

Die Ufervegetation des Sevansees in Abhängigkeit von Wassertiefe und Uferstruktur

Hanna Hühnerbein & Klaus Schmieder

1. Einleitung:

Der Sevansee in Armenien befindet sich circa 60 km nordöstlich der Hauptstadt Yerevan. Er ist der größte Süßwassersee des gesamten Kaukasus, mit einer Gesamtfläche von ca. 1245 km² und somit einer der größten Gebirgsseen weltweit. Er liegt im vulkanischen Hochland in einer Höhe von etwa 1899 m ü. B. S und ist Teil von Armeniens einzigem Nationalpark. Er birgt einen großen Artenreichtum mit über 400 Tier- und ca. 1600 Pflanzenarten (BABAYAN et al. 2006). Am Sevansee wurden seit den 30er Jahren des letzten Jahrhunderts beträchtliche Eingriffe vorgenommen. Neben zunehmenden Nähr- und Schadstoffeinträgen aus Landwirtschaft und Industrie wurde der Seespiegel durch einen künstlichen Abfluss seit den 1930-er Jahren um nahezu 20 m abgesenkt und in den letzten Jahren wieder um ca. 2 m Meter angehoben. Diese Seespiegelmanipulationen wirkten sich vor allem auf die Litoralzone des Sevansees aus, die früher reich an Makrophyten und Makroinvertebraten war. Durch die Seespiegelabsenkung sind viele Tier- und Pflanzenarten des Sees ausgestorben oder stark dezimiert worden. Die Litoralzone wird heute durch wenige Tier- und Pflanzenarten dominiert. Die Zukunft des Sevansees hängt sehr stark von der weiteren Entwicklung der Makrophyten und diese wiederum von der Wasserstandsentwicklung ab.

In der vorliegenden Arbeit wurde die Makrophytenvegetation verschiedener Litoralabschnitte des Sevansees untersucht. Dabei wurden die vorkommenden Arten, ihre Häufigkeit und ihre Zonierung entlang des Tiefengradienten dokumentiert. Die untersuchten Litoralabschnitte wurden hinsichtlich der vorkommenden Pflanzen und der Uferstruktur verglichen und Unterschiede herausgearbeitet. In zwei Untersuchungsgebieten wurden mit Hilfe von GPS-Daten und Satellitenbildern Vegetationskarten über die vorhandenen Pflanzenbestände erstellt, aus denen das Vorkommen der Arten und ihre Zonierung ersichtlich ist. Von Wasserstandsänderungen ist vor allem die amphibische Zone des Ufers betroffen. Deshalb wurden an mehreren Uferabschnitten Transekte kartiert, die die aktuelle Vegetation vom Land aus bis einige Meter ins Wasser hinein, ihre Artenzusammensetzung und ihre Häufigkeit in Zusammenhang mit dem Uferprofil wieder gibt. So konnten Auswirkungen von Hoch- und Niedrigwasserständen sowie anthropogen verursachte Wasserstandsänderungen und ihre voraussichtlichen Auswirkungen auf die Vegetation beziehungsweise auf die Tiefenzonierung prognostiziert werden.

2. Material und Methoden

Die Erfassung der Felddaten erfolgte während der Hauptvegetationsperiode in Armenien von Juni bis Mitte August 2007. Der Schwerpunkt der vorliegenden Arbeit lag in der Kartierung der Makrophytenvegetation am Sevansee sowie in der Untersuchung der Ufermorphologie.

2.1. Vermessung von Höhenprofilen am Seeufer

Für die Vermessung der Ufermorphologie wurde der Theodolit Total Station CTS-2/2B der Firma TOPCON eingesetzt. Aufgenommen wurden einzelne Transekte vom terrestrischen Bereich mehrere Meter über dem aktuellen Wasserspiegel in Richtung See bis in ca. 1 m Wassertiefe. Aus den aufgenommenen Daten lässt sich der Abstand zwischen zwei beliebigen Messpunkten berechnen, sowie der Höhenunterschied zwischen den Punkten. Die vom Theodolit aufgenommenen Winkelmaße wurden von der Hilfsmaßeinheit Gon in Grad umgerechnet. Aus den Abständen der Strecken zwischen den Messpunkten und den gemessenen Höhen wurden Uferprofile erstellt. Die Profile wurden an homogenen Uferabschnitten aufgenommen, so dass sie als stellvertretend für breitere Abschnitte betrachtet werden können.

2.2. Tiefenvermessung

Bei den Aufnahmepunkten der Wasserpflanzen wurde außer den Koordinaten mittels GPS (GPS III Plus, Garmin, Olathe, USA) auch die Tiefe gemessen. In flachen Stellen (< 40 cm) wurde anstelle des dort ungenauen Handecholots (Echotest II, Plastimo, Lorient, F) ein Seilgewicht verwendet, das mit Markierungen im Abstand von 5 cm versehen war. Auch in sehr dichten Makrophytenbeständen war das Handecholotsignal gestört, so dass die Tiefe mit Hilfe des Seilgewichtes ermittelt wurde.

2.3. Datenerhebung und Auswertung in einem GIS (Geographisches Informationssystem)

Bei allen Aufnahmen wurden UTM-Koordinaten mit dem GPS-Empfänger aufgenommen. Die erhobenen Daten wurden mit dem Programm ArcGIS 9.2 der Firma ESRI (Redlands, USA) ausgewertet. Mit Hilfe der GPS-Punkte, den Satellitenbildern und vor Ort angefertigter Skizzen wurden Vegetationskarten erstellt, in denen Patches (patch (Engl.) = Fleck, Stelle), in der vorliegenden Arbeit für räumlich abgrenzbare Pflanzenbestände einer oder mehrerer Arten verwendet) einzelner Arten oder Vegetationsgruppen als Vegetationstypen dargestellt sind.

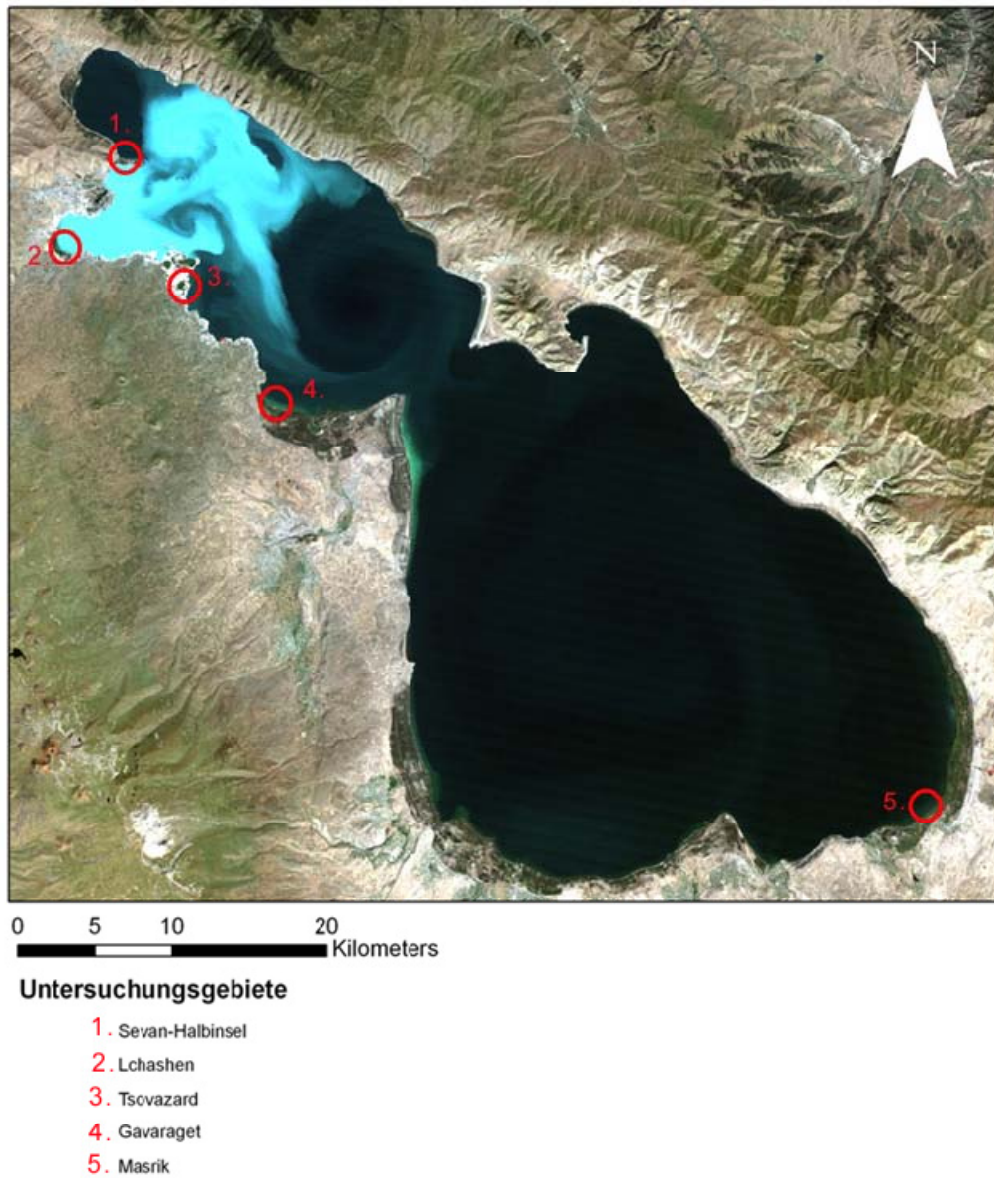


Abb. 1: Landsat 5 Aufnahme (31.08.2006) des Sevansees mit den untersuchten Litoralabschnitten

2.4. Vegetationskartierung

2.4.1. Erfassung der Makrophytenbestände

Die Artenbestände wurden in fünf Untersuchungsgebieten aufgenommen, die in Abb. 1 dargestellt sind. Die emersen Pflanzen wurden direkt erfasst und die submersen Arten entweder mit einem Krauthaken an die Oberfläche gezogen und im Schlauchboot bestimmt oder beim Schnorcheln aufgenommen. Bei allen Aufnahmepunkten wurden mittels GPS die Positionskordinaten aufgenommen. Des Weiteren wurde die Vegetation in Transekten vom Land zum Wasser hin kartiert, wobei jeder zweite Quadratmeter erfasst wurde. Die Wasserkante war so immer mit eingeschlossen. Besonderes Augenmerk wurde auf die Zonen gerichtet, die erst kürzlich überflutet wurden, sowie auf Zonen die möglicherweise in den nächsten Monaten oder Jahren im Zuge der geplanten Wasserstandserhöhungen überschwemmt werden. Zusätzlich erfolgte in jedem aufgenommenen Quadrat eine Schätzung der Gesamtdeckung der Vegetation.

2.4.2. Mengenschätzung der Pflanzen

Die Menge der Pflanzen wurde nach der Methode von KOHLER (1978) geschätzt, die die Abundanz einer Pflanzenart mit ihrem Deckungsgrad kombiniert. Aus Gründen der besseren Darstellbarkeit wurden die bei Kohler in zwei Stufen gehandhabten Häufigkeiten von "sehr selten" und "selten" in einer Stufe vereint und die Methode somit wie folgt in eine vierstufige Skala modifiziert:

- 1 = sehr selten bis vereinzelt oder keine nennenswerte Deckung
- 2 = verbreitet, d.h. mehrere Individuen oder eine Deckung bis 25 %
- 3 = häufig oder eine Deckung bis 50 %
- 4 = sehr häufig bis massenhaft oder Deckung >50 %

Um in einem Transekt an Land- und im Wasser eine einheitliche Methode zu verwenden, wurde diese Pflanzenmengenschätzung auch für die Landpflanzen übernommen anstelle anderer sonst gängiger Aufnahmemethoden.

2.4.3. Berechnung des Makrophytenindex (MI)

Die Nährstoffbelastung der Litoralzone wurde mit Hilfe des Makrophytenindex nach MELZER & SCHNEIDER (2001) beurteilt. Da für die vorliegende Arbeit nicht die von KOHLER (1978) entwickelte fünfstufige sondern eine in vier Stufen modifizierte Häufigkeitsskala verwendet wurde in der die ersten beiden Stufen zu einer zusammen gefasst sind, mussten sie für die Quantitätsstufen zur Berechnung des MI dementsprechend umgerechnet werden, so dass gilt:

- Häufigkeitsstufe 1** = sehr selten bis vereinzelt, entspricht einer Quantitätsstufe von 4,5 (= Mittelwert der Quantitätsstufen der Häufigkeiten 1 und 2)
- Häufigkeitsstufe 2** = verbreitet, entspricht einer Quantitätsstufe von 27

Häufigkeitsstufe 3 = häufig, entspricht einer Quantitätsstufe von 64

Häufigkeitsstufe 4 = sehr häufig bis massenhaft, entspricht einer Quantitätsstufe von 125.

$$MI = \frac{\sum_{i=1}^n I_i + Q_i}{\sum_{i=1}^n Q_i}$$

wobei MI = Makrophytenindex, I_i = Indikatorwert der jeweiligen Art, Q_i = Quantitätsstufe der jeweiligen Art und n = Gesamtzahl der Taxa

Für eine gesicherte Berechnung des Index ist eine Minimalanforderung von mindestens einer indikativen Art mit der Häufigkeitsstufe 4 oder drei Arten mit einer Häufigkeit von 3 notwendig, beziehungsweise muss die Summe der Quantitätsstufen über 64 liegen. Da dies bei allen Untersuchungsgebieten der Fall war, konnten die Makrophytenindizes für die Untersuchungsgebiete Lchashen, Tsovazard, Gavaraget und Masrik berechnet werden. Dazu wurden die in Tab. 3.1 aufgelisteten Pflanzen herangezogen. Die Gebiete konnten dann jeweils einer der folgenden 7 Klassen der Nährstoffbelastung zugeordnet werden:

- Sehr gering (Index von $1,0 \leq x < 2$; 4)
- Gering (Index von $2,4 \leq x < 2$; 7)
- Mäßig (Index von $2,7 \leq x < 2$; 95)
- Mäßig-erheblich (Index von $2,95 \leq x < 3$; 3)
- Erheblich (Index von $3,3 \leq x < 3$; 55)
- Stark (Index von $3,55 \leq x < 3$; 9)
- Sehr stark (Index von $3,9 \leq x < 5$; 0)

2.4.4. Florenliste

Alle erfassten Arten wurden, soweit möglich, nach WISSKIRCHEN & HAEUPLER (1998) benannt und wo dies nicht möglich war, weil die armenischen Arten nicht genannt waren, nach der armenischen Florenliste von FAYVUSH (2007).

3. Ergebnisse

3.1. Verbreitung Makrophyten und ihre Tiefenzonierung

In den vier bearbeiteten Untersuchungsgebieten konnten insgesamt 25 Makrophytenarten nachgewiesen werden. Tabelle 1 zeigt die Liste der Arten, deren Vorkommen in den einzelnen Litoralabschnitten, die maximale, minimale und durchschnittliche Tiefe in der die Art gefunden wurde, sowie die Anzahl der Aufnahmen, in denen eine Art vorkam (Stetigkeit). In der Beschreibung wird der Betrachtungsschwerpunkt auf Pflanzen mit hoher Stetigkeit gelegt, da diese zum einen die mengenmäßig wichtigsten Arten darstellen und zum anderen ihre Tiefenzonierung besser abgesichert ist.

Makrophyten wurden zwischen 0,05 m und 6,80 m Wassertiefe gefunden. Dabei lag die Durchschnittstiefe der Fundorte für alle Arten bei 1,14 m. Die einzelnen Pflanzenarten wiesen Unterschiede in ihrer Verbreitung auf und zwar nicht nur hinsichtlich ihres Vorkommens in bestimmten Untersuchungsgebieten und ihrer bevorzugten Tiefe, sondern auch in der Weite ihrer Tiefenverbreitung. Die größte Tiefenverbreitung zeigte das wurzellose *Ceratophyllum demersum*, das sowohl in den flachen, erst kürzlich überfluteten Zonen des Sees mit lediglich 0,2 m Wassertiefe, wie auch in den größten noch von Pflanzen besiedelten Tiefen von fast 7 m in Lchashen aufgefunden werden konnte. Sein Hauptvorkommen lag allerdings zwischen 1,3 m und 2 m. Die Art mit der zweitgrößten Tiefenverbreitung war *Typha angustifolia*, welche in allen Untersuchungsgebieten vorkam und zwischen 0,3 m und 3,0 m gefunden wurde, wobei das durchschnittliche Vorkommen bei 1,41 m lag. Zwei weitere Röhrichtarten, *Phragmites australis* und *Schoenoplectus tabernaemontani*, kamen ebenfalls in allen untersuchten Gebieten häufig vor. *P. australis* konnte in einer Tiefe zwischen 0,1 m und 2,4 m gefunden werden, die Durchschnittstiefe lag bei 1,18 m. Allerdings konnten in den Regionen von Masrik und Gavaraget in tieferen Litoralabschnitten größere Flächen von Stoppelfeldern (abgestorbene Schilfbestände) gefunden werden. *S. tabernaemontani* wurde in Tiefen zwischen 0,2 m und 2,06 m nachgewiesen. *Chara cf. vulgaris* verfügte über eine relativ enge Tiefenverbreitung und wurde lediglich in Tiefen zwischen 1,5 m und 1,85 m gefunden. Die Art verfügte mit 1,67 m über die zweitgrößte Durchschnittstiefe aller gefundenen Makrophyten. Am tiefsten wuchs *Sparganium angustifolium* mit durchschnittlich 2,15 m Tiefe. Allerdings kann hier aufgrund der geringen Anzahl von Aufnahmen nicht auf ein generelles Wachstum in dieser Tiefenzone geschlossen werden, wengleich die Art auch beim häufigen Schnorcheln ohne Tiefenvermessung meist in ca. 2 m Tiefe angetroffen wurde. *Persicaria amphibia* gehört zu den weit verbreiteten Arten am See und konnte in allen Untersuchungsgebieten außer bei Masrik gefunden werden. Die mittlere Fundortstiefe lag bei 1,03 m. Die Art konnte sowohl in Bereichen, die erst kürzlich überflutet wurden, gefunden werden, beispielsweise in Lchashen im direkt an den See angrenzenden und überfluteten Waldrand, als auch noch in Tiefen bis 1,67 m. *Potamogeton filiformis* wurde in allen Gebieten außer Lchashen nachgewiesen und wuchs bereits ab einer Tiefe von 0,2 m. Das Hauptvorkommen der Art lag bei 1,26 m und die maximale Fundtiefe bei 1,85 m. *Myriophyllum spicatum* und *Potamogeton pectinatus* ähneln sich in ihrer Verbreitung stark. Beide Arten konnten in allen Gebieten nachgewiesen werden und wurzelten durchschnittlich in Tiefen um 1,5 m. In ähnlicher Tiefe, aber nur in den Gebieten von Tsovazard und Gavaraget, wurde *Zanichellia palustris* gefunden. Die Art wuchs in Tiefen zwischen 0,6 m und 1,9 m und hatte ihre Durchschnittstiefe bei 1,52 m.

Tab. 1: Liste der Makrophyten, aufgelistet sind Tiefen [m] und Fundort, wobei Tmax = maximale Fundtiefe, Tmin = minimale Fundtiefe, TØ= durchschnittliche Fundtiefe, n = Anzahl der Aufnahmen, Lc = Lchashen, Ts = Tsovazard, Ga = Gavaraget, Ma = Masrik

Pflanzenart	Tmin	Tmax	TØ	n	Lc	Ts	Ga	Ma
<i>Bolboschoenus maritimus</i> (L.) Palla	0,05	0,90	0,28	6	+	+		
<i>Butomus umbellatus</i> L.	0,45	0,60	0,52	3	+	+		
<i>Carex muricata</i> L.	0,40	0,65	0,54	4	+	+		
<i>Ceratophyllum demersum</i> L.	0,16	6,80	1,62	21	+		+	
<i>Ceratophyllum submersum</i> L.	0,50	1,50	0,80	3	+			
<i>Chara cf. vulgaris</i>	1,50	1,85	1,67	12		+	+	
<i>Hippuris vulgaris</i> L.	0,60	1,20	0,90	3	+		+	+
<i>Lemna minor</i> L.	0,16	0,20	0,18	5	+			
<i>Lemna trisulca</i> L.	0,50	0,50	0,50	1				+
<i>Myriophyllum spicatum</i> L.	0,22	2,34	1,50	24	+	+	+	+
<i>Persicaria amphibia</i> (L.) Delarbre	0,30	1,67	1,03	38	+	+	+	
<i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin. ex Steud.	0,10	2,40	1,18	66	+	+	+	+
<i>Potamogeton filiformis</i> Pers.	0,22	1,85	1,26	13		+	+	+
<i>Potamogeton pectinatus</i> L.	0,80	2,50	1,45	49	+	+	+	+
<i>Potamogeton perfoliatus</i> L.	0,50	1,20	1,06	3				+
<i>Ranunculus circinatus</i> Sibth.	0,40	1,00	0,52	23		+		
<i>Schoenoplectus tabernaemontani</i> (C .C. Gmel.) Palla	0,20	2,06	1,01	50	+	+	+	+
<i>Sparganium angustifolium</i> Michx.	1,77	2,39	2,15	3	+			
<i>Sparganium erectum</i> L.	0,30	2,50	1,48	8	+			
<i>Typha angustifolia</i> L.	0,30	3,00	1,41	40	+	+	+	+
<i>Typha latifolia</i> L.	0,60	1,60	1,06	4	+			
<i>Typha laxmanii</i> Lepech.	0,80	1,20	1,00	3		+		
<i>Typha minima</i> Funck ex Hoppe	0,20	0,60	0,40	3				+
<i>Utricularia vulgaris</i> L.	0,50	0,60	0,50	3				+
<i>Zannichellia palustris</i> L.	0,60	1,90	1,50	15		+	+	

3.2. Makrophytenindex

In allen vier untersuchten Litoralabschnitten wurde die Abundanzklasse der Makrophytenarten, die im Indikatorkatalog von Melzer & Schneider (2001) aufgeführt sind geschätzt (Tabelle 2) und der Makrophytenindex für die einzelnen Gebiete errechnet. Den höchsten Indikatorgruppenwert von 5 besitzen *C. demersum* und *Z. palustris*, die beide mit Abundanzklassen bis zu 4 vorkamen.

Tab. 2: Liste der zur Berechnung des Makrophytenindexes verwendeten Arten und ihre Abundanzklassen in den einzelnen Litoaralabschnitten

Pflanzenart	Lc	Ts	Ga	Ms	I
<i>Ceratophyllum demersum</i>	4		1		5
<i>Chara cf. vulgaris</i>		3	3		3
<i>Hippuris vulgaris</i>	2		2	1	4
<i>Lemna minor</i>	1				5
<i>Myriophyllum spicatum</i>	3	2	2	1	3
<i>Potamogeton filiformis</i>		2	2	2	3
<i>Potamogeton pectinatus</i>	3	3	3	2	4
<i>Potamogeton perfoliatus</i>				1	3
<i>Ranunculus circinatus</i>		2			4,5
<i>Zannichellia palustris</i>		1	3		5

C. demersum kam in Lchashen in hoher Abundanz vor und *Z. palustris* war in Tsovazard sehr häufig zu finden. Aufgrund der hohen Abundanzklasse dominieren die beiden Arten durch die Kubierung ihrer Abundanzklassen in der Quantitätsstufe auch den jeweiligen Indexwert. In Lchashen konnten fünf Arten für die Berechnung herangezogen werden, vier von ihnen besitzen einen Indikatorwert von 4 oder höher. In Tsovazard hatten immerhin drei von sechs Arten einen Indikatorwert von 3. In Gavaraget konnten sieben Arten zur Berechnung herangezogen werden, mit Häufigkeiten zwischen 1 und 3 und mit Indikatorwerten zwischen 3 und 5. Die in Masrik zu Bewertung herangezogenen fünf Arten besaßen eine geringe Abundanz, so dass die Summe der Quantitätsstufen gerade noch ausreichte um den Makrophytenindex zu berechnen.

Tab. 3: Makrophytenindizes der einzelnen Litoralabschnitte

Untersuchungsgebiet	Marophytenindex
Lchaschen	4,23
Tsovazard	4,061
Gavaraget	3,822
Masrik	3,467

Wie aus Tabelle 3 ersichtlich liegt der Makrophytenindex in den Untersuchungsgebieten zwischen 3,47 und 4,2. Daraus ergibt sich der folgende Belastungsgrad für die Gebiete: Lchaschen und Tsovazard fallen in die höchste Klasse deren Nährstoffbelastung mit "sehr stark" angegeben wird. In Gavaraget liegt dem Index zufolge eine "starke" Belastung vor und in Masrik, dem Gebiet mit dem niedrigsten Index, wird die Belastung immer noch mit "erheblich" angegeben. In der Trophiestufe gelten alle vier Untersuchungsgebiete als eutroph.

3.3 Uferprofile

Die Aufnahme der Ufertransekte in den Gebieten von Lchaschen und Tsovazard ergab die in den Abbildung 3 und Abbildung 4 dargestellten Profile mit den darunter aufgeführten Pflanzenarten und ihr Vorkommen in den jeweiligen Transektmetern.

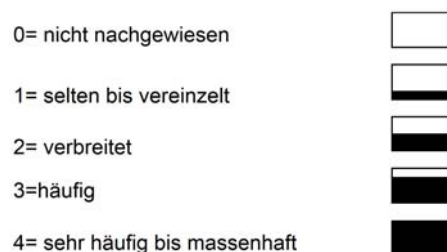


Abb. 2: Häufigkeitsklassen der Makrophytenarten in den einzelnen Aufnahmen und Legende der in Abb. 3 und Abb. 4 dargestellten Transekte

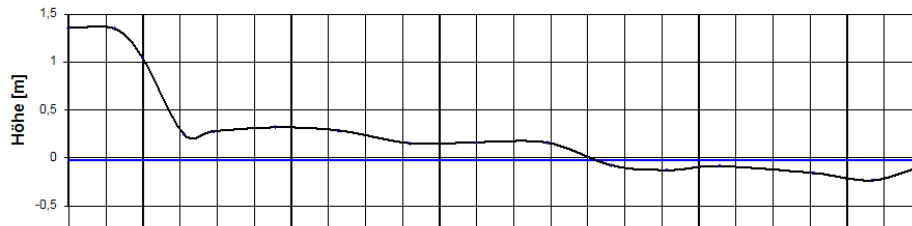
Allen Vegetationsaufnahmen liegen die in Abb. 2 angegebenen Häufigkeitsklassen zu Grunde. Beiden Transekten ist gemeinsam, dass sie an verhältnismäßig flachen Uferabschnitten mit Gefällen von weniger als 8 % liegen.

Das Transekt in Abb.3 verläuft von der Uferstraße bei Lchaschen aus einen kleinen Abhang zum Seeufer hinunter und weiter bis ins Wasser. Es liegt in einem Pappelwald, der durch die Seespiegelanhebung der vergangenen Jahre teilweise überflutet ist. Die Bäume wurden in der Artenliste nur dann erwähnt, wenn ein Stamm in einem der untersuchten Quadratmeter stand. Dabei wurden Häufigkeitszahlen von 1 oder 2 angegeben, je nach Bodendeckung durch den Stamm im jeweiligen Quadrat. Das gesamte Gebiet ist sehr feucht und schattig, die

Bodenoberfläche besteht aus einer bis zu ca. 0,3 m dicken Humusschicht. Darunter befindet sich sehr feines Sandsediment. Im Wasserbereich liegt auf der Humusschicht noch eine sich langsam zersetzende Laubschicht. Das Gefälle ist sehr gering, wenn man von den ersten Metern absieht, so dass praktisch das gesamte Transekt vom Seewasser beeinflusst wird. Die Beweidung mit Rindern am Ufer ist hier gering und findet nur in unregelmäßigen Abständen statt. Die Vegetationsdeckung ist, abgesehen vom ersten Quadratmeter, der noch direkt an der Straße liegt, im gesamten Transekt sehr hoch. Im terrestrischen Bereich beträgt die Deckung in der Regel über 60 %, ab dem achten Transektmeter sogar stets 90 % oder mehr. Auffällig ist, dass viele Pflanzen nur vereinzelt zu finden sind, allein *Poa pratensis* konnte im terrestrischen Bereich kontinuierlich mit Häufigkeitsstufen von 2-3 nachgewiesen werden. Die Länge des dargestellten Wasserbereichs beträgt 17 m, trotzdem ist die tiefste Stelle darin nur 0,23 m tief. Im selben Monat ein Jahr zuvor war der Wasserspiegel noch um 0,43 m tiefer als bei der Aufnahme, was bedeutet, dass der gesamte aufgenommene Wasserbereich damals noch nicht überschwemmt war. In diesen erst kürzlich überschwemmten Bereichen konnten nur *C. demersum* und *Lemna minor* aber keine sessil wurzelnden Wasserpflanzen gefunden werden.

Das Transekt im nördlichen Bereich des Untersuchungsgebietes Tsovazard (Abb. 4) ist südexponiert und mit einem Gefälle von ca. 5 % ebenfalls sehr flach. In den oberen Metern ist der Untergrund sehr trocken, zum Teil steinig und felsig, in den unteren Metern wird das sandige, kalkige Bodensubstrat feuchter, eine dünne Humusschicht tritt auf und die Vegetationsdeckung nimmt zu. In den oberen trockenen Metern überwiegen Ödland- und an Trockenheit angepasste Pflanzen wie *Eragrostis minor*, *Polygonum aviculare* und *Astragalus incertus*. *Anisantha tectorum* kommt in den ersten 15 m konstant vor, obwohl die Deckung insgesamt niedrig ist. Der Übergang vom Land zum Wasser erfolgt abrupt, da sich an der Wasserkante ein kleiner Absatz befindet. Es existiert damit keine Zone, die durch die Wasserspiegelanhebung erst kürzlich überschwemmt wurde. Deshalb gab es auch durch den Wasseranstieg im Vorjahr im Gegensatz zum Transekt in Lchashen keine nennenswerten Überflutungen im Gebiet um das Transekt. Der Übergang von der terrestrischen Flora auf die aquatische ist deshalb deutlich abrupter als im Untersuchungsgebiet Lchashen. Allerdings ist der Seespiegel in den letzten zwei Jahren um 0,73 m angestiegen. Das heißt von 2005-2007 hat sich die Uferlinie um ca. 4 m landeinwärts verschoben und die Wasserpflanzen, die in einer Tiefe von weniger als 0,73 m wachsen, haben sich in den vergangenen 2 Jahren hier neu angesiedelt. Im Einzelnen sind dies folgende Arten: *Z. palustris*, *R. circinatus*, *M. spicatum*, *P. pectinatus* und *C. cf. vulgaris*.

Uferprofil Lchashen



Strecke [m]	0-1	2-3	4-5	6-7	8-9	10-11	12-13	14-15	16-17	18-19	20-21	22-23	24-25	26-27	28-29	30-31	32-33	34-35	36-37	38-39	40-41	42-43	44-45	
Gesamtdeckung [%]	0	70	60	40	100	100	90	90	100	100	90	100	100	100	80	40	40	90	30	20	40	30	25	
Pflanzenart																								
1 <i>Arctium spec.</i>		█																						
2 <i>Capsella bursa-pastoris</i>		█																						
3 <i>Arenaria spec.</i>			█	█																				
4 <i>Cirsium arvense</i>			█	█																				
5 <i>Alliaria petiolata</i>				█	█																			
6 <i>Anchusa arvensis</i>				█	█																			
7 <i>Campanula rapunculoides</i>					█	█																		
8 <i>Cardaria draba</i>						█	█	█	█															
9 <i>Anthriscus cf. sylvestris</i>								█	█	█	█	█												
10 <i>Myosotis cf. sylvatica</i>												█	█											
11 <i>Achillea millefolium</i>												█	█											
12 <i>Sisymbrium spec.</i>		█											█	█										
13 <i>Medicago spec.</i>				█	█							█	█	█										
14 <i>Galium aparine</i>				█	█		█	█					█	█										
15 <i>Vicia spec.</i>														█	█									
16 <i>Geum urbanum</i>														█	█									
17 <i>Cerastium spec.</i>														█	█									
18 <i>Plantago major</i>		█	█											█	█									
19 <i>Stellaria media</i>		█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█									
20 <i>Artemisia spec.</i>		█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█									
21 <i>Galium mollugo</i>			█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█									
22 <i>Urtica dioica</i>			█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█									
23 <i>Trifolium repens</i>						█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
24 <i>Potentilla anserina</i>								█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
25 <i>Populus nigra</i>				█	█												█	█						
26 <i>Poa pratensis</i>		█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
27 <i>Valeriana officinalis</i>												█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
28 <i>Ranunculus brachylobus</i>													█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
29 <i>Taraxacum spec.</i>		█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
30 <i>Bolboschoenus maritimus</i>														█	█				█	█	█	█	█	█
31 <i>Carex muricata</i>														█	█				█	█	█	█	█	█
32 <i>Lemna minor</i>																█	█	█	█	█	█	█	█	█
33 <i>Alopecurus arvensis</i>									█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
34 <i>Ceratophyllum demersum</i>																					█	█	█	█

Abb. 3: Uferprofil im Transekt Lchashen mit den vorkommenden Pflanzenarten

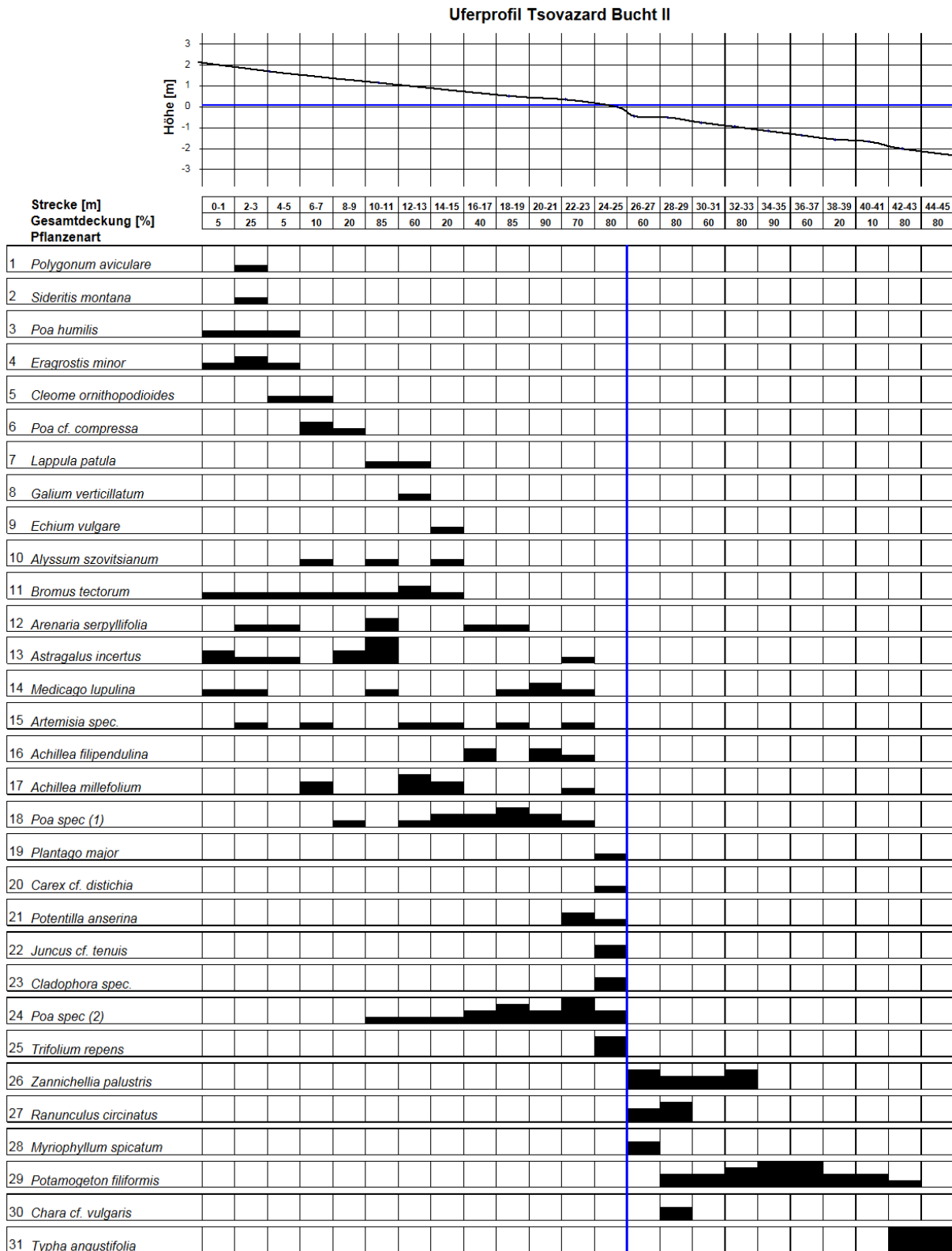


Abb. 4: Uferprofil im Transekt Tsovazard mit den vorkommenden Pflanzenarten

3.4 Vegetationskarten

Die in Abb. 5 und Abb. 6 dargestellten Vegetationskarten zeigen eine Übersicht über die Vegetationstypen und ihre räumliche Verteilung in den Untersuchungsgebieten. Obwohl die Maßstäbe mit 1:6000 (Tsovazard) und 1:7000 (Lchashen) so groß gewählt wurden, dass auch Patches von weniger als 20 m Länge noch aufgelöst werden können, mussten für eine übersichtliche Darstellung Generalisierungen vorgenommen werden.

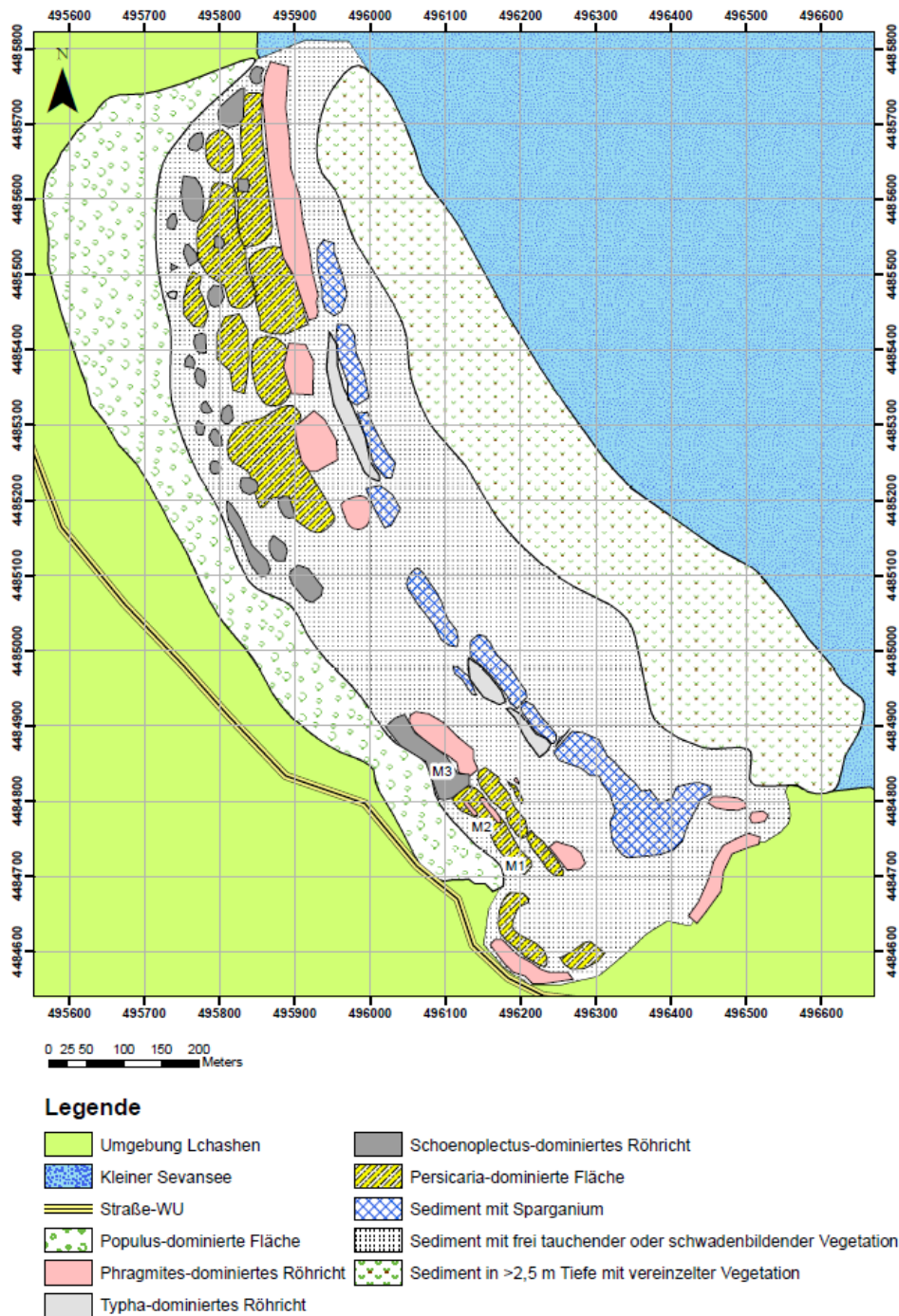


Abb. 5: Vegetationskarte des Gebiets Lchashen

Deshalb wurden kleinräumig wachsende Pflanzen oder Pflanzen die nur vereinzelt oder mit sehr geringer Deckung vorkamen, in Vegetationstypen zusammengefasst und als solche in den Karten dargestellt. Pflanzenarten, die großräumiger vorkamen oder emerse Arten, die sich von anderen Beständen leicht abgrenzen ließen, wurden als eigene Gruppe abgebildet und in der Legende als Patch-dominierende Art vermerkt.

Das Untersuchungsgebiet bei Lchashen (Abb. 5) besitzt eine Fläche von 60,42 ha. Der Hauptteil von 76,5 % wird dabei von submerser Vegetation eingenommen. Patches mit dicht stehenden Röhrichtarten nehmen nur knapp 3 % der Fläche ein. Die Bestände in denen Röhrichtarten in geringer Menge und mit lichter Deckung wachsen sind den submersen Vegetationstypen zugerechnet. Patches mit dichtem Bewuchs von *P. amphibia* machen ca. 2 % aus. Der Rest der Fläche zählt zum Pappelwald. Die dargestellte Vegetation lässt folgende Zonierung der einzelnen Vegetationstypen erkennen: Der von *Populus nigra* dominierte Wald erstreckt sich bis in die ersten Meter des Sees, wo er direkt von frei tauchender oder schwaden-bildender Vegetation mit Arten wie *C. demersum* und *P. pectinatus* abgelöst wird. In dieser Zone gibt es immer wieder Stellen die frei von Vegetation sind und kleine Patches mit Sauergräsern und Binsen wie *S. tabernaemontani*. Ab einer Tiefe von ca. 1 m geht dieser Bereich langsam in eine von *P. amphibia* dominierte Zone über, wobei sich dazwischen immer wieder kleine Stellen mit *S. tabernaemontani* finden lassen. An die teilweise ausgedehnten Bestände von *P. amphibia* schließen sich die *Phragmites*- und *Typha*-dominierten Röhrichte an. *T. angustifolium* konnte dabei noch in größeren Wassertiefen von über 2 m gefunden werden, während *P. australis* seinen Schwerpunkt bis 1,3 m Wassertiefe hatte. *Sparganium angustifolium* hat seine häufigste Verbreitung in der auf *T. angustifolium* folgenden Zone, dessen durchschnittliche Tiefe bei 2,15 m liegt. In den nun folgenden tieferen Schichten des Sees nimmt die Vegetation kontinuierlich ab bis schließlich in Tiefen von >2,5 m nur noch vereinzelt *C. demersum* und *M. spicatum* gefunden werden konnten.

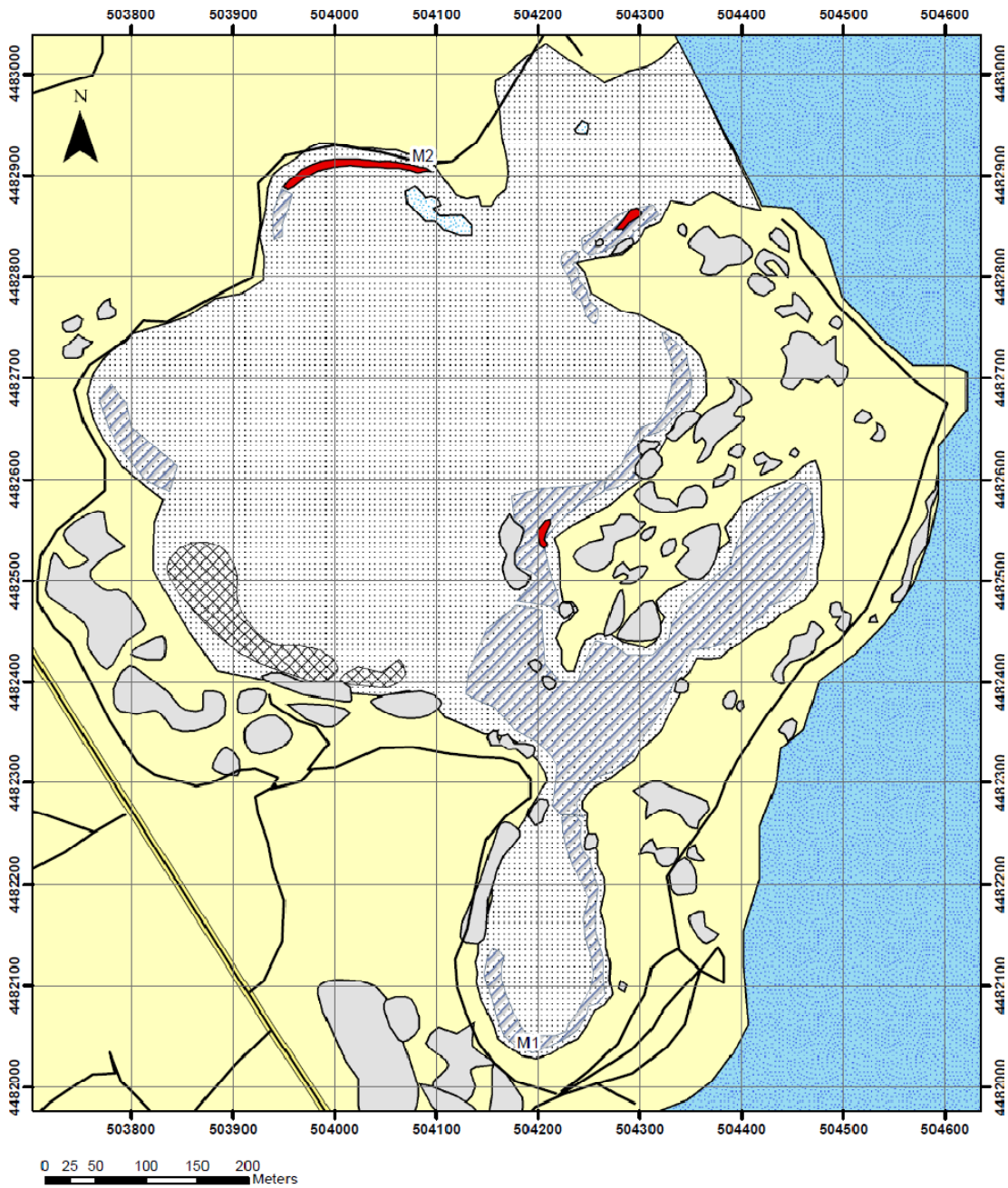


Abb. 6: Vegetationskarte des Gebiets Tsovazard

Das in Abb. 6 dargestellte Gebiet bei Tsovazard besitzt eine Fläche von 31,34 ha. Es kann aufgrund seiner Lage und der geringen Wasserverbindung zum eigentlichen Sevanssee, die auch erst in den letzten beiden Jahren entstanden ist, praktisch als eigenständiger Flachwasserssee betrachtet werden. So konnte beispielsweise hinsichtlich Temperatur und Sichttiefe eine sehr scharfe Grenze am Übergang dieses Sees zum Sevanssee festgestellt werden. Während die Wassertemperatur im Sevanssee spürbar kälter war und die Sichttiefe mehrere Meter betrug, waren die Temperaturen im dargestellten Kartiergebiet deutlich höher und die Sichttiefe betrug meist weniger als 1 m. Das Gebiet liegt wind- und wettergeschützt in einer flachen Senke und weist außer üppigem Phytoplankton- und Makrophytenbewuchs auch eine Vielzahl an Vögeln und Amphibien auf. Der Hauptteil der Fläche wird mit ca. 85 % von Sediment mit vereinzelt submerser Vegetation wie *Z. palustris* eingenommen. Den zweitgrößten Anteil machen mit ca. 10 % die *Schoenoplectus*-dominierten Röhrichte aus, zu denen auch die lichten und mit anderen Arten vermischten Bestände von *P. australis* zählen. Das Vorkommen der Röhrichte konzentriert sich auf die ufernahen und flachen Zonen des Gebiets. Große Teile dieser Bereiche werden noch von den Rindern erreicht und stehen somit unter dem Einfluss der Beweidung. Ca. 2,4 % der Fläche wird von *P. amphibia* dominiert, wobei sich das Vorkommen auf zwei Bestände am Ostufer des Gebiets beschränkt. Die Fläche, die von überschwemmten *Hippophae rhamnoides*-Büschen eingenommen wird, beträgt ca. 1 %. Den flächenmäßig geringsten Anteil machen mit ca. 0,3 % die Patches von *R. circinatus* aus, die sich alle in Tiefen zwischen 0,4 m und 1,0 m befinden. An den Stellen des Sees mit über 2 m Tiefe war es praktisch völlig dunkel und es konnten auch keine submersen Pflanzen mehr gefunden werden. Allerdings wurzelte *T. angustifolia* noch in 3,0 m Tiefe.

4. Diskussion

Am Sevanssee konnten Makrophyten in Tiefen bis 6,8 m gefunden werden, wobei in dieser Tiefe nur noch vereinzelt das freischwebende *C. dermersum* vorkam. Wurzelnde Pflanzen wurden lediglich bis in 3 m Tiefe gefunden. Die submersen Pflanzen wuchsen in einer mittleren Tiefe von 1,28 m. Das Tiefenwachstum der submersen Makrophyten hängt mit der Sichttiefe zusammen und wird umso geringer je eutropher und somit auch planktonreicher ein Gewässer ist (POTT & REMY 2000). Dies zeigt die aufgrund der starken Wassertrübung durch Algenblüten für submerse Makrophyten ungünstigen Lichtverhältnisse in der Litoralzone des Sevanssees. So kann angenommen werden, dass die ermittelten Durchschnittstiefen bzw. Tiefenverbreitungen für einige Arten nicht ihrem ökologischen Optimum entsprechen. Auch SCHMIEDER (1997) fand am Bodensee trophieabhängige Unterschiede in der Tiefenverbreitung submerser Arten. Die Tiefenverbreitung der Pflanzen in den untersuchten Gebieten am Sevanssee entspricht nach HOESCH & BUHLE (1996) mit „eutroph“ der dritten von fünf Trophiestufen. Diese Einordnung deckt sich gut mit den Makrophytenindizes der einzelnen Gebiete die mit Stufen von „erheblich“ bis „sehr stark“ belastet einen vergleichbaren Trophiegrad anzeigen.

Die Übertragbarkeit des Makrophytenindex, der von MELZER et al. (1986) an kalkreichen, nördlichen Voralpenseen in Deutschland aufgestellt wurde, auf die Verhältnisse des Seevansee ist nicht gewährleistet. Neben biogeographischen sind vor allem klimatische Unterschiede und ihre Einflüsse auf die Standortbedingungen die Ursache für eine andere Artenzusammensetzung. So fällt der hohe Anteil salztoleranter Arten im Artenspektrum des Sevansees auf, ein Hinweis auf das kontinentale Klima mit hohen „Sommertemperaturen und entsprechenden Verdunstungsraten. Trotzdem wurde eine Berechnung des Index vorgenommen, da im Sevansee einige der im Index verzeichneten Indikatorarten vorkamen. So kann zumindest ein Anhaltspunkt für die Nährstoffbelastung des Sevansees gegeben werden und Handlungsbedarf aufgezeigt werden. So zeigen die hohen Indexwerte dringenden Handlungsbedarf zur Nährstoffreduktion. Um einen weiteren Rückgang der im Vergleich zu den Verhältnissen vor der Seespiegelabsenkung ohnehin stark dezimierten Makrophytenvegetation (ANONYMOUS, 1990) zu verhindern, müssen beispielsweise Nährstoffeinträge aus Landwirtschaft und den praktisch ungeklärt in die Zuflüsse des Einzugsgebietes eingeleiteten Siedlungs- und Industrieabwässern schnellst möglich verringert werden.

Makrophyten der Uferzone werden in ihrem Wachstum und ihrem Vorkommen zudem maßgeblich von der Entwicklung des Wasserstandes während ihrer Hauptwachstumsperiode beeinflusst (DIENST et al.2004). Im Untersuchungsjahr 2007 erfolgte der schnellste Pegelanstieg in der Vegetationsperiode zwischen Ende April und Ende Mai. In dieser Zeit stieg der Wasserspiegel um über 0,3 m an. Vor allem Schilfröhrichte sind während ihrer Wachstumsphase empfindlich gegenüber Wasserstandsanstiegen, da sie unter Wasser keine Photosynthese betreiben können und bei vollständiger Überflutung der Sprosse innerhalb von zwei Wochen absterben (OSTENDORP et al. 2003). Der Seespiegelanstieg zu Beginn der Vegetationsperiode im Sevansee entspricht den natürlichen jahresperiodischen Schwankungen und ist durch die Schneeschmelze im von hohen Bergketten begrenzten Einzugsgebiet bedingt. Zu diesen natürlichen Schwankungen kam in den letzten fünf Jahren ein Anstieg des Seespiegels um durchschnittlich 0,4 m pro Jahr hinzu, wodurch besonders für die emersen Pflanzen eine weitere Belastung entstand. Einige Arten, darunter *P. australis*, *T. latifolia* sowie *S. tabernaemontani* wurden in deutlich größerer Tiefe gefunden als es für ihre Art nach SEBALD et.al. (1990, 1998) typisch wäre. Zudem ist an den seeseits der noch vorhandenen Röhrichtbestände großflächig beobachteten Stoppelfeldern erkennbar, dass vor allem die Schilfröhrichte nicht mit dem steigenden Pegel mithalten können. *T. latifolia* wächst normalerweise, wie auch *P. australis*, in Tiefen bis ca. 1 m. Im Sevansee konnte die Art noch bis in 3 m Wassertiefe nachgewiesen werden. Diese Befunde legen nahe, dass große Teile der noch vorhandenen Bestände dieser Arten sich nicht mehr in ihrem ökologischen Tiefenoptimum befinden und ein weiterer oder zu schneller Anstieg des Wasserspiegels zum erneuten Absterben großflächiger Röhrichtbestände führen wird. Dies wäre vor allem für röhrichtbrütende Vogelarten problematisch, deren

Nistmöglichkeiten und Populationen drastisch zurückgehen könnten (vgl. WOITHON & SCHMIEDER 2004).

Die Vegetationszonierung im Untersuchungsgebiet Lchashen ähnelt der allgemeinen Zonierung am natürlichen Flachufer (SCHMIDT 1996). Allerdings liegt bei Lchashen anstelle des Erlenwaldes in der Überschwemmungszone ein aufgeforsteter Pappelwald vor. Desweiteren folgt der Schilfgürtel nicht direkt dem Wald, was aber daran liegen könnte dass der Seespiegel in den letzten Jahren erhöht wurde und die Röhrichtpflanzen der Erhöhung nicht so schnell folgen konnten. Die breiteste Vegetationszone war die der Schwimm- und Tauchblattpflanzen, die sowohl seeseits als auch landseits der Röhrichtzone festgestellt wurde. Die Wasserstandsänderungen der letzten Jahre könnten auch hierfür eine Erklärung sein, vorausgesetzt die Arten der Schwimm- und Tauchblattzone konnten der Erhöhung schneller folgen als die Röhrichte und somit die neuen Lebensräume schneller besiedeln. *P. amphibia*, welche die Schwimmblattzone dominierte, bildet auch Landformen aus und kann während einer Hochwasserphase eingeschwemmte Samen auch Bereiche der Wasserwechselzone gut besiedeln, während *P. australis* sich in durch Frühjahrshochwässer geprägten Uferzonen kaum generativ ansiedeln kann und der vegetative Ausbreitung aus bestehenden Beständen enge Grenzen gesetzt sind (OSTENDORP et al. 2003).

Im Untersuchungsgebiet bei Tsovazard konnte keine typische Pflanzenzonierung festgestellt werden. Dies mag zum einen durch die geringe Größe dieses kleinen Sees bedingt sein, zum anderen aber sicherlich auch durch die starke anthropogene Beeinflussung des Ufers in der Vergangenheit sowie aktuell durch die intensive Beweidung.

Ebenso wie die Wasserpflanzen bei Wasserstandserhöhungen neuen Lebensraum gewinnen, verlieren ihn die Landpflanzen. In beiden Bereichen sind es die stenöken Arten mit einem geringen Toleranzbereich im Bezug auf Feuchtigkeit oder Wassertiefe, die unter den Wasserstandsänderungen am stärksten leiden. Im Gebiet von Lchashen werden die Landpflanzen von weiteren Wassererhöhungen stark betroffen sein, da der Uferstreifen sehr flach ist so dass beispielsweise bei einer Wassererhöhung um 0,5 m ein Landstreifen in der Breite von 23 m überflutet würde.

5. Zusammenfassung

Der Sevansee hat seit den 30er Jahren durch den künstlichen Abfluss einen Großteil seines Volumens und seiner Fläche verloren, wobei vor allem die Litoralflächen und ihre Lebensgemeinschaften stark betroffen wurden. Zusätzlich stieg der Verschmutzungsgrad des Sees durch Eintrag von Nährstoffen, Pestiziden und Schwermetallen an und die Wasserqualität des wichtigsten Süßwasserspeichers Armeniens nahm ab. In den letzten Jahren wurde der Wasserspiegel wieder um über 2 m angehoben. In der vorliegenden Arbeit wurde die Vegetation verschiedener Uferabschnitte des Sees kartiert. Hieraus wurden Vegetationskarten erstellt, die einen Überblick über das Vorkommen und die Zonierung der Vegetationstypen darstellen.

Außerdem wurde in den verschiedenen Gebieten ein Makrophytenindex zur Bestimmung des Trophiegrades errechnet. Dieser zeigt, dass alle Gebiete erheblich bis sehr stark belastet sind. Desweiteren wurden Uferprofile aufgenommen und deren Vegetation erfasst, anhand derer die Auswirkungen der Wasserstandsänderungen auf die Makrophytenvegetation beurteilt wurden. Emerse Makrophyten wie *Phragmites*- und *Typha*-Röhrichte wurden in größeren Tiefen gefunden als es ihrem bekannten ökologischen Optimum entspricht. Obwohl sie eine relativ große Toleranz hinsichtlich des erhöhten Seespiegels zeigten und bis in Tiefen von 3 m gefunden wurden, werden bei weiterem Wasserspiegelanstieg große Bestände absterben. Die noch sichtbaren großen Stoppelfelder abgestorbener Schilfröhrichte zeugen bereits von den erheblichen Auswirkungen des Seespiegelanstiegs der vergangenen Jahre. Submerse Makrophyten sind nicht auf die amphibische Zone angewiesen und reagierten deshalb weniger empfindlich auf Änderungen des Wasserstandes. Durch ihre Fähigkeit, aus Samen und Sprosstielen neue Pflanzen zu bilden waren sie zudem in der Lage, durch Überflutung neu entstandene Lebensräume bereits innerhalb weniger Monate zu besiedeln.

Die weitere Entwicklung des Sees und insbesondere der Ufervegetation hängt maßgeblich von den politischen Entscheidungen über die Wasserstandsregelungen und der Kontrolle der Nährstoffeinträge aus dem Einzugsgebiet ab. Um die ursprünglich großen Flachwasserzonen des Sevansees zurückzugewinnen und die Flächenausdehnung der in ihrer ökologischen Funktion für den gesamten See höchst wichtigen Makrophytenvegetation zu erhöhen, bedarf es neben eines weiter stetigen, aber nicht zu raschen Wasserspiegelanstieges großer Investitionen in die Reinigung der Siedlungs- und Industrieabwässer des gesamten Einzugsgebietes Siedlungen.

6. Literatur

- ANONYMOUS. (1990): Sevan Hydrobiological Station Annual Report 1990.
- DIENST, M., SCHMIEDER, K., OSTENDORP, W. (2004): Dynamik der Schilfröhrichte am Bodensee unter dem Einfluss von Wasserstandsvariationen. *Limnologica* 34: 29-36.
- FAYVUSH (2007). Unveröffentlichte Florenliste Armeniens, Agrarian State University of Yerevan.
- HOESCH, A. & BUHLE, M. (1996): Ergebnisse der Gewässerkartierung brandenburgischer Gewässer und Vergleich zum Trophiestufensystem der TGL. *Beitrag zur angewandten Gewässerökologie Norddeutschlands* 2, S. 84-101.
- KOHLER, A. (1978): Methoden der Kartierung von Flora und Vegetation von Süßwasserbiotopen. *Landschaft + Stadt*, S. 73-86.
- Ostendorp, W., Dienst, M. & K. Schmieder, (2003): Disturbance and rehabilitation of lakeside *Phragmites* reeds following an extreme flood in Lake Constance (Germany). *Hydrobiologia*, 506-509: 687-695.
- POTT, R. & REMY, D. (2000): *Gewässer des Binnenlandes*, Ulmer.

- SCHMIEDER, K. (1997): Littoral zone - GIS of Lake Constance: A useful tool in lake monitoring and autecological studies with submersed macrophytes. *Aquatic Botany* 58: 333-346.
- SEBALD, O., SEYBOLD, S & PHILIPPI, G.: Die Farn- und Blütenpflanzen Baden-Württembergs, Band 1, 4, 7, 8, Ulmer.
- WISSKIRCHEN & HAEUPLER (1998): Standardliste der Farn- und Blütenpflanzen Deutschlands, Ulmer.
- SCHMIDT, E. (1996): Ökosystem See, 5. Auflage, S.32f, Biologische Arbeitsbücher Quelle & Meyer.
- WOITHON A. & K. SCHMIEDER, (2004): Bruthabitatmodellierung für den Drosselrohrsänger (*Acrocephalus arundinaceus* L.) als Bestandteil eines integrativen Managementsystems für Seeufer. *Limnologica* 34: 132-139.

Adresse der Autoren:

Dipl. Biol. Hanna Hühnerbein
Prof. Dr. Klaus Schmieder

Universität Hohenheim
Institut für Landschafts- und Pflanzenökologie (320 A)
August-von-Hartmann Str. 3
D – 70593 Stuttgart

Tel. +49 (0)711 459 23608
Fax +49 (0)711 459 22831