Twannbach. Oft auch verdriftete Exemplare.</i></p>
	<p>Stern-Armluchteralge (<i>Nitellopsis obtusa</i>): Diese normalerweise bis 0.5 m gross werdende Armluchteralge galt über Jahrzehnte in Europa als sehr selten. Sie gedieh hauptsächlich in 5 - 10 m Tiefe und war nahezu steril. In den letzten beiden Jahrzehnten hat sie viele neue Gewässer erobert und siedelt vor allem näher bei der Wasseroberfläche (1 - 3 m). Sie bildet auch reichlich Fruchtkörper aus. Mässige organische Düngung aus Geschwemmsel und Blättern wie auch mässige hohe Nährstoffkonzentrationen erträgt sie relativ gut und ist deshalb meist in meso-oligotrophen Gewässern anzutreffen.</p>
	<p><i>Bielersee: Erstmals wurde sie 1995 angetroffen, jedoch gleich in grossen Flächen in allen drei Seebecken. In den Testflächen von 2005 wurde sie wiederum angetroffen, meist in gemischten Beständen. 2015 war sie neu auch in der Bielerbucht (oft dichte Bestände in grosser Tiefe) und Sutz zu finden, an der Petersinsel und Heidenweg N eher häufiger und bei Marnin deutlich seltener als 2005.</i> <i>Verbreitungskarten 2015, 2005, 1995: Anhang 6.1, T_2015_33</i></p>
	<p>Zerbrechliche Armluchteralge (<i>Chara globularis</i>, oben): Die feine, meist kleine, jedoch unter günstigen Bedingungen bis 120 cm grosse Armluchteralge bevorzugt kalkreiche, permanente Gewässer. Auch sie erträgt relativ eutrophe Standorte und ist oft mit Laichkräutern vergesellschaftet. <i>Verbreitungskarten 2015, 2005, 1995: Anhang 6.1, T_2015_34</i></p>
	<p>Gegensätzliche Armluchteralge (<i>Chara contraria</i>, Mitte; <i>C. denudata</i>,): die meist kleine (bis 0.4 m grosse), mit Kalk inkrustierte Armluchteralge besiedelt bevorzugt mesotrophe, klare Seen. Sie findet sich in flachen Uferzonen, dringt aber unter günstigen Lichtbedingungen bis in 20 m Tiefe vor. Auch sie wächst häufig in gemischten Beständen. <i>Verbreitungskarten 2015, 2005, 1995: Anhang 6.1, T_2015_35</i></p>
	<p>In vielen Beständen wurden die einzelnen Arten nicht getrennt bestimmt, da dies oft nur im Labor möglich ist. Diese Bestände wurden mit Chara sp. erfasst. <i>Verbreitungskarten 2015, 2005, 1995: Anhang 6.1, T_2015_36</i> <i>Bielersee: erstmals trat Chara sp. 1995 in Erscheinung, sie war in allen Seebecken in vielen Beständen anzutreffen, meist mit anderen Charophyten und/oder Blütenpflanzen zusammen. 2005 wurde sie in 6 Testflächen gefunden, in winzigen Einzelexemplaren sogar bis zu 17 m Tiefe. 2015 wurden beide Arten und unbestimmte Exemplare in vielen Beständen in allen Testflächen gefunden, mit sehr unterschiedlicher Verteilung der Arten.</i> <i>Verbreitungskarten 2015, 2005, 1995: Anhang 6.1, T_2015_36</i></p>



Fadenalgen (*Cladophora* sp.): Fadenalgen dieser Gattung trifft man meist als rauen grünen Belag in stehenden und fließenden Gewässern an. Die Algen werden durch Wind und Wellenschlag von ihrer Verankerung abgerissen und driften oft frei als Algenwatten am Ufer entlang. Je nach Art ist das ökologische bevorzugte Vorkommen recht unterschiedlich.

Bielersee: die Algen wurden nicht näher bestimmt, deshalb ist keine nähere Charakterisierung möglich. 2015 wurden grössere Algenflächen vor allem auf den harten Böden um die Petersinsel, kleinere Flächen auch in den inneren Uferbereichen von Lüscherz und Heidenweg S beobachtet.

4.3 Wasserpflanzen - Flächenverteilung im ganzen See

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der Luftbilddauswertung 2015 dargestellt und mit den Ergebnissen aus den Untersuchungen von 1967 bis 2005 verglichen. Die Daten sind im Anhang 6.3, MPBIE_2015_Tab_Bestaende) verfügbar.

Die Litoralfläche, die aus den Luftbildern bestimmt wurde (Tab. 4.2, Abb. 4.1), hat von 1995 bis 2015 deutlich zugenommen. Da deren Bestimmung aber sehr stark von der Sichtbarkeit der tiefen Wasserpflanzenbestände am Tag des Fotofluges abhängt, wurde als Referenz für die Deckungsberechnungen die "Litoralfläche 0 - 10 m ohne Insel" verwendet, die auf dem Tiefenmodell des GBL basiert.

Bestandestypen: Illustrationen zur Ausprägung unter Wasser

Rhizomfläche, abgestorbene Schilfbestände



Submerse dicht und hoch



Submerse dicht und hoch, gemischte Taxa



Submerse dicht unten und oben



Submerse, gestuft, mittlere Dichte, viele Arten erkennbar



Submerse, gestuft, unten dicht, oben locker



Submerse, klein und dicht



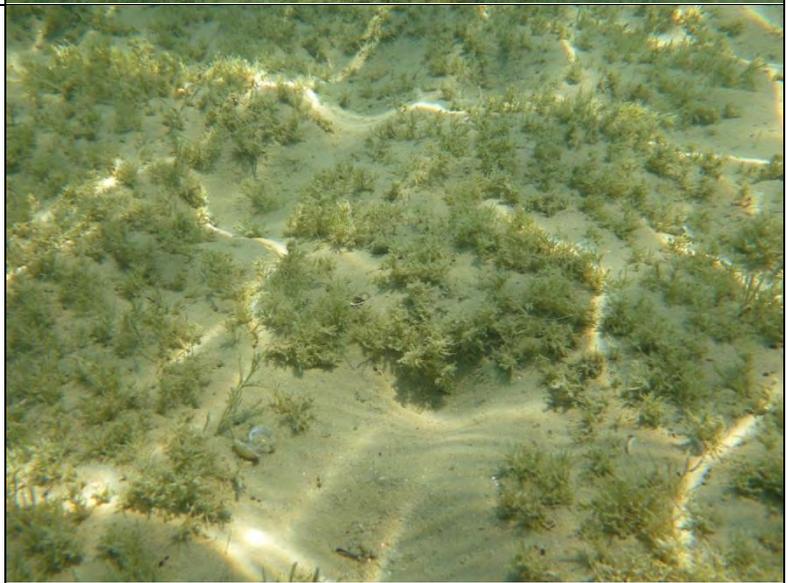
Submerse, klein und dicht



Submerse, klein und locker



Submerse, klein und locker



Submerse, unsicher, sind zwar klein und locker, auf dem Luftbild aber nicht mehr als Bestand zu erkennen



Bestandestypen und Flächenausdehnung im ganzen See und in den Uferabschnitten

Die Flächenausdehnung und die Deckung der Submersenbestände gingen von 1984 bis 2005 recht deutlich zurück von 35.6% auf 27.3% für den ganzen See. 2015 nahm die Deckung aber wieder deutlich zu auf 34.1%. Dies ist sicher einerseits auf die Ausdehnung der Bestände in tiefere Regionen (vgl. Entwicklung Characeen) und andererseits auf die grossflächig lockere Besiedelung von früher leeren Litoralflächen zurückzuführen.

Tab. 4.2.: Flächenausdehnung des Litorals und der Bewuchstypen für den ganzen Bielersee von 1984 bis 2015 in [m²]. Als Referenz für die Deckungsberechnung wurde die Litoralfläche 0 - 10 m ohne Insel verwendet.

	1984	1995	2005	2015
Seefläche	39489759	39489759	39489759	39489759
Litoralfläche 0 - 5 m	8095120	8095120	8095120	8095120
Litoralfläche 0 - 10 m	10593184	10593184	10593184	10593184
Litoral 0-5 m ohne Insel	8095120	8094698	8092187	8079340
Litoral 0-10 m ohne Insel	10593184	10592762	10590250	10577404
Litoralfläche Luftbild	8220464	8220464	8537166	8930502
Insel	0	422	2933	15780
Landröhricht	312616	302175	322100	266879
Wasserröhricht	245495	261735	284930	323806
Rhizomfläche	57393	0	46862	65165
Teichrosen	0	193	0	164
Submerse gross, dicht	3261742	2868897	1873130	1172744
Submerse klein dicht	0	127816	0	792319
Submerse klein locker	450170	254028	1020166	1494501
Submerse unsicher	61467	0	0	147808
Algen	450	0	2451	79161
Deckung Wasserröhricht	2.3%	2.5%	2.7%	3.1%
Deckung Schwimmblatt	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Deckung Submerse	35.6%	30.7%	27.3%	34.1%
Deckung Algen	0.0%	0.0%	0.0%	0.7%

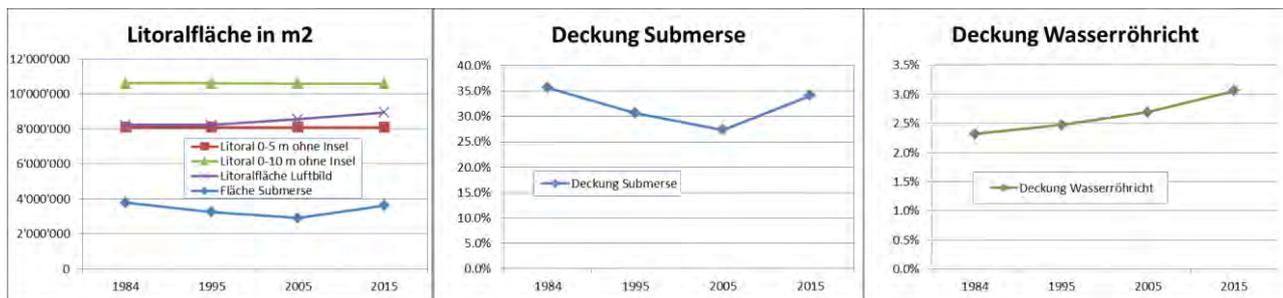


Abb. 4.1: Litoral- und Submersenfläche sowie Gesamtdeckung der Submersen und des Wasserröhrichts im Bielersee 1984 - 2015 (% der Litoralfläche).

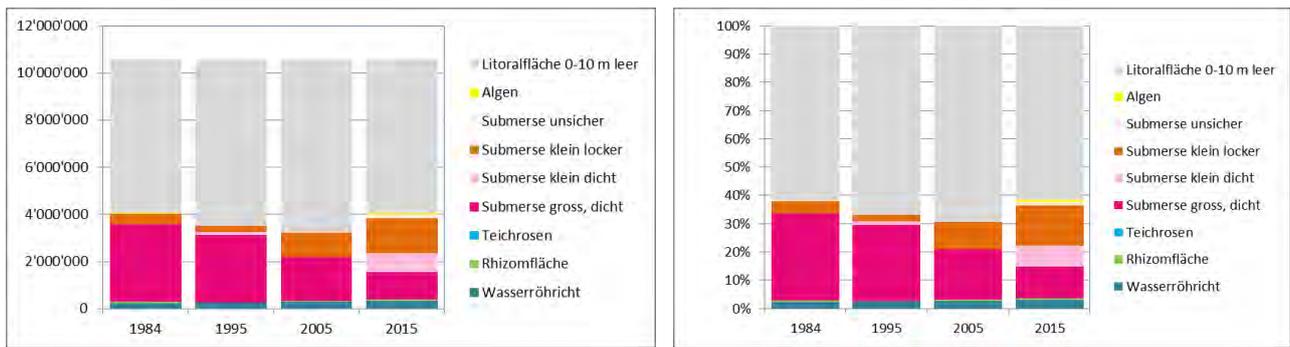


Abb. 4.2: Besiedlungsflächen (m²) und Anteile der Bewuchstypen am gesamten Littoral des Bielersees 1984 bis 2015.

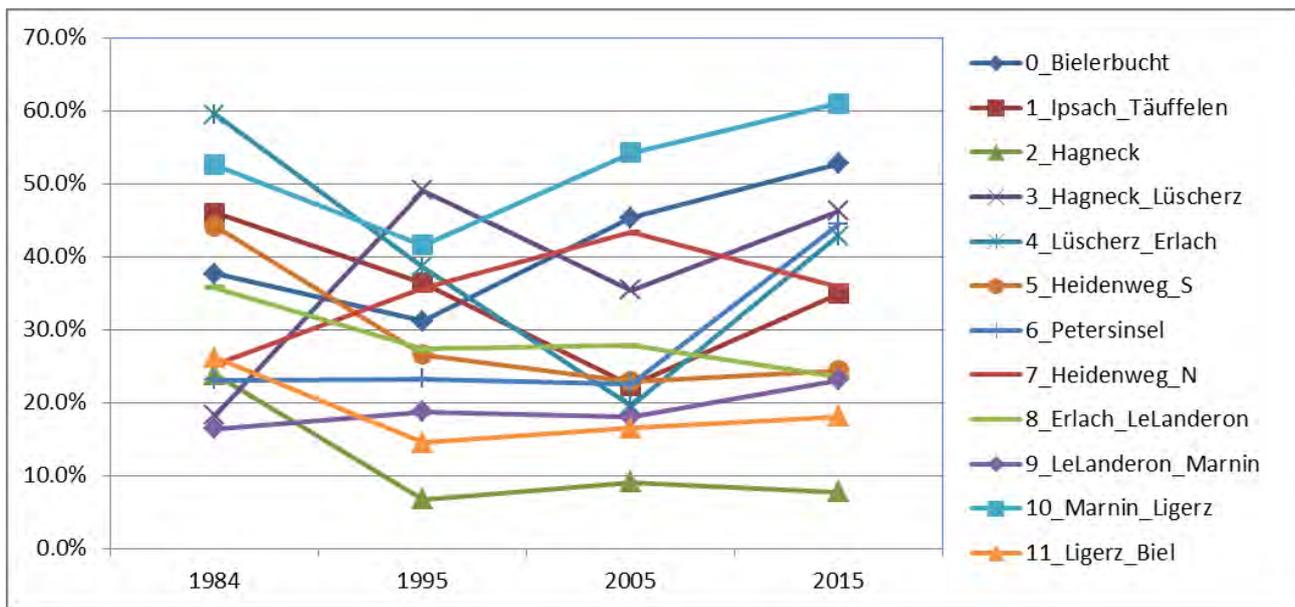
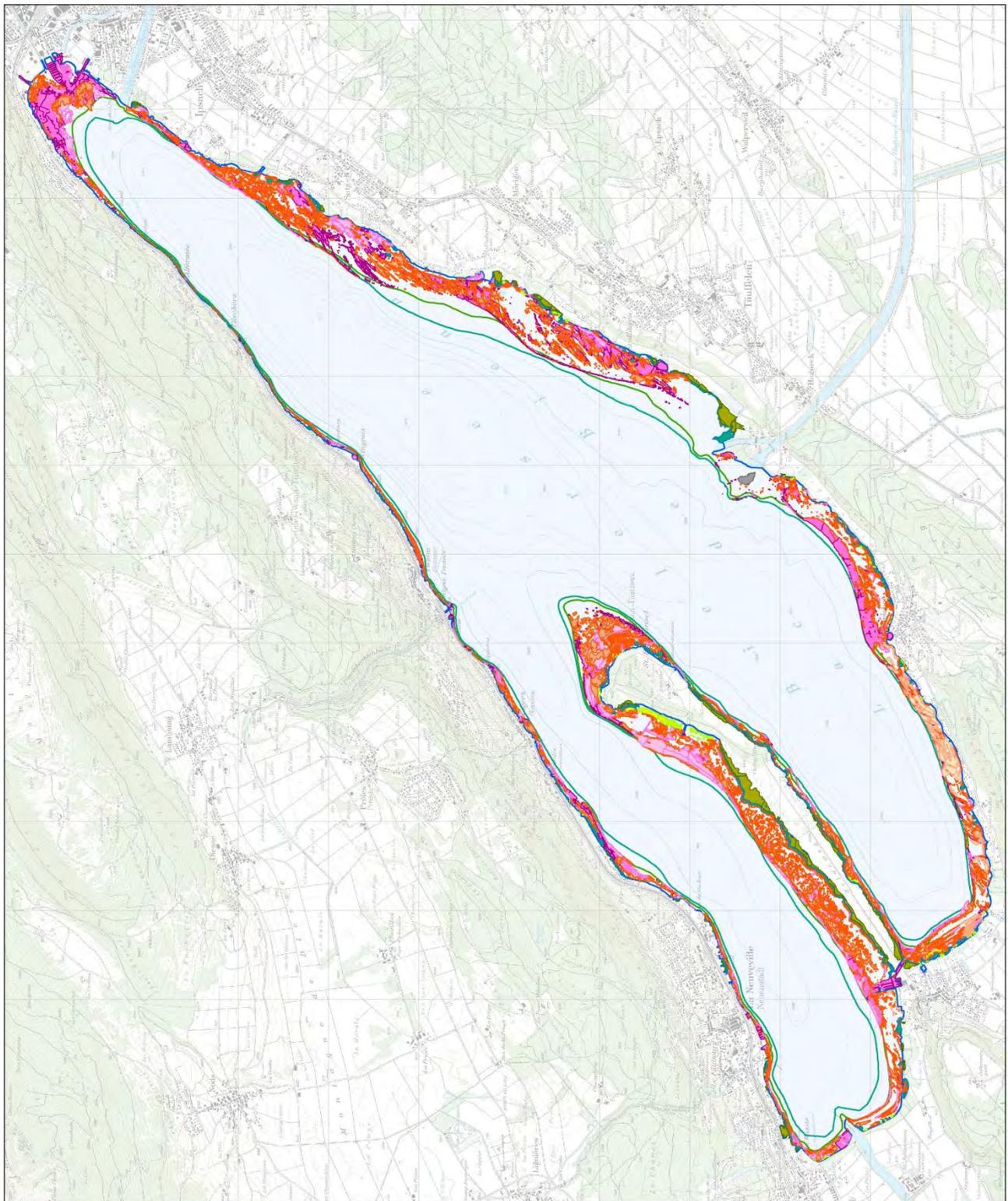


Abb. 4.3: Die Entwicklung der Submersendeckung (ohne Algen) in den Uferabschnitten des Bielersees 1984 bis 2015.

Die Karten zur Verteilung der Bewuchstypen von 1967 bis 2015 basierend auf der Luftbildauswertung sind zusammengestellt im Anhang 6.1 (S_2015_01 bis S_2015_06). 1967 und 1976 wurden die Bewuchstypen nur teilweise kartiert, dort wo Luftbilder zur Verfügung standen.

Abbildung 4.2 zeigt deutlich den Rückgang der dichten hohen Wasserpflanzenbestände hauptsächlich mit *Potamogeton pectinatus*. 2015 wurden auch dichte niedrige Bestände differenziert erfasst, die hauptsächlich durch Wasserpest und Characeen gebildet wurden. Die niedrigen lockeren Bestände auf grossen Flächen nahm deutlich zu, was auch wieder zur Erhöhung der gesamten besiedelten Fläche führte.



Makrophyten
Bielersee 2015



Bestandestypen 2015

- Bestände 2015**
- Submers gross, dicht
 - Submers klein, dicht
 - Submers klein, locker
 - Submers unsicher
 - Algen (teilweise unsicher)
 - Wasserrohrlicht
 - Landrohrlicht
 - Schilfzornmiläche
 - Teichrosen
 - Insel
- Tiefenlinien**
- 0 m
 - 5 m
 - 10 m



1:40'000



Datum: 31.03.2016/Ma

AWA/GBL/ECO

Abb. 4.4: Verteilung der Bewuchstypen im Bielersee 2015 als Beispiel.



Abb. 4.5: Bewuchstypen in den Uferabschnitten 1984 bis 2015: Fläche in m² und Deckung in %.

In den einzelnen Uferabschnitten verlief die Entwicklung aber teilweise unterschiedlich (Abb. 4.3, Abb. 4.5). Ipsach-Täuffelen, Lüscherz-Erlach und Petersinsel entsprachen dem Gesamtsee. Marrnin-Ligerz und Bielerbucht zeigten bereits 2005 wieder eine Zunahme der bewachsenen Fläche. Hagneck, Heidenweg S, Erlach-Le Landeron und Ligerz-Biel zeigten eine Abnahme nach 1984 und dann eine beinahe konstant bleibende Deckung. Am Heidenweg N nahm die Deckung bis 2005 zu und dann wieder ab. Die starke Zunahme von 1984 zu 1995 in Hagneck-Lüscherz war auf fehlende Luftbilder und damit nicht vollständige Kartierung zurückzuführen.

Abbildung 4.5 zeigt die unterschiedliche Zusammensetzung der Bewuchstypen in den verschiedenen Uferabschnitten.

Bestandestypen und Flächenausdehnung in den Testflächen

Die Karten zu Bestandestypen in den Testflächen (Luftbildauswertung) sind im Anhang 6.1, T_2015_01 und T_2015_02 als A3-Karten dargestellt. Ein Beispiel zeigt Abb. 4.6. Die Daten sind in der Tabelle MPBIE_2015_Tab_Bestaende (Anhang 6.3) zusammengestellt.

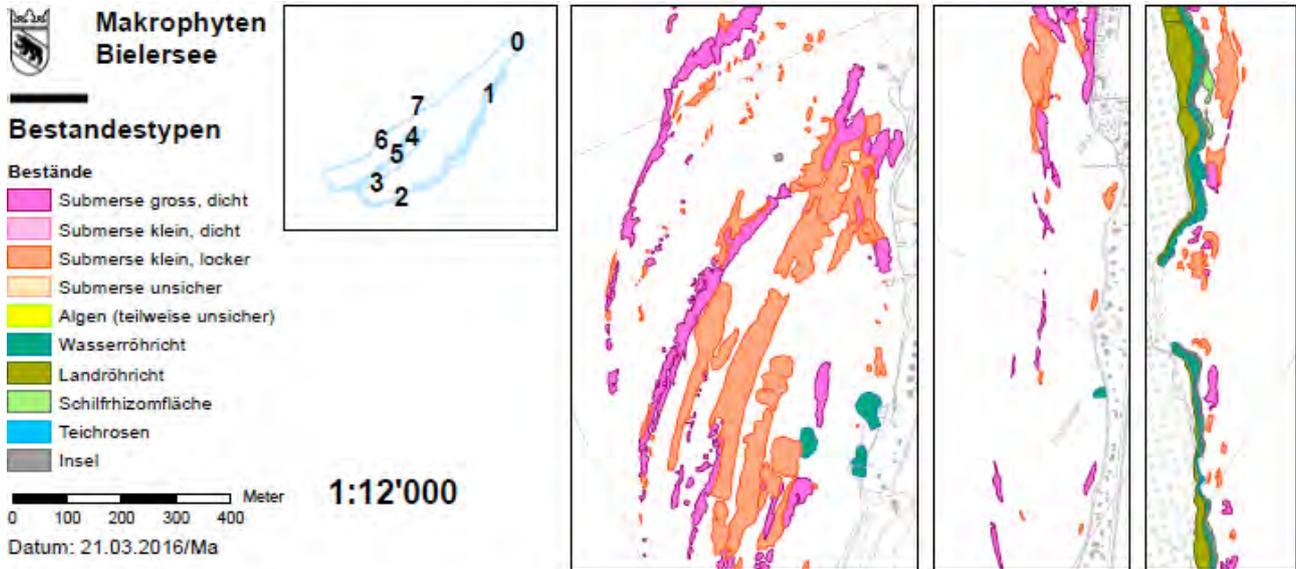


Abb. 4.6: Ausschnitt aus der Karte zu den Bestandestypen T_2015_01 in der Strecke 1.

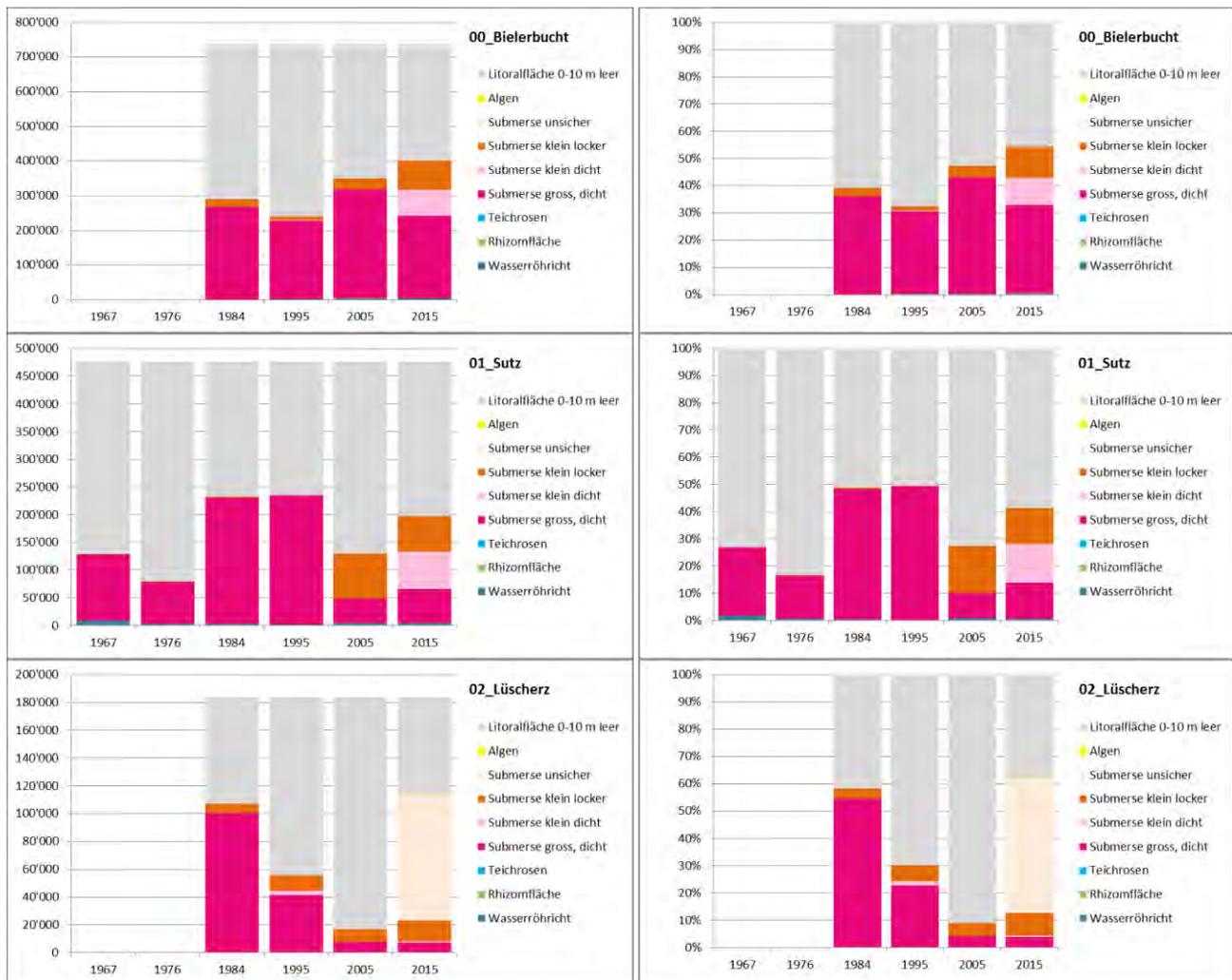


Abb. 4.7/1: Entwicklung der Bewuchstypen (Fläche in m² und Deckung in %) in den Testflächen im Bielersee von 1967 bis 2015.

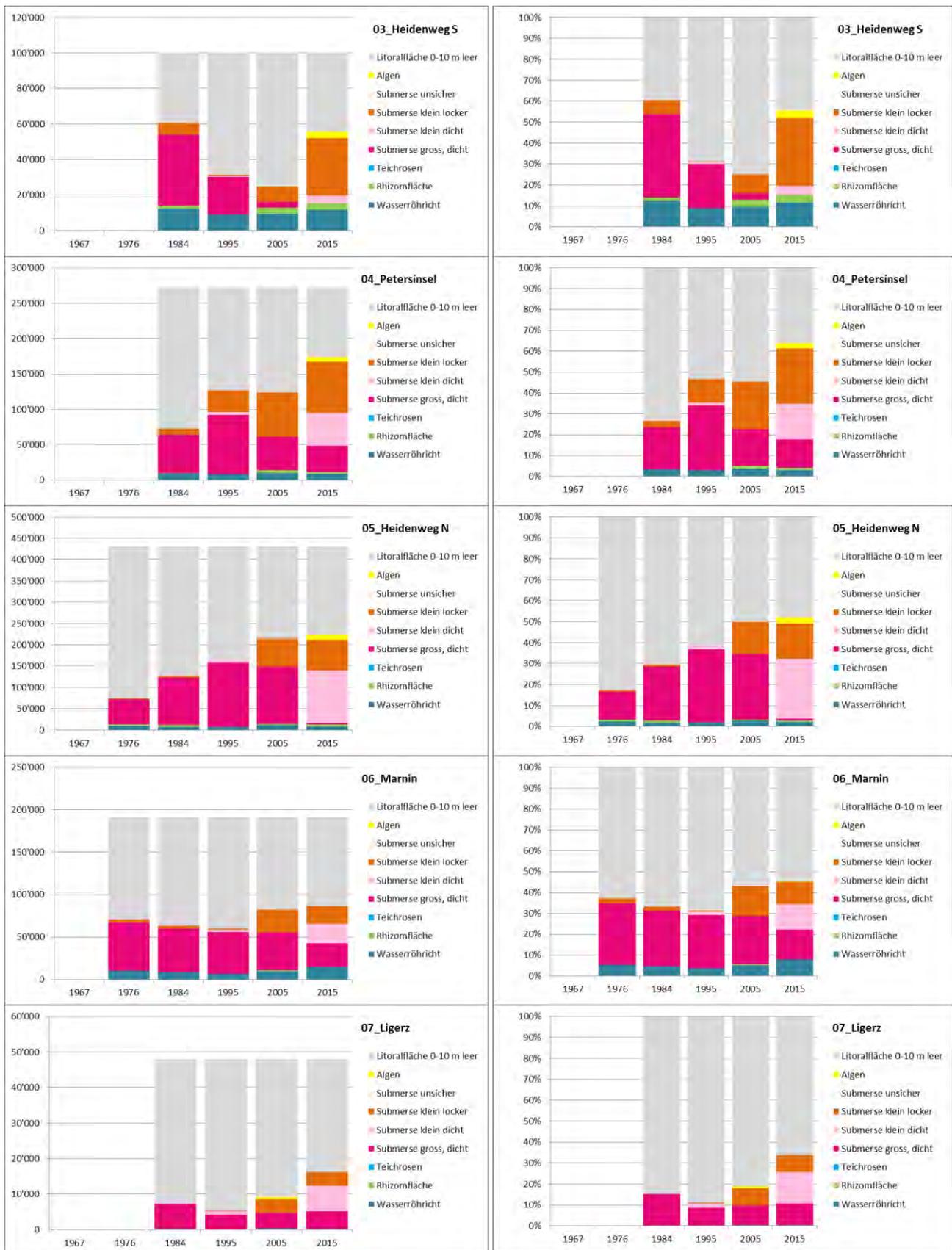


Abb. 4.7/2: Entwicklung der Bewuchstypen (Fläche in m² und Deckung in %) in den Testflächen im Bielersee von 1967 bis 2015.

In der **Bielerbucht** zeigte sich zwischen 1984 und 1995 eine leichte Abnahme, dann wieder eine Zunahme auf insgesamt 54.3% Deckung im Jahr 2015. Diese Zunahme ist vor allem auf eine Erweiterung der Wasserpflanzen-Fläche Richtung See in die tieferen Zonen zurückzuführen. Ein

sehr hoher Anteil besteht weiterhin aus sehr dichten Laichkrautbeständen mit einer vielerorts dichten Unterschicht aus Characeen.

In **Sutz** liegt die längste Reihe aus Luftbildauswertungen vor, von 1967 allerdings mit leicht verschobenem Ausschnitt aufgrund der verfügbaren Luftbilder. Die Entwicklung der Gesamtdeckung verlief recht variabel. 1967 mit dichten Beständen im äusseren Bereich der Uferzone, 1976 nur noch Wasserpflanzen in den inneren, flachen Bereichen vermutlich aufgrund der starken Wassertrübung durch Plankton in den tieferen äusseren Bereichen. 1984 und 1995 war knapp 50% der Uferzone von sehr dichten, bis an die Wasseroberfläche wachsenden Laichkrautbeständen bedeckt. Diese Bestände zeigten in den äusseren Bereichen die Form von Streifen von Südwest nach Nordost parallel zur Hauptwindrichtung. Die inneren Bereiche waren 1984 fast flächendeckend dicht bewachsen, 1995 die innersten Bereiche schon fast frei. 2005 lag die Deckung der dichten hohen Bestände nur noch bei 10%, 2015 nahm sie wieder leicht zu. Grössere Bereiche wiesen lockere und/oder niedrige Wasserpflanzenbestände auf, insgesamt aber trotzdem deutlich weniger als 1984 und 1995.

In **Lüscherz** war der Rückgang der dichten Makrophyten sehr deutlich von knapp 60% 1984 auf unter 10% 2005. 1984 waren noch fast alle Bestände sehr dicht, 1995 einzelne lockerer und 2005 der grösste Teil der Uferzone völlig unbewachsen. 2015 war fast die ganze Uferzone sehr dünn besiedelt durch Einzelpflanzen in grösseren Abständen (Beobachtung bei den Tauchgängen). Da diese auf den Luftbildern nicht sichtbar waren, wurden die Bestände als "unsicher" in der Luftbildauswertung erfasst. Die gleichen Beobachtungen dürften sicher auch für weitere Uferbereiche gelten, konnten aber ausserhalb der Testflächen mangels Tauchgängen nicht verifiziert werden. Die dichten, grösseren Bestände wuchsen 2015 an denselben Stellen wie 2005. Zusätzlich wurde am Aussenrand des Litorals fast durchgehend ein schmaler dichter Bewuchsstreifen von *Potamogeton pectinatus*, *P. perfoliatus* und *Chara globularis* sowie stellenweise *Elodea nutallii* registriert.

Eine starke Veränderung der Wasserpflanzen wurde auch am **Heidenweg S** beobachtet. Die fast durchgehend dichten Bestände von 1984 wurden schon 1995 lückiger, bestanden 2005 noch aus einzelnen Flecken und fehlten 2015 vollständig. Dafür war 2015 fast die ganze Fläche sehr locker mit *Najas marina*, *Potamogeton pusillus* (Gruppe) und *P. helveticus* und *Elodea nutallii* bewachsen. An der Aussengrenze des Litorals im Bereich von 5 bis 7 m Tiefe bildete sich auf grossen Abschnitten ein Saum von *P. pectinatus* mit geringer und *Characeen* mit hoher Dichte.

Die Testfläche **Petersinsel** umfasste vor allem die Nordspitze der Petersinsel. Die Wasserpflanzenbestände dehnten sich von 1984 bis 2005 sowohl Richtung Osten wie auch Richtung Heidenweg aus. 2015 war die besiedelte Fläche mit ca. 60% noch grösser. Allerdings gingen die hohen, dichten Bestände wie schon 2005 weiter zurück und wurden durch niedrigere Bestände aus *Potamogeton perfoliatus* und *P. pectinatus* in geringen Dichten sowie *Characeen* mit hoher Dichte ersetzt. In Richtung der grossen Litoralfäche östlich der Petersinsel dünnen dann die Bestände aus.

Am **Heidenweg N** zeigte sich von 1976 bis 2005 eine deutliche Ausweitung der besiedelten Fläche einerseits in Richtung tiefere Zonen und andererseits in den Bereich östlich der Schiffländte. Viele dieser Bestände waren sehr hoch und dicht. 2015 nahm die besiedelte Fläche nur noch leicht zu und im westlichen Abschnitt vor dem Röhricht sogar eher ab. Zudem war der grösste Teil der Bestände zwar noch dicht, aber nur noch niedrig. Im inneren Bereich vor dem Wald östlich und westlich der Ländte waren grosse Flächen mit Algen bewachsen. Das Substrat an diesen Stellen war sehr steinig, also für wurzelnde Wasserpflanzen eher ungeeignet.

In **Marnin** nahm die Wasserpflanzenbesiedlung von 1976 bis 1995 geringfügig ab. Die Reduktion ging bei den hohen dichten Beständen auch 2005 und 2015 weiter. Ab 2005 wurden aber vermehrt freie Flächen locker besiedelt, 2015 auch oft dicht aber mit geringer Wuchshöhe. Insbesondere in den tiefen Zonen unterhalb von 5 m dominierten die *Characeen*.

In **Ligerz** (Bipschal bis Twannbach) blieb die Besiedlung mit dichten hohen Beständen weitgehend konstant über die letzten 20 Jahre. Hingegen nahmen die lockeren und niedrigen Bestände deutlich zu, 2015 gab es ein fast durchgehendes Band von Wasserpest (*Elodea nutallii* und *E. canadensis*) auch vor den steilen Blockwurf-Uferabschnitten. Die *Characeen* wuchsen nur in den breiteren Bereichen der Uferbank.

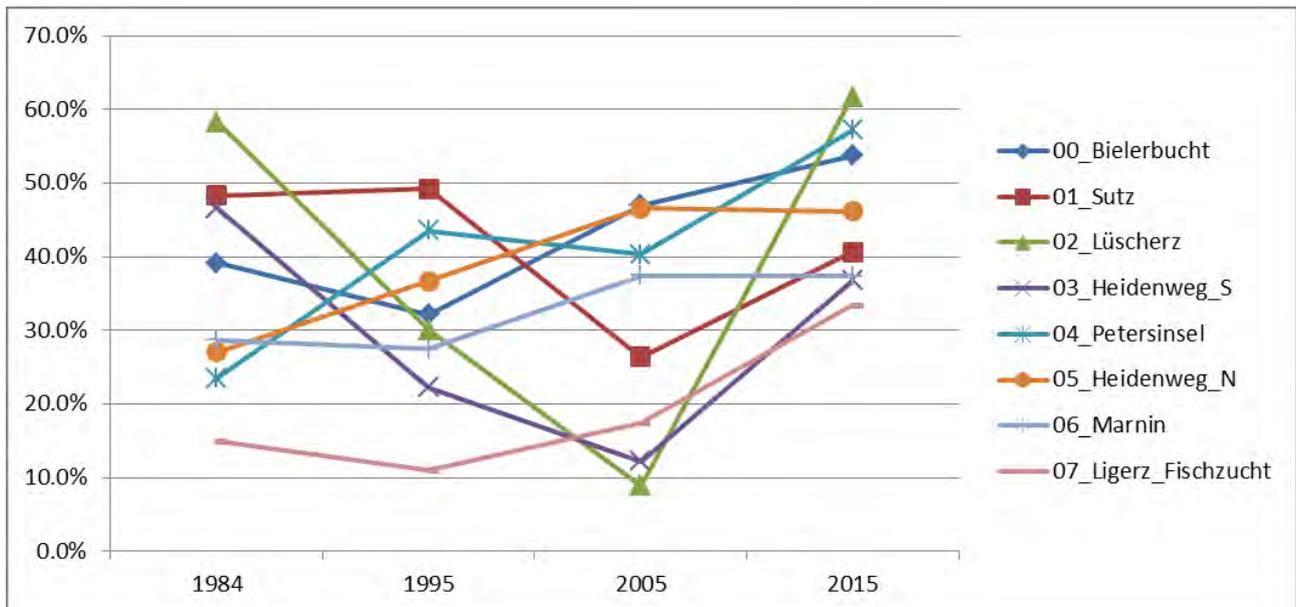


Abb. 4.8: Entwicklung der gesamten durch submerse Pflanzen und Characeen bedeckten Litoralfäche in den Teststreifen zwischen 1984 und 2015.

Entwicklung der Submersen-Flächen: Gesamtbeurteilung

Die Gesamtbeurteilung der Entwicklung der Submersen-Flächen im Bielersee zeigt folgende wichtige Punkte:

- Die Ausdehnung der hohen und dichten Laichkrautbestände (hauptsächlich *Potamogeton pectinatus*) hat ab 1984 deutlich abgenommen. 2015 wiesen nur noch Teile der Bielerbucht, einzelne Streifen in Sutz sowie einzelne Bestände an der Petersinsel und am Nordufer solche undurchdringliche "Wälder" aus Makrophyten auf.
- In vielen Gebieten dehnten sich die Submersenflächen seewärts in tiefere Bereiche aus. Dafür verantwortlich waren primär die Characeen, die oft ausserhalb der früheren Bestände aus vaskulären Pflanzen noch ein dichtes Band bildeten. Da Characeen als Pionierarten gelten, unterliegen ihre Bestände einer Sukzession. Sie können nach einer gewissen Zeit wieder verschwinden. Diese Entwicklung sollte auch in Zukunft beobachtet werden.
- Grössere Flächen auch im flachen Uferbereich wurden 2015 nur noch durch niedrig wachsende unterschiedlich dichte Bestände von vaskulären Pflanzen und Characeen bedeckt.
- Die früher weitgehend leeren Sandflächen in Lüscherz und am Heidenweg S waren 2015 von sehr lockeren Beständen aus kleinwüchsigen Pflanzen bewachsen. Typisch für diese Bereiche sind *Najas marina*, *Myriophyllum spicatum* sowie teilweise auch Characeen. Die Entwicklung dieser Flächen sollte weiter beobachtet werden.
- Am Nordufer (Beispiel Ligerz) bildeten sich auf weiten Abschnitten Bestände von Wasserpest auch vor den steilen Blockufern.

Entwicklung des Wasserröhrichts im Bielersee

Bezogen auf den ganzen Bielersee zeigte sich von 1984 bis 2015 eine stete Zunahme der Wasserröhricht-Flächen. Diese generelle Tendenz stimmte auch für die meisten Uferabschnitte (Abb. 4.9, Tab. 4.3). In einzelnen Uferabschnitten verlief die Entwicklung aber anders. Auffällig war die deutliche Abnahme der Flächen zwischen Hagneck und Lüscherz um fast die Hälfte sowie die Trendumkehr am Heidenweg S ab 2005 mit einer deutlichen Zunahme der Fläche und der Ausdehnung der Schilffläche auch in tieferes Wasser, mit fast 1 m in die Nähe der physiologisch maximal möglichen Tiefe.

Für die lokale Beurteilung, die Erfolgskontrolle bestehender und die Planung allfälliger zusätzlicher Schilfschutzmassnahmen sind aber auf jeden Fall die Detailkarten und allenfalls auch die Luftbilder beizuziehen.

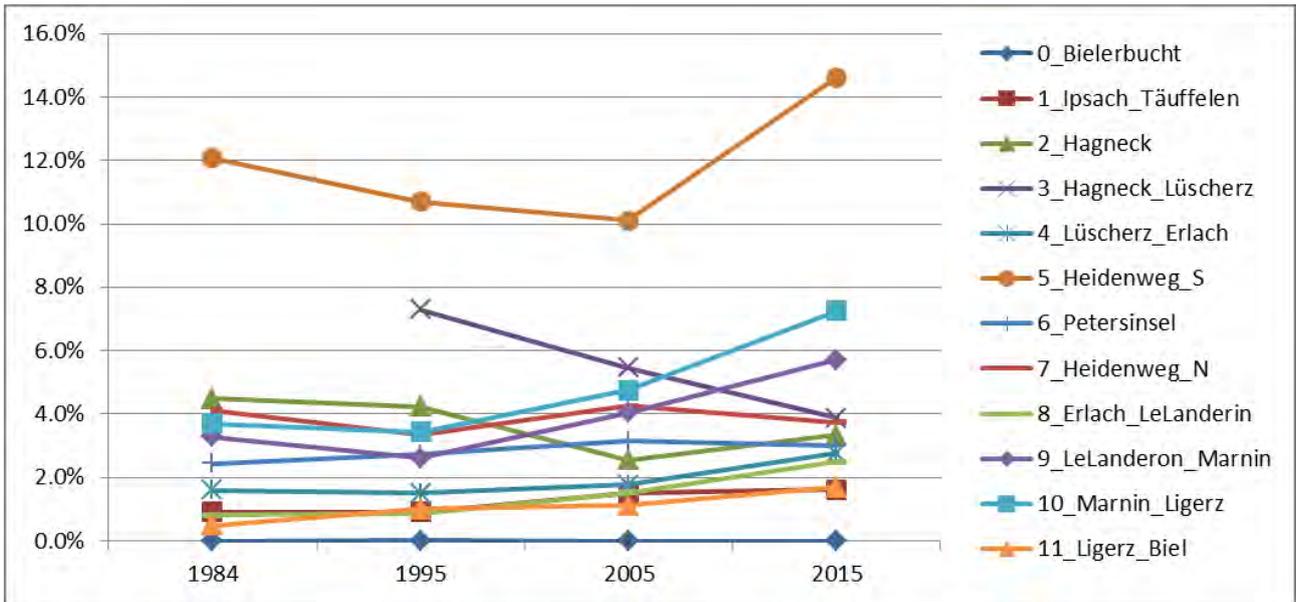


Abb. 4.9: Entwicklung der Wasserröhrichtdeckung in den Uferabschnitten des Bielersees von 1984 bis 2015.

Tab. 4.3: Wasserröhricht und Landröhricht im Bielersee von 1984 bis 2015: Bestandesflächen in m².

Wasserröhricht - Flächen - Uferabschnitte												
	0_Bielerbucht	1_Ipsach_Täuffelen	2_Hagneck	3_Hagneck_Lüscherz	4_Lüscherz_Erlach	5_Heidenweg_S	6_Petersinsel	7_Heidenweg_N	8_Erlach_LeLanderin	9_LeLanderon_Marnin	10_Marnin_Ligerz	11_Ligerz_Biel
1984		25'782	41'806		15'095	46'204	17'507	72'712	5'684	8'948	10'115	1'643
1995	93	25'857	39'522	36'971	14'071	40'933	19'553	58'856	6'047	7'139	9'375	3'317
2005		42'384	23'736	27'648	16'619	38'699	22'518	75'022	10'555	11'055	12'980	3'715
2015		45'910	30'538	19'588	25'987	55'931	21'490	65'958	17'409	15'585	19'795	5'616
Landröhricht - Flächen - Uferabschnitte												
	0_Bielerbucht	1_Ipsach_Täuffelen	2_Hagneck	3_Hagneck_Lüscherz	4_Lüscherz_Erlach	5_Heidenweg_S	6_Petersinsel	7_Heidenweg_N	8_Erlach_LeLanderin	9_LeLanderon_Marnin	10_Marnin_Ligerz	11_Ligerz_Biel
1984		29'405	50'561		6'220	38'581	5'493	122'523	3'628	9'838	631	
1995		28'809	66'302	487		43'792	8'003	165'932	449	8'326		
2005		37'060	75'806		6'609	39'485	7'465	125'251	3'831	6'667		
2015		23'659	85'806		5'345	45'654	6'513	134'963	1'133	9'543		

4.4 Artenentwicklung in den Testflächen

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der Felduntersuchungen und deren Verknüpfung mit den Luftbildauswertungen in den Testflächen dargestellt. Möglich ist dies für die Jahre 1995, 2005 und 2015 mit Feldkartierungen auf dem See.

- Verbreitungskarten der wichtigen Arten: Anhang 6.1, T_2015_21 bis T_2015_36
- Gesamtdichte, maximale Dichte von vaskulären Pflanzen und Characeen: Anhang 6.1, T_2015_11 bis T_2015_13
- Artenzahl in den Beständen: Anhang 6.1, T_2015_16

Flächenentwicklung einzelner wichtiger Arten/Taxa

Hier folgt ein kurzer Kommentar zur Entwicklung der wichtigsten Arten bzw. Gruppen von 1995 bis 2015. Aus der Bielerbucht gibt es für 2005 keine Informationen, da in diesem Jahr hier noch keine Testfläche definiert war. Weitere Informationen zu den einzelnen Arten sind auch in den Artenportraits verfügbar.

- ***Elodea canadensis* Michx.** (Deckung-% der Uferzone von 0-10m)

	Biel	Sutz	Lüscherz	Hei_S	Petersinsel	Hei_N	Marnin	Ligerz
2015	0.73%	13.60%	0.57%			0.29%	2.76%	11.35%
2005							0.02%	4.94%
1995	2.53%				1.05%	3.71%	0.56%	2.75%

***Elodea nutallii* H. St. John:**

	Biel	Sutz	Lüscherz	Hei_S	Petersinsel	Hei_N	Marnin	Ligerz
2015	26.96%	0.22%	2.53%	20.93%	10.65%	14.91%	1.16%	16.12%
2005							5.64%	2.66%
1995								

Die beiden Wasserpest-Arten wurden 1995 gemeinsam erfasst und erst ab 2005 aufgetrennt. 1995 traten dichte Wasserpest-Bestände nur in den Bootshäfen am Nordufer und in Biel auf, grössere lockere Bestände auch zwischen Petersinsel und Heidenweg N sowie in Marnin. 2005 zeigte sich ein sehr ähnliches Bild, zusätzlich mit einem lockeren Bestand von *E. nutallii* in Marnin. Bis 2015 zeigte sich eine starke Ausbreitung der beiden Wasserpest-Arten, *E. nutallii* noch stärker als *E. canadensis*. Die dichten Bestände in den Häfen am Nordufer wurden ergänzt mit einem Saum entlang der Blockufer aus beiden Arten, grossflächige Bestände von *E. canadensis* in Sutz und punktuelle in Lüscherz, Heidenweg N und Marnin, grossflächige und teilweise dichte Bestände von *E. nutallii* in Biel, Heidenweg S und N, Petersinsel sowie kleinere Bestände in Sutz, Lüscherz und Marnin.

- ***Myriophyllum spicatum* L.**

	Biel	Sutz	Lüscherz	Hei_S	Petersinsel	Hei_N	Marnin	Ligerz
2015	6.73%	9.07%	53.54%		5.31%	5.62%	1.16%	8.28%
2005		0.47%				2.79%	1.23%	5.57%
1995			1.72%		0.34%	3.71%		

Das ährige Tausenblatt trat 1995 in einzelnen lockeren Beständen in Lüscherz, und Petersinsel-Heidenweg auf. 2005 wurden in Sutz bereits ein dichter Bestand an der Aussen- grenze der Uferzone und einzelne lockere Bestände im inneren Bereich von Sutz, am Heidenweg N und in Marnin beobachtet. In Ligerz waren dichtere Bestände entlang von grösseren Uferabschnitten vorhanden. 2015 waren dichtere und lockere Bestände entlang dem ganzen äusseren Rand der Uferzone in Sutz zu beobachten, zudem grossflächige lockere Bestände in Sutz (innerer Bereich), Biel, Lüscherz, Petersinsel und Heidenweg N, einzelne in Marnin und weiterhin ein Streifen im Bereich Twann. Damit zeigt auch das Tausenblatt 2015 eine deutliche Ausbreitung.

➤ ***Najas marina* L.**

	Biel	Sutz	Lüscherz	Hei_S	Petersinsel	Hei_N	Marnin	Ligerz
2015	0.09%	12.28%	55.51%	35.05%	20.03%	14.34%	7.14%	
2005				6.28%			2.02%	
1995								

Das grosse Nixenkraut wurde bis 1995 nicht gefunden. 1996 wurde es erstmals in Transektuntersuchungen beobachtet. 2005 traten lockere Bestände am Heidenweg S und in Marnin auf. 2015 wurde eine grosse Verbreitung festgestellt: grosse Teile der offenen und flachen Sandflächen in Sutz, Lüscherz, Heidenweg S und N, vor der Petersinsel und in Marnin waren mit sehr lockeren Beständen bewachsen, dichtere Bestände traten nur in Marnin auf. In den steileren Uferbereichen am Nordufer fehlte das Nixenkraut.

➤ ***Potamogeton filiformis* Pers.**

	Biel	Sutz	Lüscherz	Hei_S	Petersinsel	Hei_N	Marnin	Ligerz
2015								
2005						1.76%		1.55%
1995	0.24%				0.34%	25.41%	18.67%	

Das fadenförmige Laichkraut bildete 1995 dichte und grossflächige Bestände am Heidenweg N und in Marnin sowie einen kleinen Bestand in der Bielerbucht. 2005 waren nur noch ein kleinerer Bestand am Heidenweg N und einige Pflanzen im Hafen Twann vorhanden. 2015 wurden *P. filiformis* im Rahmen der Flächenkartierung nicht mehr beobachtet. In der Transektkartierung wurden aber durch den Taucher Pflanzen bei Sutz, um die Petersinsel und am Heidenweg N und S festgestellt.

➤ ***Potamogeton helveticus***

	Biel	Sutz	Lüscherz	Hei_S	Petersinsel	Hei_N	Marnin	Ligerz
2015			0.19%	20.88%			4.44%	
2005								
1995								

Das Schweizer Laichkraut wurde 1976 beobachtet, auch 1995 trat es auf, allerdings nicht in den Testflächen. Von 2005 liegen keine Beobachtungen vor. 2015 wurde am Heidenweg S grossflächige lockere Bestände beobachtet, in Lüscherz ein kleiner, dichter Bestand und in Marnin verschiedene auch dichte Bestände. In den Tauchtransekten wurde *P. helveticus* auch in Sutz, Petersinsel und Heidenweg N festgestellt.

➤ ***Potamogeton lucens* L.**

	Biel	Sutz	Lüscherz	Hei_S	Petersinsel	Hei_N	Marnin	Ligerz
2015	17.53%	1.04%	1.35%				12.11%	13.78%
2005		0.14%	0.48%		0.86%		7.72%	2.78%
1995	6.91%						6.73%	5.80%

Das Glanz-Laichkraut bildete 1995 punktuelle Bestände auf etwas breiteren Uferstellen am Nordufer (Ligerz und Marnin) und besiedelte die äusseren und damit tieferen Bereiche der Bielerbucht. 2005 konnten vereinzelte Bestände zusätzlich in Lüscherz und an der Petersinsel beobachtet werden. Auch 2015 waren die gleichen Gebiete bewachsen, in Sutz Lüscherz wurden weitere Abschnitte am äusseren Rand der Uferzone besiedelt, in Ligerz auch steilere Bereiche zwischen den ursprünglichen Besiedlungsschwerpunkten, insgesamt also eine leichte Zunahme und Ausbreitung.

➤ ***Potamogeton salicifolius* (Hybrid *P. lucens* x *P. perfoliatus*)**

	Biel	Sutz	Lüscherz	Hei_S	Petersinsel	Hei_N	Marnin	Ligerz
2015		0.13%						
2005							0.89%	
1995					0.02%		0.01%	

Der Hybrid aus Glanz- und Durchwachsenem Laichkraut trat 2005 punktuell an der Petersinsel und in Marnin auf, 2005 konnte ein grösserer Bestand an einer andern Stelle in Marnin beobachtet werden. 2015 wurde ein kleiner Bestand in Sutz festgestellt, im Rahmen der Tauchkartierung auch an der Petersinsel und am Heidenweg N. *P. salicifolius* hat damit keine grosse Bedeutung im Bielersee.

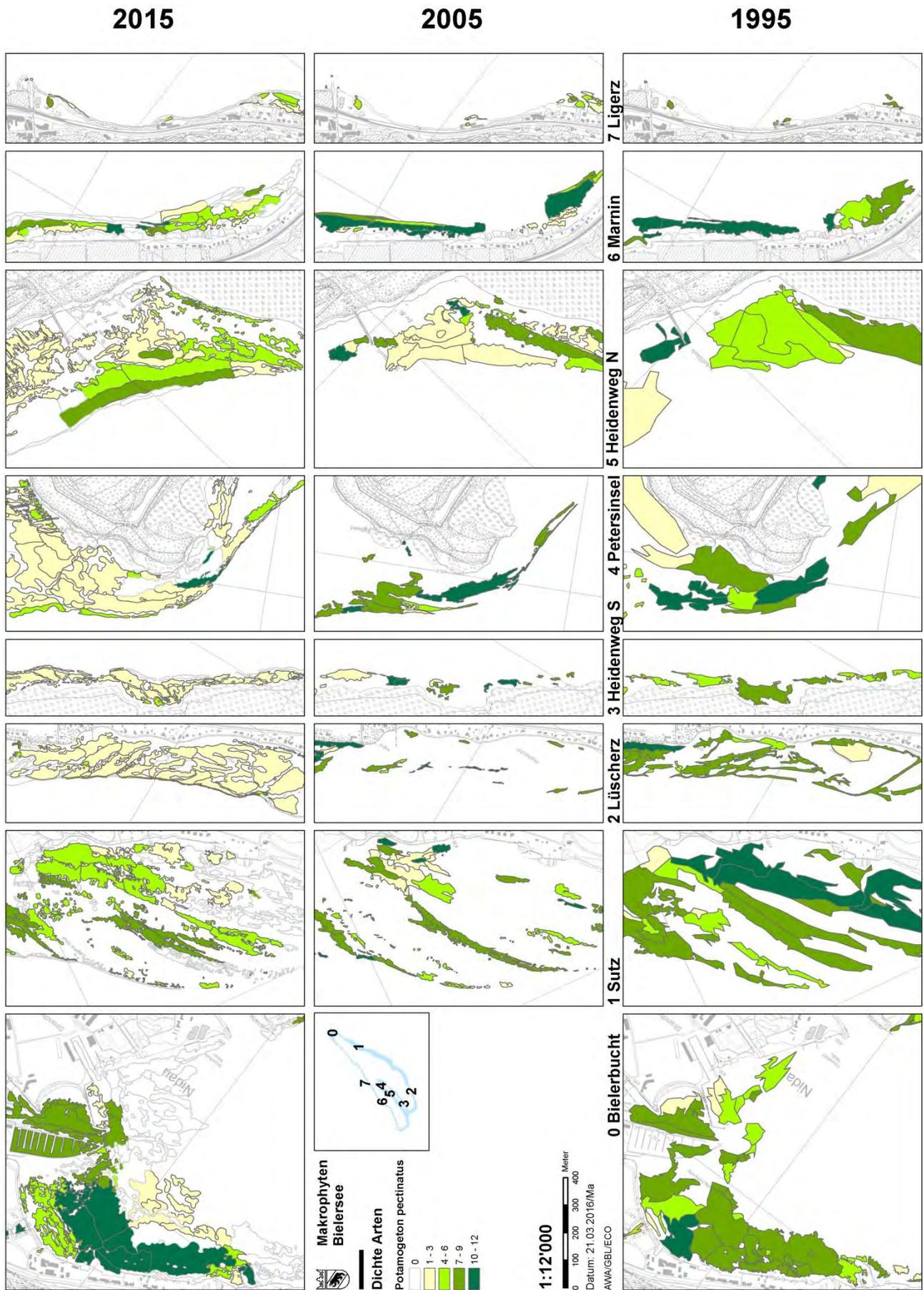


Abb. 4.10: Verbreitung des Kammlaichkrautes *Potamogeton pectinatus* in den Testflächen im Bielersee 1995, 2005 und 2015.

➤ **Potamogeton pusillus** L. (Gruppe mit *P. panormitanus* und *P. berchtholdii*)

	Biel	Sutz	Lüscherz	Hei_S	Petersinsel	Hei_N	Marnin	Ligerz
2015	2.22%		0.08%	20.88%		2.23%	1.43%	
2005		0.69%				14.78%	22.57%	0.11%
1995						17.38%		

Die kleinen Laichkräuter wiesen nur 2005 dichte Bestände auf, am Heidenweg N und in Marnin. Der Bestand am Heidenweg N war auch 1995 vorhanden, konnte aber 2015 nicht mehr beobachtet werden. Auch derjenige von Marnin war 2015 nur noch punktuell und locker. Dafür traten kleine Laichkräuter neu in Sutz und am Heidenweg S auf, am Heidenweg N an anderer Stelle und punktuell in der Bielerbucht und in Lüscherz. In den Tauchtransekten wurden kleine Laichkräuter auch um die Spitze der Petersinsel beobachtet.

➤ **Potamogeton pectinatus** L. Verbreitungskarte Abb. 4.10 und Anhang

	Biel	Sutz	Lüscherz	Hei_S	Petersinsel	Hei_N	Marnin	Ligerz
2015	31.1%	27.0%	57.1%	35.8%	50.4%	38.6%	22.1%	14.3%
2005		15.7%	5.1%	11.6%	15.8%	24.0%	20.8%	10.0%
1995	28.5%	46.5%	28.0%	22.3%	42.0%	35.2%	22.5%	3.8%

Das Kammlaichkraut bleibt wie auch in den früheren Untersuchungen die wichtigste und häufigste Pflanzenart im Bielersee. Es kommt in allen Testflächen vor. Der Rückgang der besiedelten Flächen von 1995 bis 2005 änderte sich wieder in eine Zunahme in allen Testflächen bis 2015. Allerdings waren grosse Flächen nicht mehr so dicht bewachsen wie 1995, die extrem dichten Bestände reduzierten sich auf den nördlichen Bereich der Bielerbucht. So resultierte insgesamt doch ein klarer Rückgang von *P. pectinatus*.

➤ **Potamogeton perfoliatus** L.

	Biel	Sutz	Lüscherz	Hei_S	Petersinsel	Hei_N	Marnin	Ligerz
2015	11.56%	30.89%	58.24%	8.68%	43.14%	26.51%	7.22%	6.27%
2005		15.68%	0.45%		1.87%	3.49%	2.62%	3.33%
1995	15.10%	31.25%	24.48%	0.08%	0.00%	7.19%	0.90%	2.44%

Das durchwachsene Laichkraut trat 1995 hauptsächlich in der Bielerbucht, in Sutz und Lüscherz in grösseren und dichteren Beständen auf, in den andern Testflächen nur in kleinen Horsten. 2005 reduzierte sich die besiedelte Fläche in Sutz deutlich, in Lüscherz verschwand die Art fast völlig. Dafür wurden grössere Flächen an der Petersinsel, am Heidenweg und in Marnin besiedelt, wenn auch nur locker. Diese Tendenz setzte sich bis 2015 fort, die Flächenausdehnung nahm in allen Testflächen deutlich zu. *P. perfoliatus* profitierte vielerorts von der schwächeren Konkurrenz durch *P. pectinatus* durch lockere Bestände. Zusätzlich besiedelte *P. perfoliatus* in kleinen Einzelpflanzen oder kleinen Horsten offene Sandflächen wie in Sutz, Heidenweg S und Petersinsel.

➤ **Ranunculus trichophyllus**, **Ceratophyllum demersum** L., **Potamogeton crispus** L., **Utricularia australis**, **Vallisneria spiralis**

Von diesen Arten wurden im Rahmen der drei Untersuchungen und auch der Tauchkartierung vereinzelt Bestände, Einzelpflanzen oder sogar nur abgedriftete Exemplare beobachtet:

R. trichophyllus: kleiner Bestand vor der Twannbachmündung (Ligerz),

C. demersum auch in Ligerz (in der Transektkartierung auch in Biel, Marnin, Heidenweg N, Petersinsel und Lüscherz),

P. crispus in Biel, Ligerz und Marnin (Transekten auch an der Petersinsel),

U. australis nur im Transekt Heidenweg N und

Vallisneria spiralis in Marnin (Transekten in Heidenweg N).

Diese seltenen, meist nur in Einzelexemplaren oder kleinen Horsten wachsenden und unauffälligen Arten werden durch beide Kartierungsmethoden sicher nur zufällig erfasst und damit nicht vollständig kartiert. Sie spielen aber in den Testflächen und im offenen Litoral des Bielersees nur eine geringe Rolle. Über ihre zeitliche Entwicklung geben die Erhebungen keine genügenden Informationen.

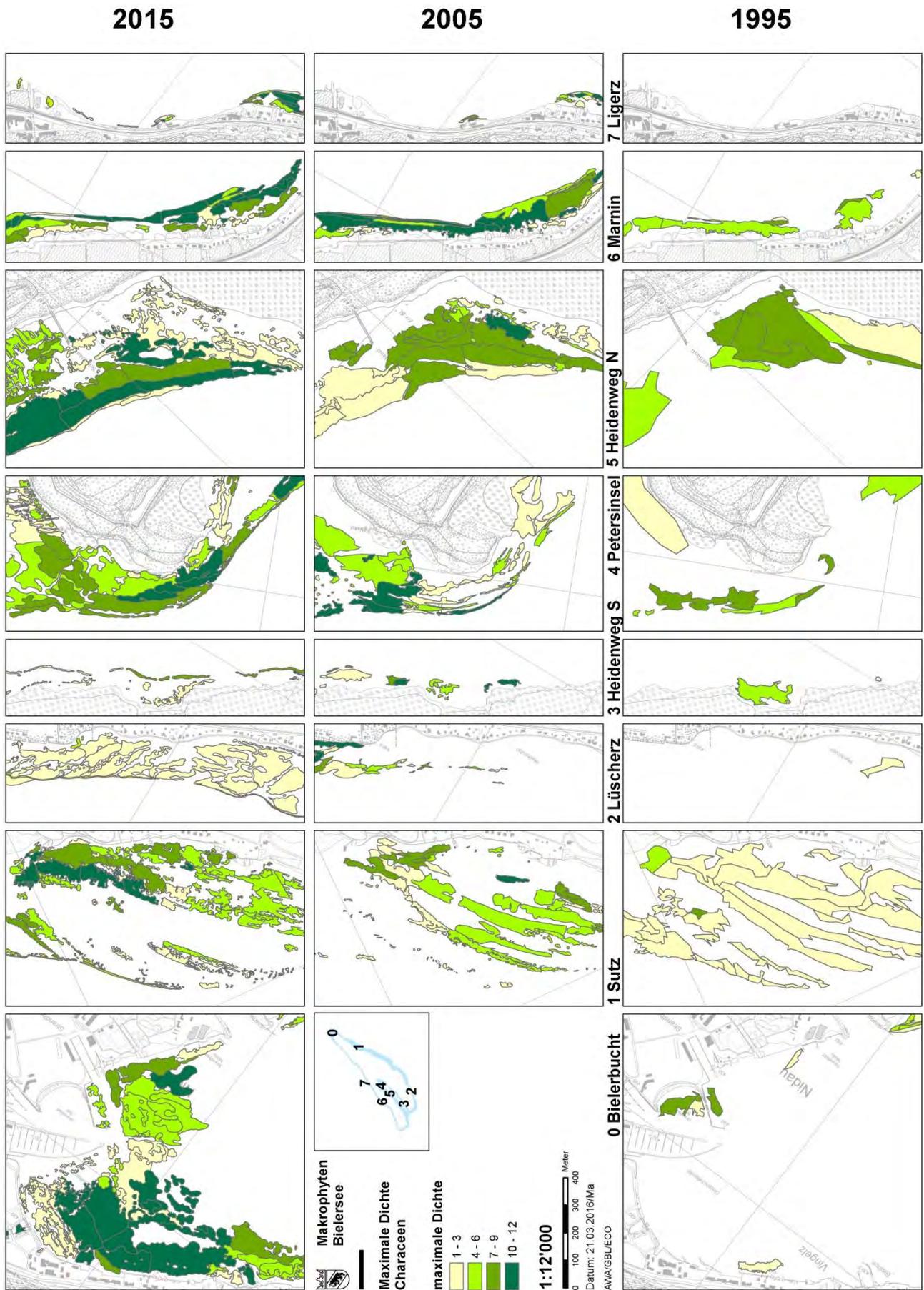


Abb. 4.11: Maximale Dichte der Characeen (*Nitellopsis obtusa* und *Chara* spp.) in den Testflächen im Bielersee 1995, 2005 und 2015

➤ **Zanichellia palustris** L.

	Biel	Sutz	Lüscherz	Hei_S	Petersinsel	Hei_N	Marnin	Ligerz
2015						6.54%	4.86%	
2005						3.27%	1.22%	1.41%
1995	2.73%				0.34%	3.71%		

Der Teichfaden ist nicht sehr weit verbreitet im Bielersee. Er kam 1995 im Bieler Hafen und Strandbad vor sowie im Bereich Heidenweg Nord - Petersinsel. Dieser Bestand blieb auch in den folgenden Untersuchungen sichtbar. In der Bielerbucht konnte der Teichfaden 2015 nur noch in den Transekten beobachtet werden. In Ligerz konnte nur 2005 ein Bestand festgestellt werden, in Marnin 2005 und 2015 sogar mehrere. In Sutz trat eine Beobachtung in den Transekten auf. Ein klarer Rückschluss auf eine zeitliche Entwicklung lässt sich beim Teichfaden nicht machen.

➤ **Fontinalis antipyretica**

	Biel	Sutz	Lüscherz	Hei_S	Petersinsel	Hei_N	Marnin	Ligerz
2015	2.58%							0.14%
2005								0.03%
1995				0.23%				0.34%

Das Brunnenmoos wurde nur punktuell festgestellt, regelmässig am Nordufer vor der Trinkwasserfassung/-Überlauf in Twann, vereinzelt auch in der Bielerbucht an festen Strukturen.

➤ **Characeen**

Verbreitungskarten Abb. 4.11 und Anhang

Nitellopsis obtusa (Desv) J.Groves

	Biel	Sutz	Lüscherz	Hei_S	Petersinsel	Hei_N	Marnin	Ligerz
2015	14.19%	1.18%	1.10%	0.04%	19.53%	20.58%	6.72%	0.24%
2005			5.57%	4.37%	6.54%	12.99%	26.78%	0.67%
1995	0.5%			10.0%	1.1%	31.8%	16.3%	

Chara sp.

	Biel	Sutz	Lüscherz	Hei_S	Petersinsel	Hei_N	Marnin	Ligerz
2015	12.56%	8.67%	51.38%	11.17%	36.32%	15.26%	0.66%	1.38%
2005		4.06%						0.23%
1995	2.44%	44.75%	2.16%	10.40%	17.93%	24.98%	15.42%	

Chara globularis A.Braun

	Biel	Sutz	Lüscherz	Hei_S	Petersinsel	Hei_N	Marnin	Ligerz
2015	16.78%	23.33%	2.03%		0.44%	12.83%	24.02%	18.60%
2005		15.40%			18.10%	0.57%	33.86%	5.52%
1995								

Chara contraria A.Braun

	Biel	Sutz	Lüscherz	Hei_S	Petersinsel	Hei_N	Marnin	Ligerz
2015					4.52%		6.89%	
2005		17.20%	6.27%	10.62%	28.38%	39.97%	0.29%	5.67%
1995								

Die Armelechteralgen wurden in den Transekten erstmals 1995 beobachtet, allerdings schon in relativ vielen Testflächen. Die Dichte der Bestände war in Sutz meist gering, einzelne Pflanzen als Unterwuchs in Beständen von Laichkräutern. Im Bieler Hafen, an Heidenweg und Petersinsel sowie in Marnin erreichten die Characeen schon mittlere Dichten. Ab 2005 waren die Characeen dann in allen Testflächen zu finden, oft auch in mittlerer bis hoher Dichte. Allerdings bildeten sie auch in diesem Jahr noch meist Unterschichten in den Laichkrautbeständen. 2015 nahm die Ausbreitung noch weiter zu, vielerorts wurden die Bestände noch dichter. Neu ist die Ausbreitung in die offenen Sandflächen als einzelne verstreute Pflänzchen (Beispiele Sutz, Ligerz, innere Bereiche von Bielerbucht und Heidenweg N) und in die Tiefe als oft sehr dichte Bänder und Bestände ausserhalb der Laichkrautbestände.

Die Stern-Armelechteralge war 1995 vor allem am Heidenweg S und N sowie in Marnin verbreitet, die *Chara*-Arten (1995 noch nicht genauer bestimmt im Feld) zusätzlich an der Petersinsel, in Sutz und in der Bielerbucht. 2005 erreichte *N. obtusa* neue Gebiete in Lüscherz, an Heidenweg S und Petersinsel (zusammen mit *C. contraria*) und einzelne Bereiche in Ligerz (mit *C. globularis*). 2015 zeigte sich dann eine deutliche Aufteilung der Characeen-Bestände mit *C. contraria* am Heidenweg und in Marnin, *C. globularis* in Ligerz, Marnin (auch tiefe Bereiche), Heidenweg N (Aussenbereiche), Lüscherz (äusserste Berei-

che), Sutz (innere Bereiche und Streifen ganz aussen) sowie Bielerbucht (mittlere Bereiche), unbestimmte *Chara sp.* vor allem in den locker bewachsenen Bereichen von Heidenweg, Petersinsel, Lüscherz und Bielerbucht, aber auch in den tiefen Bereichen vor dem Heidenweg S. *N. obtusa* hatte Schwerpunkte in den äusseren Bereichen der Bielerbucht und in den mittleren Bereichen an Petersinsel und Heidenweg N.

In der Transektkartierung wurden *N. obtusa* und *C. contraria* praktisch in allen Transekten beobachtet, *C. globularis* zusätzlich zu den Beobachtungen der Flächenkartierung auch an der Petersinsel.

Gesamtdichte und Wuchstypen der Bestände

Die Beurteilung der Gesamtdichte in den Testflächen (Abb. 4.12 und 4.13, Tab. 4.4) unterstützt grundsätzlich die Erkenntnisse aus der Beurteilung der Bewuchstypen und der Verteilung der wichtigen Arten. Allerdings sind hier zwei Prozesse überlagert: die Abnahme der sehr dichten Bestände der vaskulären Pflanzen (Karte Anhang 6.1, T_2015_12) und die Zunahme der niedrig wachsenden Armleuchteralgen (Karte Anhang 6.1, T_2015_13). Darum muss man die Entwicklung für jede Testfläche differenziert betrachten.

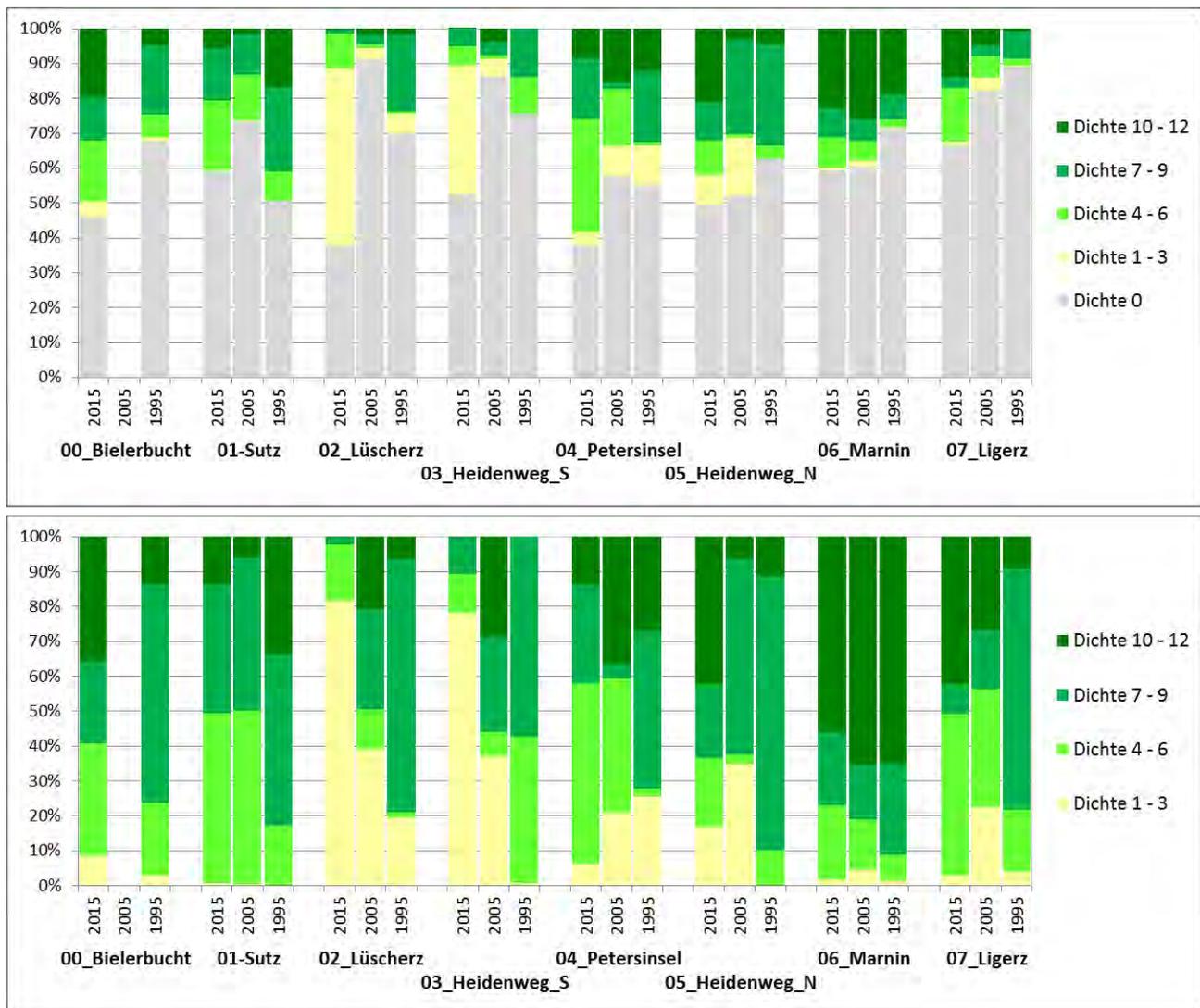


Abb. 4.12: Anteile der Gesamtdichte der Submersen (Vaskuläre Pflanzen und Characeen) an der Uferzonenfläche in den Testflächen des Bielersees 1995, 2005 und 2015. Obere Grafik: Bezugsfläche Litoralfläche 0 - 10 m ohne Inseln, untere Grafik: durch submersen Makrophyten besiedelte Fläche.

Tab. 4.4: Anteile der Gesamtdichte der Submersen (Vaskuläre Pflanzen und Characeen) an der Uferzonenfläche in den Testflächen des Bielersees 1995, 2005 und 2015.

	00_Bielerbucht			01_Sutz			02_Lüscherz			03_Heidenweg_S		
	2015	2005	1995	2015	2005	1995	2015	2005	1995	2015	2005	1995
Dichte 0	45.9%		67.7%	59.1%	73.4%	50.7%	37.8%	91.1%	69.8%	52.5%	86.3%	75.5%
Dichte 1 - 3	4.6%		1.0%	0.2%	0.1%	0.1%	50.8%	3.5%	5.8%	37.1%	5.1%	0.1%
Dichte 4 - 6	17.4%		6.7%	20.0%	13.2%	8.4%	10.0%	1.0%	0.5%	5.3%	1.0%	10.3%
Dichte 7 - 9	12.8%		20.2%	15.0%	11.6%	24.1%	1.4%	2.6%	22.0%	5.0%	3.8%	14.1%
Dichte 10 - 12	19.2%		4.4%	5.6%	1.6%	16.7%	0.1%	1.8%	1.9%	0.1%	3.9%	0.0%
	04_Petersinsel			05_Heidenweg_N			06_Marnin			07_Ligerz		
	2015	2005	1995	2015	2005	1995	2015	2005	1995	2015	2005	1995
Dichte 0	38.0%	57.6%	55.1%	49.4%	51.9%	62.7%	59.4%	60.4%	71.4%	66.5%	82.0%	89.0%
Dichte 1 - 3	3.9%	8.9%	11.5%	8.5%	16.9%	0.0%	0.7%	1.7%	0.4%	1.0%	4.1%	0.4%
Dichte 4 - 6	32.1%	16.3%	1.0%	9.9%	1.2%	3.8%	8.6%	5.7%	2.1%	15.4%	6.1%	2.0%
Dichte 7 - 9	17.6%	1.8%	20.2%	10.9%	27.0%	29.4%	8.6%	6.3%	7.4%	3.0%	3.0%	7.6%
Dichte 10 - 12	8.4%	15.4%	12.2%	21.2%	3.1%	4.2%	22.7%	25.9%	18.6%	14.1%	4.8%	1.0%

In der Bielerbucht nahm die besiedelte Fläche zu, auch der Anteil der sehr dichten Bestände vor allem im nördlichen (vaskuläre Pflanzen) und im äusseren Bereich (Characeen). Locker bewachsene Bereiche gibt es nur wenige, knapp die Hälfte des Litorals bis 10 Tiefe war nicht bewachsen.

In Sutz nahm die besiedelte nach 1995 ab, 2015 dann wieder zu, wobei diese Zunahme vor allem im inneren Bereich auf die Characeen zurückzuführen war.

In Lüscherz war der Rückgang der besiedelten Fläche zwischen 1995 und 2005 sehr markant. Er ging bei den dichteren Beständen auch weiter bis 2015. Die erneute Zunahme war vor allem auf die Besiedlung der offenen Flächen durch ganz lockere Bestände von vaskulären Pflanzen und Characeen zurückzuführen.

Eine ganz ähnliche Tendenz zeigte sich am Heidenweg S, nur dass für die Besiedlung im inneren Bereich vor allem vaskuläre Pflanzen verantwortlich waren, während die Bestände im äussersten tiefen Bereich primär durch Characeen gebildet wurden.

In der Testfläche Petersinsel zeigten sich zwei unterschiedliche Bereiche: während im westlichen Abschnitt Richtung Schiffflände weiterhin relativ dichte Bestände von vaskulären Pflanzen existierten (allerdings auch mit einer dichten Unterschicht von Characeen), dominierten im östlichen Bereich 2015 die Characeen.

Am Heidenweg N blieben die Bestände mit mittlerer und hoher Dichte weitgehend konstant, ihr Anteil nahm 2005 etwas ab und 2015 wieder leicht zu. Aufgrund der sehr dichten Characeen-Bestände vor allem im äusseren Bereich stieg der Anteil der höchsten Dichtekategorie stark an.

In Marnin nahm die Besiedlung zwischen 1995 und 2005 deutlich zu und blieb bis 2015 etwa gleich, nur die Anteile der Dichtekategorien verschoben sich leicht zu Gunsten der lockeren Bestände.

In Ligerz nahm die besiedelte Fläche deutlich zu von 11 auf gut 33% der Litoralfäche. Der Anteil der hohen Dichtekategorien nahm ebenfalls deutlich zu zulasten der mittleren. Die Gründe lagen in der Ausbreitung der Characeen in den flacheren und der Wasserpest in den steileren Uferabschnitten.

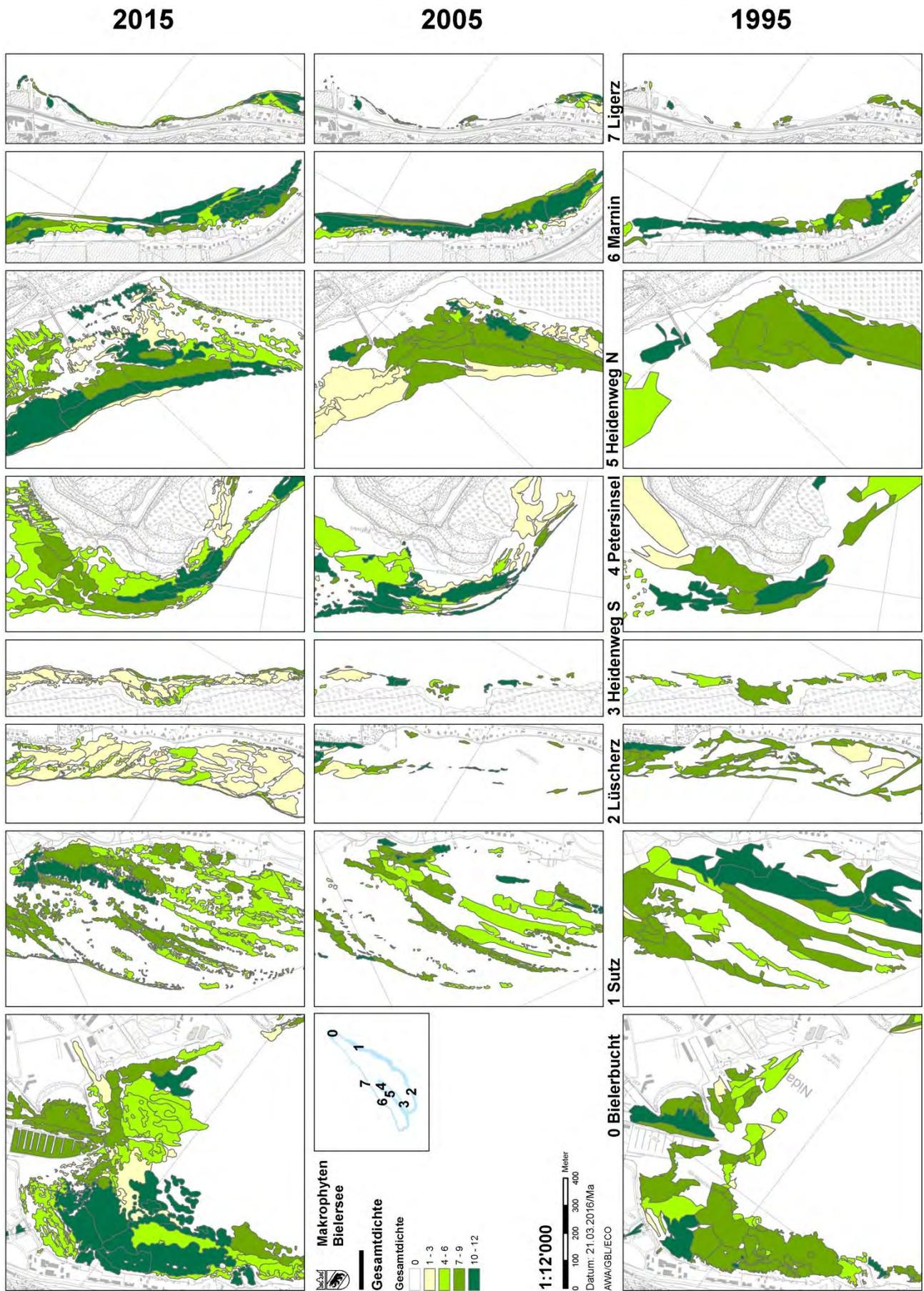


Abb. 4.13: Gesamtdichte der submersen Wasserpflanzen in den Testflächen im Bielersee 2015, 2005 und 1995.

Artenzahl

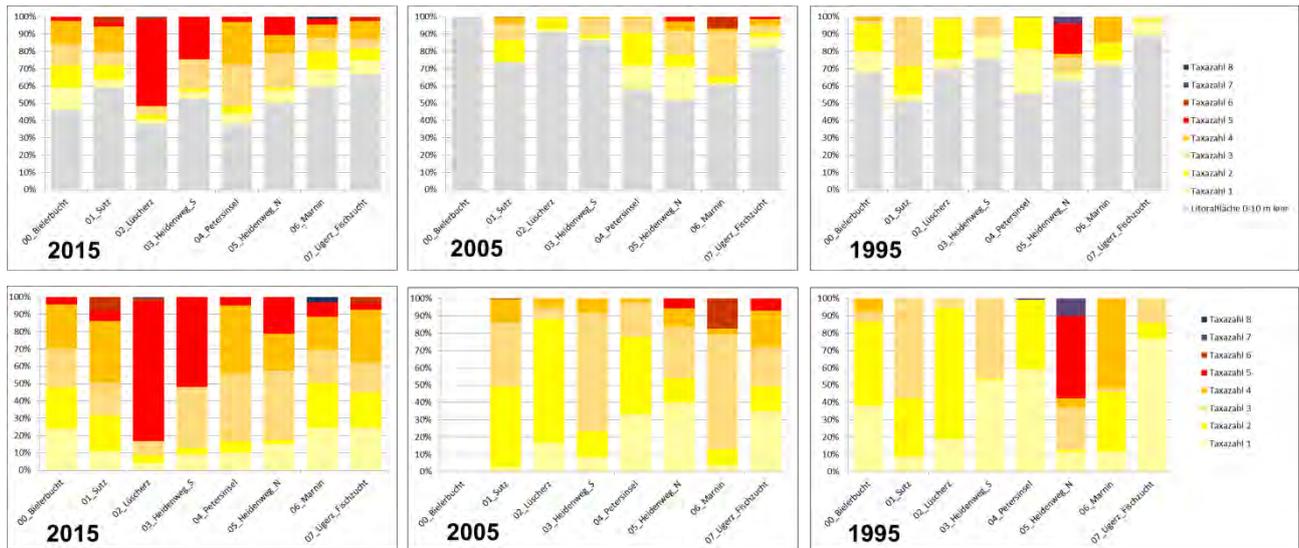


Abb. 4.14: Anteil der Bestandesflächen mit unterschiedlicher Anzahl Taxa (Vaskuläre Pflanzen und Characeen) in den Testflächen im Bielersee 2015, 2005 und 1995.

Tab. 4.5: Anteil der Bestandesflächen mit unterschiedlicher Anzahl Taxa (Vaskuläre Pflanzen und Characeen) in den untersuchten Testflächen im Bielersee 2015, 2005 und 1995.

	Flächenanteile Litoral			Flächenanteile besiedelte Fläche		
	2015	2005	1995	2015	2005	1995
ohne Submerse	49.4%	66.9%	63.2%			
Taxazahl 1	8.1%	7.9%	9.6%	16.1%	23.8%	26.1%
Taxazahl 2	7.6%	9.5%	12.7%	15.0%	28.9%	34.5%
Taxazahl 3	13.1%	11.2%	8.4%	25.9%	34.0%	22.9%
Taxazahl 4	12.5%	2.9%	2.3%	24.7%	8.7%	6.2%
Taxazahl 5	8.4%	0.8%	3.1%	16.6%	2.3%	8.5%
Taxazahl 6	0.8%	0.8%		1.5%	2.4%	
Taxazahl 7	0.0%		0.7%	0.1%		1.9%
Taxazahl 8	0.1%			0.2%		

1995 war die höchste Taxazahl in einem Bestand 7 Taxa, 2005 6 Taxa und 2015 8 Taxa. Insgesamt war aber der Anteil von Beständen mit 6 und mehr Taxa immer sehr gering (Tab. 4.5). Von 1995 bis 2015 nahm die Fläche von Beständen mit 1 oder 2 Taxa deutlich ab, dafür diejenige mit 3 bis 5 Taxa zu. Dies deutet darauf hin, dass die Artenvielfalt tendenziell zunimmt innerhalb der Bestände, und nicht nur eine Art dominiert. Da die Arten eines Bestände nicht alle die gleiche Länge erreichen, bieten heute die Wasserpflanzen-Bestände einen vielfältigeren Lebensraum als die grossen, dichten Pectinatus-Bestände der 90-er Jahre

Zwischen den einzelnen Testflächen und Jahren bestanden aber doch grössere Unterschiede. So fällt in den Abb. 4.14 und 4.15 (Karte) auf, dass 1995 nur sehr wenige Bestände mehr als 3 Taxa aufwiesen, einzig am Heidenweg waren 2 artenreichere Flächen vorhanden (gleicher Bestand reicht auch noch zur Testfläche Petersinsel). Die gleichen Bestände gehörten auch 2005 noch zu den artenreichsten. Dazu kam ein grösserer Bestand in Marnin. 2015 traten dann in allen Testflächen Bestände mit 5 und mehr Arten auf. Häufig waren das sehr lockere Bestände in flachen Bereichen, die grossflächig erfasst wurden und damit möglicherweise auch mehrere Substrattypen umfassten. Typisch dafür sind die grossen Sandflächen in Lüscherz und am Heidenweg S.

Der artenreichste Bestand in Marnin umfasst die 8 Taxa *Najas marina*, *Potamogeton berchtholdii*, *P. helveticus*, *P. pectinatus*, *P. perfoliatus*, *Zanichellia palustris* und die Characeen *Nitellopsis obtusa* und *Chara globularis*, erreicht eine Gesamtdichte von 4 (locker) und liegt in einer Tiefe von 1.5 m. Die grösseren Pflanzen erreichen die Wasseroberfläche.

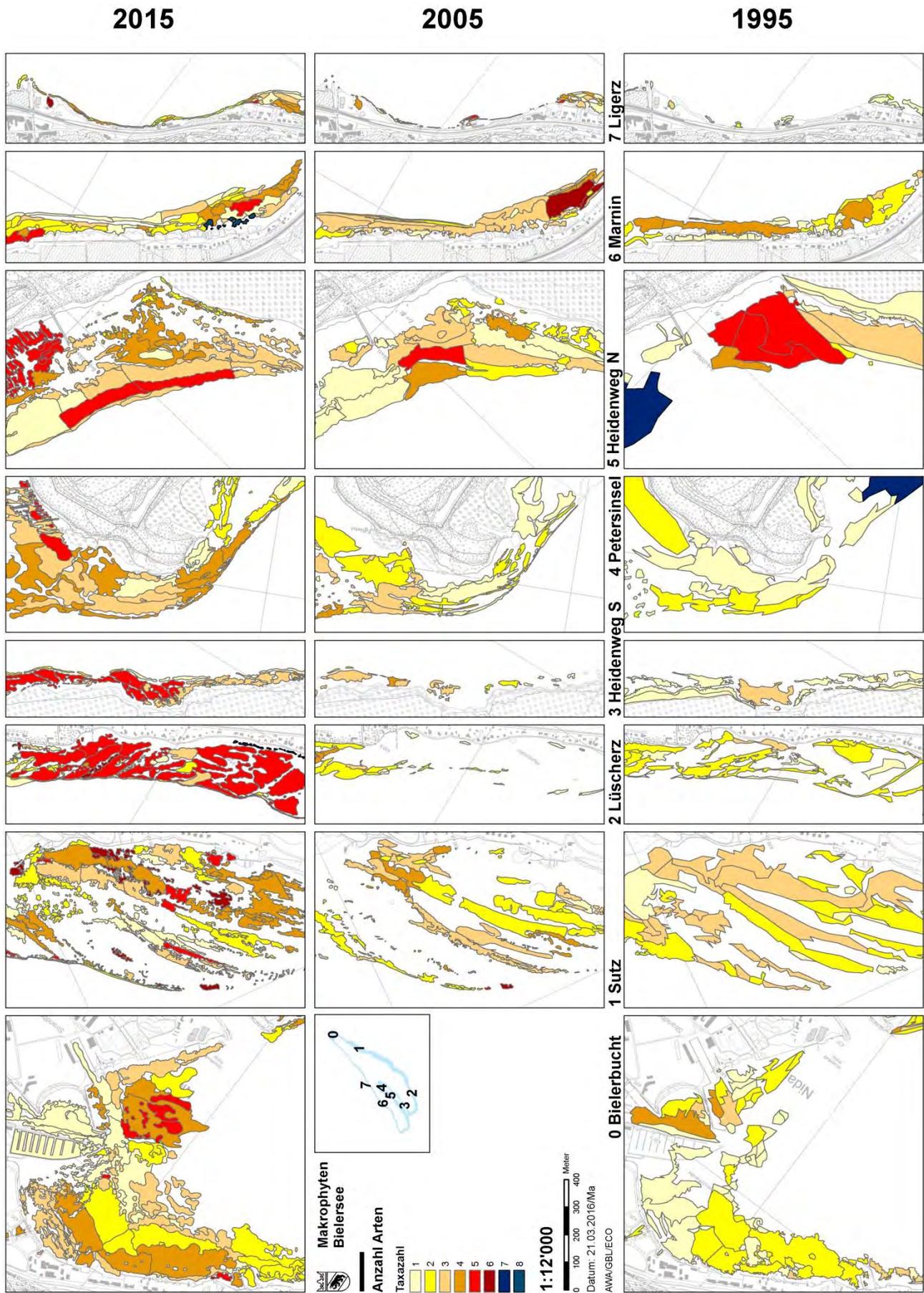


Abb. 4.15: Anzahl Taxa (Vaskuläre Pflanzen und Characeen) in den Beständen innerhalb der Testflächen im Bielersee 2015, 2005 und 1995.

4.5 Transektkartierung

Die Ergebnisse der Transektkartierung sind im Bericht von Pascal Mulattieri (Biol'Eau Sàrl, 2015) detailliert dargestellt mit den folgenden Schwerpunkten:

- Generelle Charakterisierung der Kartierungsarbeit
- Artendiversität im Bielersee mit Taxaliste (vgl. auch Tab. 4.1)
- Beschreibung der Ergebnisse pro Testfläche mit 5 Transekten: Taxaliste pro Transekt, Beschreibung und Tiefenprofile vgl. unten
- Diskussion der Ergebnisse: Vergleich mit früheren Erhebungen bezüglich Biodiversität, Deckung und Ausprägung der Transekte vgl. unten
- Methodische Diskussion: Vor- und Nachteile der Transektkartierung in Kapitel 5 integriert
- Schlussfolgerungen und Ausblick in Kapitel 5 integriert
- Anhang mit Karten und Daten:
 - A-C: Deckung Gesamt/vaskuläre Pflanzen/Characeen in den Transekten
 - D: Substratypen
 - E-G: Vorkommen der Arten von Pflanzen, Characeen und Moosen im Bielersee
 - H: Begleitparameter
 - I-K: Datentabellen
 - L: Protokollblatt
- Die Daten wurden in ArcGIS 10.2 verarbeitet und ins GIS-Projekt des AWA integriert.

Vergleich der Wasserpflanzenentwicklung in den Transekten von 1996 bis 2015

Bielerbucht

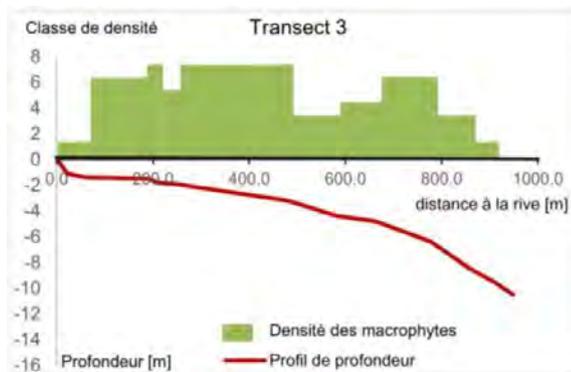


Abb. 4.16: Mittleres Transekt in der Bielerbucht 2015 (Kopie aus Biol'Eau 2015).

In der Bielerbucht wurden bisher keine Transekte erstellt, darum ist die Beurteilung der Entwicklung auf dieser Basis nicht möglich.

Der Bewuchs ist in direkter Ufernähe locker, dann aber in vielen Transektabschnitten bis gut 900 m vom Ufer und einer Wassertiefe von über 10 m mit mittleren Dichten von Makrophyten bewachsen. Die Höhe der Pflanzen ist bis 4 m Tiefe hoch, dann setzt sich der Bewuchs aus niedrigen Makrophyten zusammen.

Sutz

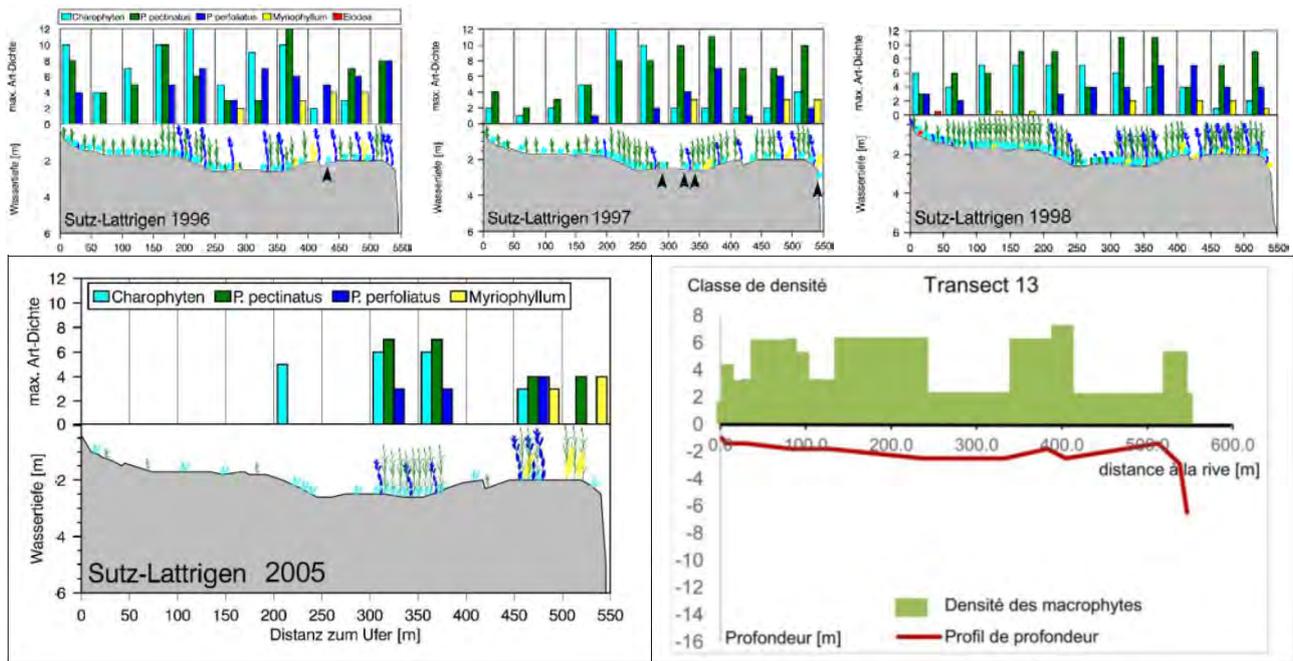


Abb. 4.17: Mittleres Transekt in Sutz, Untersuchungen des GBL 1996 - 2005 und Biol'Eau 2015.

Der Vergleich der Transekte in Sutz zeigt die grossen Unterschiede in der Wasserpflanzen-Besiedlung zwischen den einzelnen Jahrzehnten. Während 1996-1998 maximale Dichten von 10-12 erreicht wurden, lagen sie 2005 und 2015 noch bei 6 bis 7. 2005 war zudem die innere Uferzone fast unbewachsen, dichtere Bestände traten nur noch in Streifen im äusseren Bereich und an der Haldenkante auf. 2015 waren wieder grosse Teile des inneren Uferbereiches bewachsen, jedoch hauptsächlich mit kleinwüchsigen Arten wie Nixenkraut, Wasserpest und Characeen.

Lüscherz

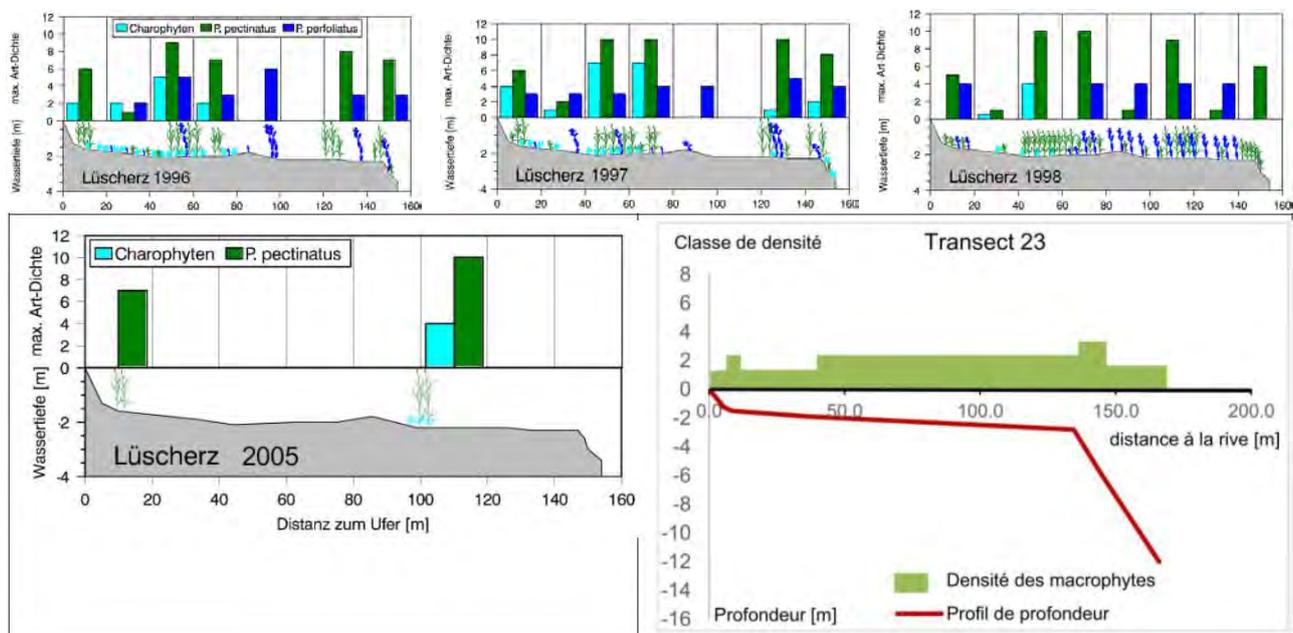


Abb. 4.18: Mittleres Transekt in Lüscherz, Untersuchungen des GBL 1996 - 2005 und Biol'Eau 2015.

Auch Lüscherz zeigt eine sehr ähnliche Entwicklung wie Sutz: fast durchgehende Bestände mit mittlerer bis hoher Dichte 1996-1998, nur vereinzelte Streifen mit leerer Sandfläche dazwischen 2005 und wieder eine grossflächige Besiedlung 2015. Letztere erreichte allerdings nur sehr geringe Dichten und Wuchshöhen.

Heidenweg Süd

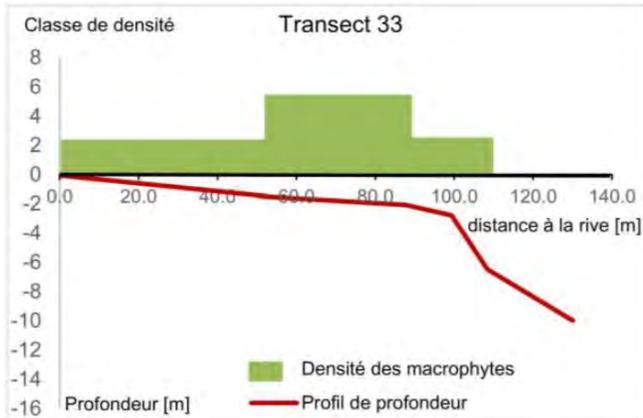


Abb. 4.19: Mittleres Transekt am Heidenweg Süd, Kopie aus Biol'Eau 2015.

Am Heidenweg Süd wurde 2015 zum ersten Mal Transekte untersucht. Die Dichte war im inneren Uferbereich (Bucht) sehr locker, im äusseren Bereich bis oberhalb der Haldenkante mittel. In der Halde traten dann Streifen von Characeen auf.

Petersinsel

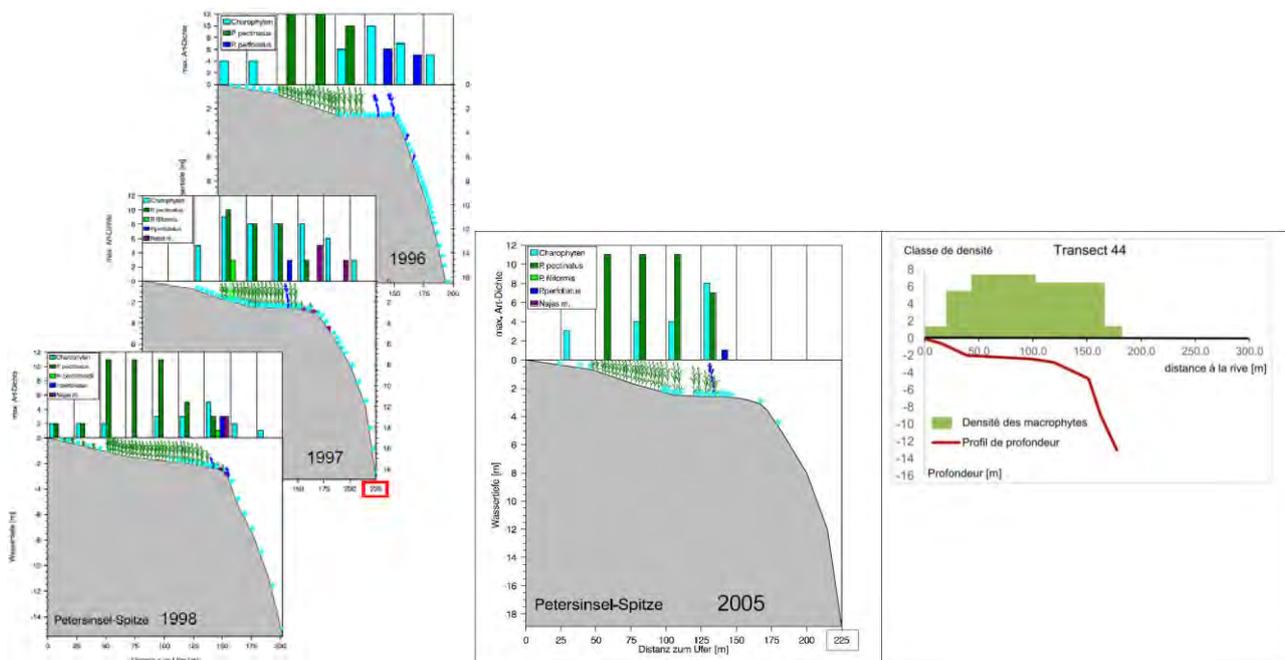


Abb. 4.20: Transekt Nr. 44 in Lüscherz (Biol'Eau 2015) und analoge Transekte aus den Untersuchungen des GBL 1996 - 2005.

Das Transekt an der Petersinsel zeigte über alle Jahre eine sehr ähnliche Besiedlung auch wenn die maximale Dichte 1996-1998 und 2005 noch deutlich höher lag. Die Characeen traten hier schon in den Jahren 1996-1998 auf, allerdings in sehr geringer Dichte und mit sehr geringer Wuchshöhe. Deren Dichte nahm 2015 deutlich zu.

Heidenweg Nord

Auch am Heidenweg Nord war die Pflanzenbesiedlung über alle Untersuchungsjahre sehr ähnlich, im innersten Bereich locker, dann sehr dicht bis zur Halde. Im äussersten Bereich dann ein niedriger Bestand mit Characeen.

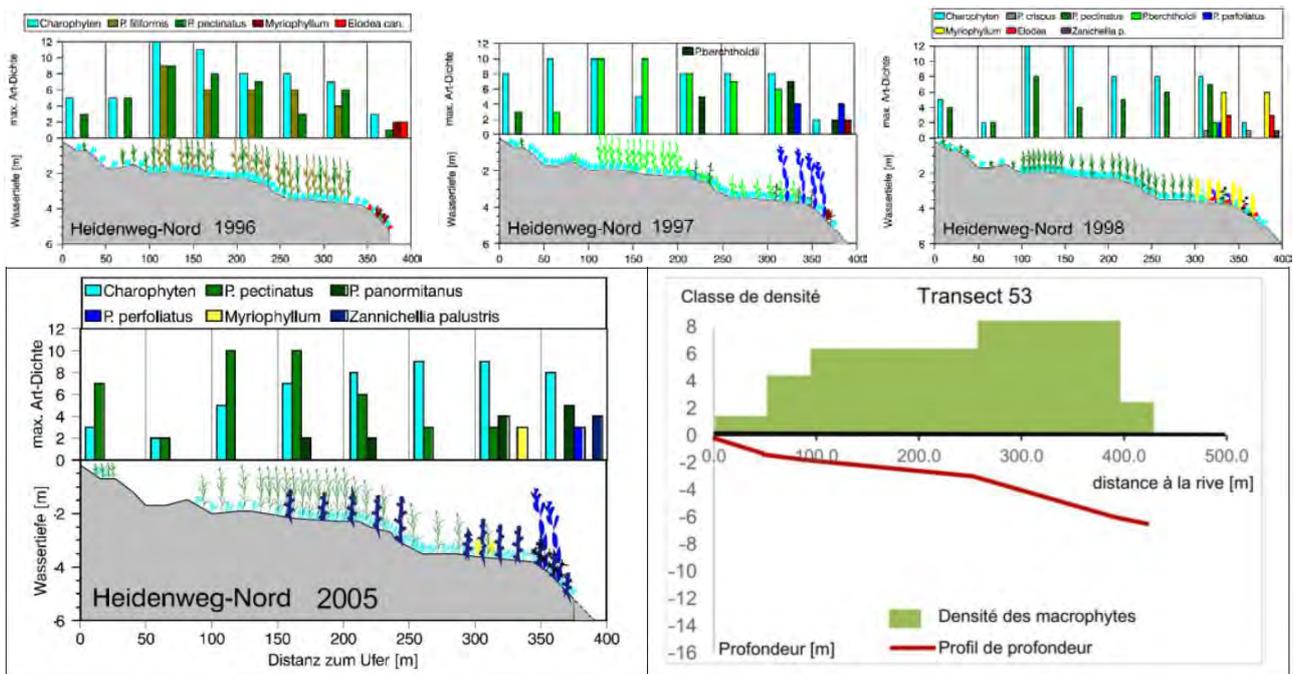


Abb. 4.21: Mittleres Transekt am Heidenweg Nord, Untersuchungen des GBL 1996 - 2005 und Biol'Eau 2015.

Marnin

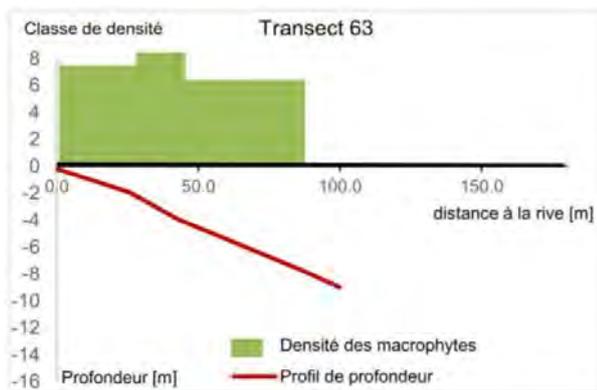


Abb. 4.22: Mittleres Transekt 2015 in Marnin, Kopie aus Biol'Eau 2015.

In Marnin war 2015 das ganze Transekt bis gegen 7 m dicht bewachsen mit *Potamogeton pectinatus*, *Nitellopsis obtusa* und *Najas marina*.

Ligerz

In Ligerz zeigten sich nur geringe Unterschiede zwischen den Untersuchungsjahren, lockere Besiedlung im Hafen, leerer Bereich in der Hafeneinfahrt und ein relativ dichtes Band auf der Uferbank vor der Hafeneinfahrt. Die maximale Dichte war früher in einzelnen Bereichen höher, blieb generell aber relativ ähnlich.

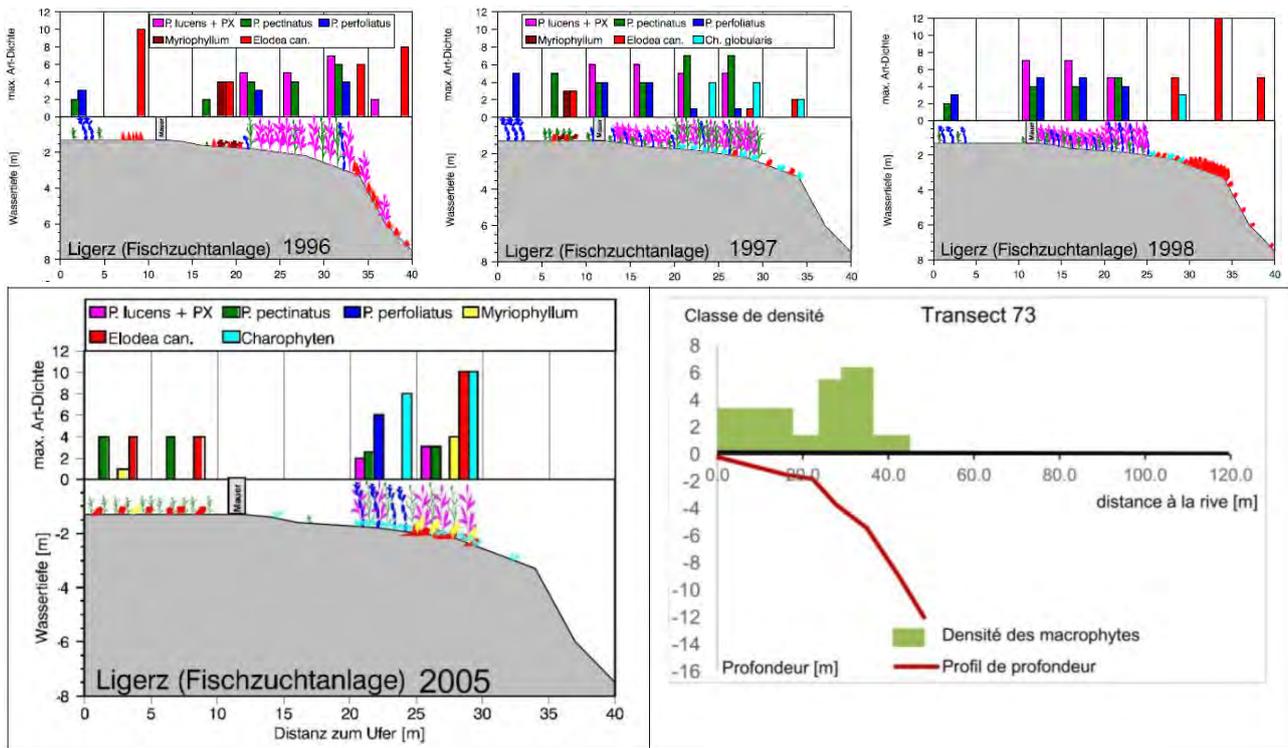


Abb. 4.23: Mittleres Transekt in Ligerz, Untersuchungen des GBL 1996 - 2005 und Biol'Eau 2015.

5 Interpretation und Fazit

Entwicklung der Wasserpflanzen im Bielersee 1967 bis 2015

Die Gesamtbeurteilung der Entwicklung der Wasserpflanzen im Bielersee zeigt folgende wichtige Punkte:

➤ **Artenvielfalt:**

Die Taxaliste für den Bielersee umfasst 24 Taxa, davon 2 Helophyten, 17 vaskuläre submerse Arten, 4 Characeen und 1 Moos.

Drei Arten wurden bisher im Bielersee nicht beobachtet: *Utricularia australis*, *Vallisneria spiralis* und *Chara denudata*. *Chara denudata* kann aber auch als Altersform von *Chara contraria* betrachtet werden kann (Krause, W., 1997, S.52 +85).

Verschiedene Arten aus früheren Kartierungen, die 2005 nicht beobachtet wurden, konnten 2015 in den Transekten wieder festgestellt werden: *Ceratophyllum demersum*, *Potamogeton berchtoldii*, *P. crispus*, *P. filiformis* und *P. helveticus*.

➤ **Bioindikation - Rückgang der hohen, dichten Laichkrautbestände - tiefere Nährstoffgehalte:**

Die Ausdehnung der hohen und dichten Laichkrautbestände (hauptsächlich *Potamogeton pectinatus*) hat ab 1984 deutlich abgenommen. 2015 wiesen nur noch Teile der Bielerbucht, einzelne Streifen in Sutz sowie einzelne Bestände an der Petersinsel und am Nordufer solche undurchdringliche "Wälder" aus Makrophyten auf.

➤ **Bioindikation - Ausbreitung der Characeen - tiefere Nährstoffgehalte**

Generell finden sich Characeen in Gewässern mit Gesamtphosphorgehalten < 0.02 mg/l. Die starke Ausbreitung der Characeen im Bielersee begann in den Jahren ab 2000, als der Gesamtphosphorgehalt während der Zirkulationsphase meist unter diesem Wert lag. Die drei jetzt häufigen Arten (*Chara contraria*, *Chara globularis* und *Nitellopsis obtusa*) sind 3 von 5 in der Schweiz in Ausbreitung begriffenen Arten (Auderset Joye, D. & Schwarzer, A. (2012)). Die beiden *Chara*-Arten gelten denn auch als die beiden einzigen in der Schweiz als nicht gefährdet. *Nitellopsis obtusa* wird in der Schweiz als potenziell gefährdet eingestuft. Sie ertragen etwas höhere Nährstoffgehalte.

Tab. 5.1: Einstufung der indikativen Makrophytenarten in die Indikatorgruppen (1-2 oligotroph, 2-3 mesotroph, >3 eutroph) nach Schneider 2004. *Chara globularis* gehört in die gleiche Gruppe wie *C. contraria*.

Tabelle 1: Einstufung der indikativen Makrophytenarten in die Indikatorgruppen

Gruppe 1,0	Gruppe 1,5	Gruppe 2,0
<i>Chara hispida</i> <i>Chara polyacantha</i> <i>Chara strigosa</i> <i>Potamogeton coloratus</i> <i>Utricularia stygia</i>	<i>Chara aspera</i> <i>Chara intermedia</i> <i>Utricularia minor</i>	<i>Chara delicatula</i> <i>Chara tomentosa</i> <i>Potamogeton alpinus</i>
Gruppe 2,5	Gruppe 3,0	Gruppe 3,5
<i>Chara contraria</i> <i>Chara fragilis</i> <i>Nitella opaca</i> <i>Nitellopsis obtusa</i> <i>Potamogeton gramineus</i> <i>Potamogeton natans</i> <i>Potamogeton x zizii</i>	<i>Chara vulgaris</i> <i>Myriophyllum spicatum</i> <i>Potamogeton filiformis</i> <i>Potamogeton perfoliatus</i> <i>Utricularia australis</i>	<i>Myriophyllum verticillatum</i> <i>Potamogeton berchtoldii</i> <i>Potamogeton lucens</i> <i>Potamogeton praelongus</i> <i>Potamogeton pusillus</i>
Gruppe 4,0	Gruppe 4,5	Gruppe 5,0
<i>Hippuris vulgaris</i> <i>Lagarosiphon major</i> <i>Potamogeton pectinatus</i>	<i>Elodea canadensis</i> <i>Elodea nuttallii</i> <i>Potamogeton compressus</i> <i>Potamogeton crispus</i> <i>Potamogeton obtusifolius</i> <i>Ranunculus circinatus</i> <i>Ranunculus trichophyllus</i>	<i>Ceratophyllum demersum</i> <i>Lemna minor</i> <i>Potamogeton mucronatus</i> <i>Potamogeton nodosus</i> <i>Sagittaria sagittifolia</i> <i>Spirodela polyrhiza</i> <i>Zannichellia palustris</i>

- **Bioindikation - Verschiebung der Indikatorgruppen - tiefere Nährstoffgehalte:**

Die in Ausbreitung befindlichen Arten gehören der Gruppe 2.5 (*Chara contraria*, *C. globularis*, *Nitellopsis obtusa*) an. Wieder häufiger finden sich auch 2 Arten der Gruppe 3.0 (*Myriophyllum spicatum*, *Potamogeton perfoliatus*). *Potamogeton filiformis* kann wegen Bestimmungsschwierigkeiten nicht sicher bewertet werden. *Potamogeton lucens* breitet sich noch aus, insbesondere in die Tiefe (Gruppe 3.5). Die kleinen Laichkräuter scheinen stellenweise zugelegt zu haben (Gruppe 3.5). Abnehmende Ausdehnungen weisen das immer noch häufige *Potamogeton pectinatus* und *Zanichellia palustris* auf.

Die beiden Wasserpest-Arten (*Elodea*) sind häufiger geworden, obschon sie eigentlich Zeiger für hohe Nährstoffgehalte sind. Sie sind konkurrenzstark, auch oder gerade in grösserer Tiefe und können sich wegen ihrer Vermehrungsstrategie (Entwicklung ganzer Pflanzen aus kleinsten Stängelstücken) auf unbesiedelten Flächen rasch ausbreiten. Sie haben auch nicht viele Frassfeinde. Die übrigen vorkommenden Arten der Gruppe 4.5 und 5.0 sind nur in geringen Mengen vorhanden bzw. nicht mehr aufgetreten.

Die Artenzusammensetzung zeigt eine Mischung mesotropher und eutropher Verhältnisse. Da sowohl die Armleuchteralgen wie auch die höheren Wasserpflanzen Nährstoffe aus dem Sediment und aus dem Wasser aufnehmen können, wachsen heute an Litoralstellen, wo während der Eutrophierungsphase mehr organisches Material angereichert wurde, Zeigerarten höherer Trophie (z.B. Bielerbucht).

Die aquatische Vegetation des Bielersees verschiebt sich in Richtung mesotropher Verhältnisse.
- **Bioindikation - Ausbreitung in grössere Tiefe - verbesserte Lichtverhältnisse:**

In vielen Gebieten dehnten sich die Submersenflächen seewärts in tiefere Bereiche aus. Dafür verantwortlich waren primär die Characeen, die oft ausserhalb der früheren Bestände aus vaskulären Pflanzen noch ein dichtes Band bildeten.

Die Besiedlung unter 10 m Wassertiefe zeugt von verbesserten Lichtverhältnissen im Bielersee.
- **Lockere Besiedlung der früher leeren Sandflächen:**

Grössere Flächen auch im flachen Uferbereich waren 2015 nur noch durch niedrig wachsende, unterschiedlich dichte Bestände von vaskulären Pflanzen und Characeen bedeckt. Die früher weitgehend leeren Sandflächen in Lüscherz und am Heidenweg Süd waren 2015 von sehr lockeren Beständen aus kleinwüchsigen Pflanzen bewachsen. Typisch für diese Bereiche sind *Najas marina*, *Myriophyllum spicatum* sowie teilweise auch Characeen.

Inwieweit diese locker besiedelten Flächen dauerhaft bewachsen werden, oder ob diese Situation speziell für das Jahr 2015 gilt, bleibt abzuwarten. Das sehr stabile und trockene Wetter vom Herbst 2014 bis in den Frühling 2015 erlaubte eventuell ein ungestörtes Besiedeln leerer Flächen, wie es in anderen Jahren nicht möglich wäre.
- **Bioindikation - Wassertemperatur scheint zuzunehmen:**

Die grosse Verbreitung des Nixenkrautes (*Najas marina*) und das vereinzelte Vorkommen der Wasserschraube (*Vallisneria spiralis*) im 2015 deuten auf zunehmende günstige Bedingungen für wärmeliebende Arten, wie es diese beiden sind. Ebenfalls als "etwas wärmeliebend" gilt das mässige organische Belastungen ertragende Tausendblatt (*Myriophyllum spicatum*), das sich nach einer zeitweisen Abnahme wieder vermehrt auszubreiten scheint.
- **Grössere Habitatvielfalt:**

Die verschiedenen Wuchshöhen und -formen der Wasserpflanzen und die unterschiedlichen Dichten erhöhen im Vergleich zu früheren Jahren die Habitatvielfalt für andere Bewohner des Litorals wie Wasserwirbellose und Fische. Dies gilt ebenso für die neu entstandenen dichten Bestände der Characeen in grösseren Tiefen.
- **Neophyten:**

Am Nordufer (Beispiel Ligerz) bildeten sich auf weiten Abschnitten Bestände von Wasserpest auch vor den steilen Blockufern.
- **Neozoen:**

Als Zusatzbeobachtung zeigte sich, dass in den letzten Jahren die eingeschleppten Muschelarten *Dreissena polymorpha* (ganzer See) und *Corbicula fluminea* (Lüscherzer Be-

cken, Petersinel, Heidenweg Nord und Sutz dicht, andere Testflächen weniger) weitgehend das ganze See-Litoral besiedelt haben, während Unioniden nur noch in Sutz und Lüscherz vereinzelt beobachtet wurden. *Dreissena* erobert nun auch die sandigen Flächen, da sie sich an den Körbchenmuscheln anheften kann, die auch als "Hartsubstrat" gelten können.

Methodische Diskussion

Vor- (✓) und Nachteile (○) der **Luftbildauswertung**:

- ✓ Wenig Aufwand und Kosten für Fotoflug und Erstellung der Luftbilder als Dokumentation.
- ✓ Pro Flächeneinheit geringer Aufwand für die Digitalisierung und Erfassung der Bewuchstypen
- ✓ Sehr guter Überblick über die zeitliche Entwicklung der Wasserpflanzen in einem grösseren Gewässer und den Vergleich verschiedenen Seeabschnitte
- ✓ Informationen über die Ausbreitung des Röhrichs (Wasser und Land)
- Qualität sehr stark abhängig von Entwicklungsstand der Pflanzen, Seetrübung und Wetter (Wind, Licht)
- Schlechte Erfassung von Beständen mit geringer Dichte, sehr niedriger Wuchshöhe oder in grösserer Wassertiefe
- Nicht geeignet für trübe Seen, Pflanzen in grosser Tiefe (>5m im Bielersee)

Vor- und Nachteile der **Flächenkartierung**:

- ✓ Erfassung der Wasserpflanzen auf grösseren Flächen möglich
- ✓ Identifikation der Bestände und Zuordnung der Felddaten erlaubt die Erstellung von flächigen Verbreitungskarten für Arten, Dichtekarten und die Auswertung von Flächendaten
- ✓ Abhängig von günstigen Witterungsbedingungen (keine Trübung, kein Wind)
- ✓ Abhängig von der Qualität der Luftbilder
- Zeit- und Personenaufwand gross, wenn alle Bestände einer grösseren Fläche angefahren werden müssen.
- Um den Aufwand in Grenzen zu halten, muss die Feldarbeit zum grossen Teil mit Schnorcheln erfolgen. Damit können die Beobachtungen deutlich weniger präzise erfolgen als mit dem Tauchgerät (vgl. unten).

Vor- und Nachteile der **Transektkartierung**:

- ✓ Detaillierte Informationen über die Arten, Bewuchshöhe, Substrat, Zustand auch bei geringer oder sehr hoher Dichte, starker Trübung, niedrigem Pflanzenwuchs, weil der Taucher die Beobachtungen "in Ruhe" und ohne Zeitdruck erfassen kann.
- ✓ Genaue Bestimmung direkt vor Ort auch anhand von Wuchsform und Standort
- ✓ Fotodokumentation der Pflanzen, Assoziationen und Lebensräume
- ✓ Genaue Lage der Kartierungen dank GPS-Positionierung.
- ✓ Genauere Dichteschätzung sowohl für die Gesamtdichte wie für die Einzelarten.
- ✓ Bestimmung der Assoziationen auch mit mehreren Pflanzenschichten.
- ✓ Detaillierte Aufnahme von Begleitparametern wie mittlere und maximale Höhe der Pflanzen, Wassertiefe, Vitalität, Substrat, Vorkommen von Algen, Wirbellosen und Fischen (Neozoen), Belastungen und Abfälle
- ✓ Auswertung und Darstellung einfach möglich (GIS und/oder Grafiken)

- ✓ Genau reproduzierbare Resultate, sehr gute Vergleichbarkeit von Resultaten
- ✓ Erfassung auch in grösserer Wassertiefe möglich
- Anzahl der notwendigen Transekte für detaillierte Erfassung auch grösserer Bereiche ist sehr hoch.
- Kleine effektiv untersuchte Fläche
- Logistik für die intensive Taucharbeit
- Sicherheits-Einschränkungen
- Kosten- und Zeitaufwand

Schlussfolgerungen für eine **zukünftige Kartierung** am Bielersee oder an andern Seen:

- Luftbilder und Auswertung als Überblick über den See und Basis für die Festlegung der Tauchtransekte
- Transektkartierung für präzise, vollständige und reproduzierbare Ergebnisse zu Umgebungsparametern und Wasserpflanzen, ermöglicht einen zuverlässigen Langzeitvergleich
- Zeitpunkt der Luftbilder kurz vor der maximalen Entwicklung der Wasserpflanzen
- Zeitpunkt der Taucharbeiten während der maximalen Entwicklung der Wasserpflanzen

Gesamtbeurteilung und Ausblick

Die Wasserpflanzenbestände haben sich seit der ersten Untersuchung vor 40 Jahren (Lachavanne 1977) deutlich verändert. Die Folgeuntersuchungen alle 10 Jahre dokumentieren ab 1995 deutliche Reaktionen auf die Reoligotrophierung (Abnahme des Phosphatgehaltes im Freiwasser).

2015 zeigten die Wasserpflanzen im Vergleich zu den früheren Jahren:

- die höchste durchschnittliche Artenzahl pro Bestand
- mehr Bestände mit mehreren Wuchshöhen
- insgesamt eine höhere Artenzahl als diejenigen Untersuchungen, welche den ganzen See und nicht nur ausgewählte Flächen abdeckten (1976, 1995).
- eine zunehmende Ausdehnung in die Tiefe.
- mehr Arten mit einer grossen Ausdehnung, die einen mesotrophen Zustand bevorzugen.

Gesamthaft indizieren die Wasserpflanzen 2015 einen mesotrophen Zustand des Gewässers und die beste Gewässerqualitäts-Beurteilung seit Beginn der entsprechenden Erhebungen.

Die Reoligotrophierung und die zunehmenden Temperaturen dürften die wichtigsten zwei Treiber für die sich weiter verändernden Bestände und die Artenzusammensetzung der Wasserpflanzen sein. Die Kombination dieser zwei Einflüsse und weiterer noch nicht bekannter und/oder erkannter Einflüsse lässt erwarten, dass die Wasserpflanzen im Bielersee in 10 Jahren wieder neue Überraschungen bieten werden.

6 Anhang

Dieses Kapitel ist das Inhaltsverzeichnis des Anhangs. Die Karten, Bildübersichten und Datentabellen sowie Bericht und Datenanhang zur Transektkartierung sind im Datenanhang als separate Dateien verfügbar.

6.1 Datenanhang - Karten

G_2015_01	Grundlagen: Uferzone aus Luftbild, Tiefenlinien (Modell GBL) und Uferabschnitte
G_2015_02	Grundlagen: Testflächen und Transekte 2015
G_2015_03	Grundlagen: Lage der Luftbilder und GPS-Track des Fotofluges vom 25.06.2015
S_2015_01	Bestandestypen 2015 - ganzer See
S_2015_02	Bestandestypen 2005 - ganzer See
S_2015_03	Bestandestypen 1995 - ganzer See
S_2015_04	Bestandestypen 1984 - ganzer See
S_2015_05	Bestandestypen 1976 - ganzer See
S_2015_06	Bestandestypen 1967 - ganzer See
S_2015_11	Röhricht (Wasser-, Landröhricht, Rhizomflächen) 2015 - Ost
S_2015_12	Röhricht (Wasser-, Landröhricht, Rhizomflächen) 2015 - Mitte
S_2015_13	Röhricht (Wasser-, Landröhricht, Rhizomflächen) 2015 - West
T_2015_01	Bestandestypen in den Testflächen 2015, 2005, 1995
T_2015_02	Bestandestypen in den Testflächen 1984, 1976, 1967
T_2015_11	Gesamtdichte in den Testflächen 2015, 2005, 1995
T_2015_12	maximale Dichte der vaskulären Pflanzen 2015, 2005, 1995
T_2015_13	maximale Dichte der Characeen 2015, 2005, 1995
T_2015_14	Tiefengrenze und Bestandeshöhe in Testflächen 2015
T_2015_15	maximale Dichte und Bestandeshöhe der Unterschicht 2015
T_2015_16	Anzahl Taxa/Bestand in den Testflächen 2015, 2005, 1995
T_2015_21	Dichte von <i>Elodea canadensis</i> in den Testflächen 2015, 2005 und 1995
T_2015_22	Dichte von <i>Elodea nutallii</i> 2015, 2005 und 1995
T_2015_23	Dichte von <i>Myriophyllum spicatum</i> 2015, 2005 und 1995
T_2015_24	Dichte von <i>Najas marina</i> 2015, 2005 und 1995
T_2015_25	Dichte von <i>Potamogeton panormitanus/berctholdii</i> 2015, 2005 und 1995
T_2015_26	Dichte von <i>Potamogeton filiformis</i> 2015, 2005 und 1995
T_2015_27	Dichte von <i>Potamogeton helveticus</i> 2015, 2005 und 1995
T_2015_28	Dichte von <i>Potamogeton lucens</i> 2015, 2005 und 1995
T_2015_29	Dichte von <i>Potamogeton salicifolius</i> 2015, 2005 und 1995
T_2015_30	Dichte von <i>Potamogeton pectinatus</i> 2015, 2005 und 1995
T_2015_31	Dichte von <i>Potamogeton perfoliatus</i> 2015, 2005 und 1995
T_2015_32	Dichte von <i>Zanichellia palustris</i> 2015, 2005 und 1995
T_2015_33	Dichte von <i>Nitellopsis obtusa</i> 2015, 2005 und 1995
T_2015_34	Dichte von <i>Chara</i> sp. 2015, 2005 und 1995
T_2015_35	Dichte von <i>Chara globularis</i> 2015 und 2005
T_2015_36	Dichte von <i>Chara contraria</i> 2015 und 2005

6.2 Datenanhang - Katalog der Luftbilder

- Liste der Luftbilder 2015 mit Aufnahmekoordinaten

6.3 **Datenanhang - Datentabellen**

- Zusammenstellung der verfügbaren Tabellen: Rohdaten und Auswertungen mit Beschreibung der Inhalte

MPBIE_2015_Artenliste	Artenliste für die Untersuchungen 1976 bis 2015 sowie für die Testflächen 2015 saufgeteilt nach Flächen- und Transektkartierung
MPBIE_2015_Auswertungen_Luftbilder	Flächen (m ²) und Deckung (%) der Bewuchstypen im gesamten Bielersee, in den Uferabschnitten und in den Teststrecken von 1967 bis 2015.
MPBIE_2015_Auswertungen_Taxa	Flächen (m ²) und Deckung (%) der Taxa in den Testflächen von 1995 bis 2015.
MPBIE_2015_Felddaten_Flaechenkartierung	Felderhebungsdaten der Flächenkartierung mit Artenzusammensetzung und Begleitdaten zu den kartierten Beständen

6.4 **Bericht Transektkartierung**

- Biol'Eau Sàrl, 2015: Lac de Bienne - Etude des macrophytes. Cartographie 2015 par transect. Bernex. 59 pp. Bericht und Anhang mit Karten und Tabellen.

6.5 **Anhang Transektkartierung**

- Annexe A: Cartes de recouvrement total des macrophytes dans le lac de Bienne.
- Annexe B: Cartes de recouvrement des plantes vasculaires dans le lac de Bienne.
- Annexe C: Cartes de recouvrement des characées dans le lac de Bienne.
- Annexe D: Cartes des différents substrats dominants.
- Annexe E: Cartes de répartition des plantes vasculaires dans le lac de Bienne.
- Annexe F: Cartes de répartition des characées dans le lac de Bienne.
- Annexe G: Cartes de répartition des bryophytes dans le lac de Bienne.
- Annexe H: Cartes de répartition des paramètres complémentaires dans le lac de Bienne.
- Annexe I: Synthèse des résultats des recouvrements par secteur de rive.
- Annexe J: Synthèse des résultats par transect.
- Annexe K: Résultats bruts.

6.6 **Literatur**

- AUDERSET JOYE., D. & SCHWARZER, A. (2012): Rote Liste Armleuchteralgen, Gefährdete Arten der Schweiz, Stand 2010, Bundesamt für Umwelt, Bern und Laboratoire d'écologie et de biologie aquatique (LEBA) der Universität Genf, Umwelt-Wollzug Nr. 1213: 72 S.
- BAILLY, G., SCHAEFER, O. (2010): Guide illustré des Characées du nord-est de la France: 1-96.
- BIOL'EAU SÀRL, 2015: Lac de Bienne - Etude des macrophytes. Cartographie 2015 par transect. Bernex. 59 pp. Bericht und Anhang mit Karten und Tabellen.
- CASPER, S.J. , KRAUSCH, H.-D. (2008): Süßwasserflora von Mitteleuropa, Pteridophyta und Anthophyta 1. Teil Lycopodiaceae bis Orchidaceae, Band 23: 1 - 412.
- CASPER, S.J. , KRAUSCH, H.-D. (2008): Süßwasserflora von Mitteleuropa, Pteridophyta und Anthophyta 2. Teil Saururaceae bis Asteraceae, Band 24: 413 - 942.

- GUTHRUF, K. (1995): Makrophyten des Bielersees 1995. Auftragsarbeit des Gewässer- und Bodenschutzlabors des Kantons Bern.
- GUTHRUF, K. (1996): Submerse Makrophyten des Bielersees, Monitoring 1996. Auftragsarbeit des Gewässer- und Bodenschutzlabors des Kantons Bern.
- GUTHRUF, K. (1997): Submerse Makrophyten des Bielersees, Monitoring 1996. Auftragsarbeit des Gewässer- und Bodenschutzlabors des Kantons Bern.
- GUTHRUF, K. (1998): Submerse Makrophyten des Bielersees, Monitoring 1996. Auftragsarbeit des Gewässer- und Bodenschutzlabors des Kantons Bern.
- HANDLEY, R. J. & DAVY, A.J. (2005): Temperature effects on seed maturity and dormancy cycles in an aquatic annual, *Najas marina*, at the edge of its range *Journal of Ecology*, Volume 93: 1185-1193.
- HYDRA, AQUATICA GMBH, 2005: Wasserpflanzen im Bielersee - Kartierung 2005. Auftrag des Gewässer- und Bodenschutzlabors des Kantons Bern, Bern, 40 S.
- KRAUSE, W. (1997): Süßwasserflora von Mitteleuropa, Charales (Charophyceae), Band 18: 1-202.
- LACHAVANNE, J.-B. (1979): Les macrophytes du lac de Bienne, Schweiz. Z. Hydrol. 41/2, Birkhäuser Verlag, Basel: 356 - 373.
- MAURER V., VUILLE T.(1986): Untersuchungen zur Primärproduktion im Litoral des Bielersees, Lizentiat der Universität Bern, 137 Seiten.
- MÜLLER, R. (2013) Untersuchung über die Entwicklung der Felcheneier im Hallwilersee 2013, im Auftrag des Kantons Aargau, Departement Bau, Verkehr und Umwelt, Abteilung für Umwelt: 1-13 S.
- NIEDERBERGER, K., STURZENEGGER, M., (2014): Wasserpflanzen-Erhebungen - Methodik zur Erfassung der Wasserpflanzen und Seegrundverhältnisse. *Aqua & Gas* 7/8, S. 66 - 78.
- SCHLOSSER, J. A., HAERTEL-BORER, S., LIECHTI, P., REICHERT, P. (2013): Konzept für die Untersuchung und Beurteilung der Seen in der Schweiz. Anleitung zur Entwicklung und Anwendung von Beurteilungsmethoden. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Wissen Nr. 1326: 38 S.
- SCHNEIDER, S. (2004): Indikatoreigenschaften und Ökologie aquatischer Makrophyten in stehenden und fließenden Gewässern, Habilitation, TU München, Wissenschaftszentrum Weihenstephan: 200 S.
- VAN DE WEYER et al. (2011): Bestimmungsschlüssel für die aquatischen Makrophyten (Gefässpflanzen, Armelechteralgen und Moose) in Deutschland, Fachbeiträge des LUGV, Heft Nr. 119, Band 1: Bestimmungsschlüssel:1 - 158.)
- VAN DE WEYER et al. (2011): Bestimmungsschlüssel für die aquatischen Makrophyten (Gefässpflanzen, Armelechteralgen und Moose) in Deutschland, Fachbeiträge des LUGV, Heft Nr. 120, Band 2: Abbildungen:1 - 374.)