



Methode zur Untersuchung und Beurteilung der Fließgewässer-Vegetation im Kanton Zürich



Herausgeber

AWEL: Amt für Abfall, Wasser Energie und Luft des Kantons Zürich, Abteilung Gewässerschutz

Bemerkungen

Kapitel 1 bis 4 wurden in Zusammenarbeit mit dem BAFU und der Eawag verfasst und von einer Arbeitsgruppe aus Fachexperten begleitet. Kapitel 1 wurde in der vorliegenden Anleitung auf die Verhältnisse im Kanton Zürich übertragen und angepasst, Kapitel 2-4 wurden praktisch unverändert übernommen. Einige Fotos wurden ersetzt und zusätzliche Skizzen zum besseren Verständnis eingefügt. Unter dem Titel „Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässer – Wasserpflanzen: Anleitung zur Probenahme“ sind Kapitel 1-4 als separate Publikation des BAFU unter www.modul-stufen-konzept.ch erhältlich.

Autoren Kapitel 1 - 4

Barbara Känel *AWEL: Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft des Kantons Zürich*
Werner Göggel *BAFU: Bundesamt für Umwelt*
Christine Weber *Eawag: Das Wasserforschungs-Institut des ETH-Bereichs*

Autoren Kapitel 5 - 7

Barbara Känel *AWEL: Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft des Kantons Zürich*
Walo Meier *AWEL: Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft des Kantons Zürich*

Begleitende Arbeitsgruppe; Kapitel 1 - 4

A. Demierre *GREN, Genf*
F. Elber *Aquaplus, Zug*
D. Küry *LifeScience, Basel*
S.D. Langhans *Eawag: Das Wasserforschungs-Institut des ETH-Bereichs*
V. Maurer *HYDRA, Büro Dr. Vinzenz Maurer, Bern*
N. Müller *Forschungsstelle für Umweltbeobachtung, Rapperswil*
J. Perfetta *Service de l'écologie de l'eau du Canton de Genève*
U. Sieber *BAFU: Bundesamt für Umwelt*
K. Wächter *Limnex, Zürich*

Fotos

AWEL: Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft des Kantons Zürich

Bezug

www.gewaesserqualitaet.zh.ch/fg_methoden

AWEL, Amt für Abfall Wasser, Energie und Luft, Abteilung Gewässerschutz

Sektion Oberflächengewässerschutz

Weinbergstrasse 17

Postfach

8090 Zürich

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	7
1.1	Umfassender Gewässerschutz	7
1.2	Makrophyten - eine Begriffsdefinition	8
1.3	Makrophyten in der Fließgewässerbewertung	8
2	Bedeutung und Gefährdung von Makrophyten	11
2.1	Ökologische Bedeutung von Makrophyten	11
2.2	Wuchsformen von Makrophyten	14
2.3	Gefährdung von Makrophyten	18
3	Ziel und Planung der Erhebung	21
3.1	Ziel der Anleitung	21
3.2	Anwendungsbereich	21
3.3	Auswahl der Untersuchungsabschnitte	21
3.4	Häufigkeit und Zeitpunkt der Probenahme	23
4	Durchführung der Erhebung	25
4.1	Allgemeines Vorgehen	25
4.2	Erfasste Taxa und Bestimmungstiefe	26
4.3	Aufnahme der Makrophytendeckung	27
4.4	Aufnahme der Standortverhältnisse	31
5	Typisierung und Bewertung der Untersuchungsabschnitte	37
5.1	Arbeitsschritte	37
5.2	Zuordnung der Untersuchungsabschnitte zu einem Vegetationstyp	38
5.2.1	Charakterisierung vegetationsarmer Bach	40
5.2.2	Charakterisierung Moosbach	42
5.2.3	Charakterisierung Helophytenbach	44
5.2.4	Charakterisierung Submersenbach	46
5.2.5	Charakterisierung Schwimmblattbach	48
5.3	Typspezifische Bewertung der Gewässerabschnitte	50
5.4	Plausibilitätsprüfung von Typisierung und Bewertung	54
5.4.1	Plausibilitätsprüfung vegetationsarmer Bach	54
5.4.2	Plausibilitätsprüfung Moosbach, Helophytenbach, Submersenbach und Schwimmblattbach	56

6	Darstellung und Interpretation der Resultate	59
6.1	Regionaler Überblick	59
6.2	Überblick über ein Gewässersystem	62
6.3	Überblick über einzelne Untersuchungsabschnitte	69

7	Vorgehen bei der Methodenentwicklung	71
7.1	Entwicklung der Typisierung	71
7.1.1	Ordnen der Vegetationsaufnahmen nach Ähnlichkeit	71
7.1.2	Identifikation der typbestimmenden Schlüsselgrößen	72
7.1.3	Diskussion Typisierung	82
7.2	Entwicklung der Bewertung	85
7.2.1	Diskussion Bewertung	87

8	Literaturverzeichnis	89
----------	-----------------------------	-----------

Anhang		91
A1	Material für die Felderhebung	91
A2	Feldprotokoll Makrophyten	92
A3	Visuelle Abschätzung der Gesamtdeckung der Makrophyten	95
A4	Zusätzliche vegetationspezifische Parameter	96
A5	Eingabemaske Typisierung und Bewertung	98
A6	Bestimmungsliteratur	100
A7	Weiterführende Links	102

Zusammenfassung

Ein ganzheitlicher Gewässerschutz bedingt eine umfassende Bewertung der Fliessgewässer. Die Erhebung des ökomorphologischen Zustandes oder die Beurteilung der Wasserqualität mittels chemischer Analytik geben direkt Auskunft über vorliegende Beeinträchtigungen in einem Fliessgewässer. Für die Funktionsfähigkeit der Fliessgewässer entscheidend ist aber letztlich nicht das Ausmass einer einzelnen Beeinträchtigung, sondern die Summe der Auswirkungen auf die Organismen im Wasser. Aus diesem Grund werden bei der umfassenden Gewässerbewertung Methoden der direkten Beurteilung mit biologischen Indikatoren, z.B. Wasserpflanzen kombiniert.

Auf der Basis von 399 Kartierungen von Wasserpflanzen im Kanton Zürich wurde eine Methode entwickelt, mit welcher die Standortgerechtigkeit und Vielfalt der Fliessgewässervegetation beurteilt werden können.

1. Erhebung im Feld: <ul style="list-style-type: none">• Aquatische Vegetation• Standortverhältnisse	Als erstes wird der Untersuchungsabschnitt kartiert. Neben verschiedenen Parametern zur Charakterisierung der Standortverhältnisse werden die Häufigkeit der fädigen Algen sowie das Vorkommen von Moosen und höheren Wasserpflanzen bestimmt.
2. Typisierung aufgrund der Schlüsselgrössen <ul style="list-style-type: none">• Gefälle• Beschattung• mittlere Wassertiefe• Abfluss• Substratzusammensetzung Vegetationstypen: <ul style="list-style-type: none">vegetationsarmer BachMoosbachHelophytenbachSubmersenbachSchwimtblattbach	In einem zweiten Schritt wird der Untersuchungsabschnitt aufgrund ausgewählter Schlüsselgrössen einem von fünf Vegetationstypen zugeordnet: vegetationsarmer Bach, Moosbach, Helophytenbach, Submersenbach, Schwimtblattbach. Die Namen der Vegetationstypen leiten sich von den unter den gegebenen Standortverhältnissen am häufigsten vertretenen Wuchsformen ab.
3. Typspezifische Bewertung der Vegetation: <ul style="list-style-type: none">• Standortgerechtigkeit• Vielfalt	Im dritten Arbeitsschritt wird der Untersuchungsabschnitt durch den Vergleich des Istzustandes mit einem Referenzzustand in eine von vier Bewertungsstufen eingeteilt. Als Beurteilungsgrössen für die Bewertung dienen die Standortgerechtigkeit und die Vielfalt der Vegetation. Für jeden Untersuchungsabschnitt werden die Standortgerechtigkeit und die Vielfalt der Vegetation separat bewertet und die Teilbewertungen zu einem Gesamtwert aggregiert.
4. Plausibilitätsprüfung mittels Checklisten	Mit Hilfe eines formalisierten Vorgehens werden die Typisierung und Bewertung des Untersuchungsabschnittes zum Schluss auf Plausibilität geprüft.

Kapitel 1 bis 4 beschreiben das Vorgehen bei der Probenahme, von der Planung bis zur Durchführung, und informieren über die ökologische Bedeutung der Fliessgewässer-Vegetation sowie deren Gefährdung. Die Anleitung zur Probenahme wurde in Zusammenarbeit mit einer begleitenden Arbeitsgruppe, bestehend aus Vertretern von BAFU, Eawag, kantonalen Fachstellen und privaten Büros, entwickelt. Aufgrund von Erhebungen an 116 Untersuchungsabschnitten aus der ganzen Schweiz wurde das Vorgehen bei der Probenahme evaluiert. Die 116 Untersuchungsabschnitte wurden anschliessend mit vier verschiedenen Methoden bewertet und die Resultate durch die Mitglieder der Arbeitsgruppe auf Plausibilität geprüft. Der Be-

wertungsansatz aus dem Kanton Zürich wurde aufgrund der berücksichtigten Parameter als am besten geeignet beurteilt, um ihn auf Schweizer Verhältnisse übertragen zu können. Kapitel 5 zeigt auf wie bei der Typisierung und Bewertung der Untersuchungsabschnitte vorgegangen und die Plausibilitätsprüfung durchgeführt werden soll. Kapitel 6 illustriert anhand detaillierter Beispiele, in welcher Form die Beurteilung der Vegetation in die periodische Berichterstattung über den Zustand der Fließgewässer im Kanton Zürich einfließt. In Kapitel 7 schliesslich wird erläutert wie bei der Entwicklung der Typisierung und Bewertung vorgegangen wurde. Die Zusammenhänge zwischen abiotischen Schlüsselgrößen und Wuchsformen werden anhand von Grafiken illustriert und die Überlegungen zur Festlegung der typspezifischen Referenzzustände und Bewertungsparameter erläutert.

1 Einleitung

1.1 Umfassender Gewässerschutz

Vielfältige Funktionen von Fließgewässern Die Bäche und Flüsse des Kantons Zürich sind Teil einer vielfältig und intensiv genutzten Landschaft. Sie sind von Siedlungen, Landwirtschaftsland und Strassen umgeben, sie werden zur Energiegewinnung gestaut, zur Sicherung gegen Hochwasser verbaut, und sie nehmen gereinigtes Abwasser aus Kläranlagen auf. Diese Nutzungen beeinflussen die vielfältigen Funktionen der Gewässer, den Lebensraum für eine reiche Tier- und Pflanzenwelt, aber auch die für den Menschen wichtige Versorgung mit Trinkwasser oder den Hochwasserrückhalt.

Ganzheitlicher Schutz von Fließgewässern Im Bundesgesetz über den Schutz der Gewässer vom 24. Januar 1991 (GSchG, SR 814.20) und in der Gewässerschutzverordnung vom 28. Oktober 1998 (GSchV, SR 814.201) ist der ganzheitliche Schutz der Gewässer festgelegt: Gewässer sollen vor nachteiligen Einwirkungen geschützt und ihre vielfältigen Funktionen als Lebensräume für Pflanzen und Tiere erhalten werden (GSchG Artikel 1^c). Die in der Gewässerschutzverordnung formulierten ökologischen Ziele für oberirdische Gewässer präzisieren dies wie folgt (GSchV Anhang 1 Ziffer 1):

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;*
- b. *eine Vielfalt und eine Häufigkeit der Arten aufweisen, die typisch sind für nicht oder nur schwach belastete Gewässer des jeweiligen Gewässertyps.*

Die Anforderungen an die Wasserqualität werden in Anhang 2 Ziffer 1 der Gewässerschutzverordnung genannt. Das Gewässerschutzgesetz beauftragt in Artikel 57 den Bund und in Artikel 58 die Kantone, Abklärungen über Gewässer vorzunehmen. Unter anderem muss überprüft werden, inwieweit die ökologischen Ziele und die Anforderungen an die Wasserqualität erreicht werden.

Ganzheitliche Untersuchung und Bewertung von Fließgewässern Während sich der Gewässerschutz früher auf die Reduktion der chemischen Belastung konzentrierte, steht heute der ganzheitliche Schutz der Gewässer als Ökosysteme im Vordergrund. Ein umfassender Schutz der Gewässer bedingt genaue Kenntnisse über ihren Zustand. Dies macht die Untersuchung nicht nur der Wasserchemie sondern auch der Gewässerstruktur, der Abflussverhältnisse sowie der Lebensgemeinschaften von Tieren, Pflanzen und Mikroorganismen nötig.

Das Modul-Stufen-Konzept Im Rahmen des Modul-Stufen-Konzepts (MSK) erarbeitet das BAFU zusammen mit der Eawag, kantonalen Fachstellen und privaten Büros Methoden, mit denen der Zustand der Fließgewässer in der Schweiz einheitlich untersucht und beurteilt werden kann. Das MSK bildet somit die Grundlage für eine ganzheitliche Untersuchung und Bewertung der Fließgewässer. Die Methoden erfassen chemisch-physikalische, hydromorphologische, biologische sowie ökotoxikologische Aspekte der Gewässerqualität.

1.2 Makrophyten - eine Begriffsdefinition

Definition Makrophyten

Als Makrophyten gelten in Anlehnung an die Europäische Norm EN 14184¹, alle Wasserpflanzen die von blossen Auge erkennbar sind. Eingeschlossen sind Gefässpflanzen, Moose und makroskopische Algen. Die aquatischen Gefässpflanzen werden in dieser Anleitung auch als höhere Wasserpflanzen bezeichnet.

1.3 Makrophyten in der Fliessgewässerbewertung

Makrophyten als Indikatoren für die Bewertung von Fliessgewässern

Makrophyten eignen sich aus verschiedenen Gründen als Indikatoren für die Fliessgewässerbewertung². Sie sind weit verbreitet und lassen sich im Feld relativ einfach kartieren und bestimmen. Aufgrund ihrer Standortkonstanz bilden sie die vorherrschenden Bedingungen im Gewässer ab, was Rückschlüsse auf örtliche Belastungen erlaubt. Viele Taxa sind mehrjährig, womit sie die Verhältnisse im Gewässer über längere Zeiträume hinweg integrieren. Das Vorkommen bzw. Fehlen von Makrophyten kann jedoch nicht in einen ähnlich engen Zusammenhang mit bestimmten Umweltfaktoren gebracht werden, wie dies beispielsweise für die Kieselalgen der Fall ist, die sich besonders für die biologische Bewertung der Wasserqualität eignen. Wie die Fische und das Makrozoobenthos geben die Makrophyten vielmehr die Gesamtheit der einwirkenden Störungen und Beeinträchtigungen wieder. Durch ihre enge Bindung an die hydraulisch-strukturellen Bedingungen im Gewässer weisen Makrophyten insbesondere auf anthropogene Beeinträchtigungen des Gewässerlebensraums hin (z.B. Verbauungen des Böschungsfusses).

Europäische Ansätze

Die Wasserrahmen-Richtlinie der EU

In der Wasserrahmen-Richtlinie (WRRL) der EU werden die Makrophyten als eines der vier biologischen Qualitätselemente behandelt, neben den Fischen, dem Makrozoobenthos und dem Phytobenthos. Die vier biologischen Qualitätselemente stehen im Zentrum der Gewässerüberwachung gemäss WRRL. Im Rahmen der überblicksweisen Überwachung („surveillance monitoring“) sollen sie regelmässig an allen Messstellen des Messnetzes erhoben werden, um langfristige Veränderungen des Gewässerzustands festzuhalten.

Die WRRL fordert die typspezifische Bewertung der biologischen Qualitätselemente, d.h. ihre aktuelle Ausprägung soll mit einer für den Gewässertyp charakteristischen naturnahen Referenzgemeinschaft verglichen werden. Die eigentlichen Bewertungsmethoden werden von den einzelnen Mitgliedsländern separat erarbeitet.

Für die Makrophyten-Bewertung existiert somit kein einheitlicher Europäischer Ansatz, sondern eine Reihe von verschiedenen WRRL-konformen Methoden (z.B. für Grossbritannien³, Deutschland⁴ oder Österreich⁵). Eine länderübergreifende Vergleichbarkeit wird mittels Interkalibrierung erreicht. Die Bewertungsmethode aus Frankreich⁶ erfüllt die Anforderungen der WRRL noch nicht und soll entsprechend angepasst werden.

Stand der Arbeiten in der Schweiz

Kantonale Aktivitäten

Für die Schweiz existiert bisher keine einheitliche Methode zur Bewertung der aquatischen Vegetation in Fliessgewässern. Makrophyten werden in der routinemässigen Fliessgewässerüberwachung der kantonalen Fachstellen kaum erfasst. Einzig in den Kantonen Zürich^{7, 8, 9} und Genf¹⁰ bestehen grössere Datensätze, die mit kantonsspezifischen Bewertungsansätzen beurteilt wurden. Auch bei den koordinierten biologischen Untersuchungen an Aare und Hochrhein wurden Makrophyten berücksichtigt¹¹. Abgesehen von diesen Arbeiten ist wenig über die aktuelle und frühere Verbreitung von Makrophyten in der Schweiz bekannt. Insbesondere fehlen Angaben zur Verbreitung von Makrophyten in vom Menschen unbeeinflussten Gewässern, was die Bewertung der aktuellen Vegetation erschwert.

Bisherige Arbeiten im Rahmen des Modul-Stufen-Konzeptes

Im Rahmen des MSK wurden vier Bewertungsansätze aus Deutschland⁴, Österreich⁵, Frankreich⁶ und der vorliegende Bewertungsansatz aus dem Kanton Zürich auf ihre Übertragbarkeit auf die Verhältnisse in der Schweiz geprüft. Dazu wurde im Spätsommer 2007 die Fliessgewässer-Vegetation an 116 ausgewählten Gewässerabschnitten der Schweiz mittels einer standardisierten Probenahmeanleitung kartiert. Anschliessend wurden die Gewässerabschnitte mit den verschiedenen Methoden bewertet und die Resultate der Bewertung miteinander verglichen¹². An einem Expertenworkshop im Mai 2008 wurden die Resultate des Methodenvergleichs diskutiert. Der Bewertungsansatz aus dem Kanton Zürich wurde aufgrund der berücksichtigten Parameter als am besten geeignet beurteilt, um ihn auf Schweizer Verhältnisse übertragen zu können.

Makrophytenbewertung im Kanton Zürich

Im Jahr 2000 wurde mit der routinemässigen Erfassung der Fliessgewässer-Vegetation an den Fliessgewässern des Kantons Zürich begonnen. Basierend auf ursprünglich 220 Datensätzen wurde eine Methode zur Beurteilung der Standortgerechtigkeit und Vielfalt der Vegetation entwickelt. Bis Ende 2009 wurden insgesamt 477 Gewässerabschnitte im Kanton Zürich untersucht und bewertet und die Methode basierend auf der grösseren Datenbasis überarbeitet. Die vorliegende Anleitung beschreibt das Vorgehen bei der Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässer-Vegetation im Kanton Zürich.

2 Bedeutung und Gefährdung von Makrophyten

2.1 Ökologische Bedeutung von Makrophyten

Wechselwirkung zwischen Makrophyten und Umwelt Wasserpflanzen sind ein wichtiger Bestandteil vieler Bäche und Flüsse und übernehmen eine Vielzahl von Funktionen in Fliessgewässer-Ökosystemen. Vorkommen und Verbreitung von Makrophyten sind von den chemisch-physikalischen und morphologischen Verhältnissen im Fliessgewässer abhängig, von Strömung und Substrat, Lichtverhältnissen und Wassertiefe, der Temperatur und der Verfügbarkeit von Nährstoffen. Makrophyten beeinflussen aber auch ihrerseits die abiotischen Bedingungen in ihrem Lebensraum und die aquatischen Lebensgemeinschaften. Im Folgenden werden die Wechselwirkungen zwischen Makrophyten und ihrer abiotischen und biotischen Umwelt kurz erläutert.

Lichtverhältnisse

Beschattung als Schlüsselgrösse Sonnenlicht ist als Energiequelle für das Pflanzenwachstum essentiell und bestimmt als zentraler Faktor das Vorkommen und die Verbreitung der Makrophyten. Die Lichtverhältnisse in einem Gewässer sind von der Ufervegetation, der Wassertiefe und von im Wasser gelösten und suspendierten Stoffen abhängig. In stark beschatteten Waldbächen kommen Makrophyten – mit Ausnahme von Moosen und Algen – kaum vor. Mit zunehmender Wassertiefe wird das Licht abgeschwächt, so dass Wasserpflanzen in tieferen Flüssen nur auf Uferbereich und Flachwasserzonen beschränkt sind. Im Wasser suspendierte Partikel vermindern ebenfalls das für Makrophyten verfügbare Licht. In watbaren Fliessgewässern, für welche diese Anleitung konzipiert ist, hat die Beschattung durch die Ufervegetation die grössten Auswirkungen auf die Lichtverhältnisse. Zudem beeinflussen die unterschiedlichen Lichtbedürfnisse verschiedener Arten ihrerseits die Zusammensetzung der Makrophytengemeinschaft.

Strömung

Fliessgeschwindigkeit beeinflusst Verbreitung und Artenzusammensetzung Die mechanische Belastung durch das fliessende Wasser selber sowie durch mitgeführte Feststoffe limitiert Wachstum und Verbreitung von Wasserpflanzen in Fliessgewässern. Bei Fliessgeschwindigkeiten über 1 m/s sind höhere Wasserpflanzen selten, das Vorkommen von Makrophyten in solch schnell fliessenden Gewässern beschränkt sich in der Regel auf Algen und Moose. Verschiedene Arten von Wasserpflanzen unterscheiden sich in ihrer Toleranz gegenüber mechanischer Belastung durch höhere Fliessgeschwindigkeiten. Daher beeinflussen die Strömungsverhältnisse auch die Zusammensetzung der Makrophytengesellschaften an einem Standort.

Makrophyten verändern Strömungsverhältnisse Makrophyten können ihrerseits die Strömungsverhältnisse in einem Gewässer verändern. Wo Wasserpflanzen ausgedehnte Bestände oder Polster bilden, reduziert sich innerhalb des Pflanzenbestandes die Fliessgeschwindigkeit. In den strömungsberuhigten Zonen innerhalb von Makrophytenbeständen können sich im Wasser transportierte Feststoffe ablagern, was zu Ansammlungen von Feinsedimenten

führt. Zwischen dichten Pflanzenbeständen bilden sich Kanäle, in denen die Strömungsgeschwindigkeit im Vergleich zur Strömungsgeschwindigkeit innerhalb der Makrophytenbestände erhöht ist. Dies kann lokale Erosionserscheinungen im Gewässerbett hervorrufen. Stark wuchernde Pflanzenbestände können zudem die Abflusskapazität eines Gerinnes reduzieren. Hochwasserschutz ist denn auch der Hauptgrund für das Entfernen von Makrophyten aus besonders gefährdeten Gewässerabschnitten.

Substrat

Struktur und Stabilität des Substrats beeinflussen Verbreitung und Artenzusammensetzung

Die Zusammensetzung des Substrats beeinflusst das Artenspektrum und die Verteilung von Makrophyten in einem Fließgewässer. Während viele höhere Wasserpflanzen im Sediment wurzeln, haften Moose eher auf der Oberfläche von geeignetem Substrat, z.B. auf Steinen, die auch bei erhöhtem Abfluss nicht bewegt werden. Die Korngrößenverteilung und Stabilität des Substrats stehen in einem engen Zusammenhang mit der Strömung bzw. dem Abflussregime sowie der Geologie des Einzugsgebiets. Das Vorkommen von Wasserpflanzen kann die Zusammensetzung des Sedimentes verändern, indem sich in dichten Makrophytenbeständen Feinsedimente ansammeln. Nach Ende der Vegetationsperiode und dem Absterben der Makrophyten können die akkumulierten Feinsedimente wieder mobilisiert werden.

Wasserchemie

Makrophyten im Nährstoffkreislauf

Makrophyten sind wichtige Primärproduzenten im Gewässer, sie bilden in wenigen Monaten eine grosse Biomasse und binden dabei bedeutende Mengen an Nährstoffen. Damit leisten sie einen wesentlichen Beitrag zur Selbstreinigungskapazität eines Gewässers. Im Herbst werden die Nährstoffe mit dem Absterben und dem Abbau eines Grossteils der Makrophyten wieder freigesetzt.

Durch Photosynthese und Respiration produzieren und konsumieren Makrophyten Sauerstoff, was zu täglichen Sauerstoffschwankungen im Gewässer führt. Durch die Photosynthese werden dem Wasser CO_2 und Hydrogencarbonat (HCO_3^-) entzogen, wodurch der pH-Wert steigt. Besonders in Gewässern mit dichten Makrophytenbeständen besteht im Sommer bei hoher Sonneneinstrahlung, hohen Temperaturen und entsprechend hoher Photosyntheserate die Gefahr, dass der pH-Wert über 9 steigt. In mit Ammonium belasteten Gewässern verschiebt sich dadurch das Ammonium/Ammoniak-Gleichgewicht zugunsten des fischtoxischen Ammoniaks. In sehr langsam fließenden Gewässern mit dichter Fließgewässer-Vegetation kann die Respiration der Makrophyten in Kombination mit dem mikrobiellen Abbau organischen Materials zu einer kritischen Erniedrigung des Sauerstoffgehaltes während der Nacht führen.

Einfluss des Nährstoffangebots

Die Verfügbarkeit der Nährstoffe ist in der Regel in Fließgewässern nicht der limitierende Faktor für das Wachstum von Makrophyten, da die Nährstoffe mit dem fließenden Wasser ständig nachgeliefert werden. Zudem scheint bei Konzentratio-

nen ab 1 mg NO₃-N/l bzw. 30 µg PO₄-P/l (bioverfügbarer Phosphor, Orthophosphat) das Wachstum nicht durch Nährstoffe limitiert zu sein. Diese Werte werden in den Gewässern des Schweizer Mittellandes, in denen Makrophyten verbreitet sind, in der Regel erreicht. Makrophyten können die benötigten Nährstoffe sowohl über die Blätter aus dem Wasser wie auch über die Wurzeln aus dem Sediment aufnehmen. Dies hat zur Folge, dass häufig kein Zusammenhang zwischen Nährstoffgehalt im Wasser und Häufigkeit resp. Artenzusammensetzung von Makrophyten festgestellt werden kann.

Biotische Faktoren

Bedeutung der Makrophyten im aquatischen Lebensraum

Makrophyten beeinflussen biotische Prozesse in Fließgewässern und deren Lebensgemeinschaften auf vielfältige Art und Weise: Als Primärproduzenten sind sie ein wichtiger Teil der aquatischen Nahrungskette. Zudem erhöhen sie die Strukturvielfalt im Gewässer. Algen, Bakterien, Pilze und Protozoen nutzen Makrophyten als Substrat und Nährstofflieferanten. Den Invertebraten dienen Wasserpflanzen als Substrat sowie als Schutz vor starker Strömung und vor Räubern. Makrophyten werden als Substrat zur Eibablage genutzt und schaffen Strukturen, die den Übergang zwischen dem Wasser und der Luft ermöglichen. Zudem bieten sie den Invertebraten Nahrung in verschiedener Form: Weider profitieren von Epiphyten, Zerkleinerer nutzen abgestorbene Pflanzenteile und Sammler profitieren von den Feinpartikeln in den Pflanzenmatten. Der direkte Konsum von lebenden Makrophyten kommt ebenfalls vor, ist aber eher von untergeordneter Bedeutung. Die Häufigkeit und Diversität von Makroinvertebraten ist in pflanzenreichen Flussabschnitten vielfach höher als in pflanzenfreien. Auch Fische nutzen den Pflanzenbewuchs als Deckung, Rückzugsgebiete vor starker Strömung oder Kinderstube und profitieren vom verbesserten Nahrungsangebot dank der höheren Invertebratendichte.

Konkurrenz zwischen Pflanzenarten

Vorkommen und Verbreitung von Makrophyten sind ferner von der Konkurrenz der verschiedenen Pflanzenarten abhängig. Anthropogene Einflüsse verändern nicht nur die chemisch-physikalischen Faktoren oder die morphologischen Gegebenheiten in einem Gewässer. Durch das Einschleppen florenfremder Arten wird auch die Konkurrenzsituation verändert (z.B. *Elodea nuttallii*, Nuttalls Wasserpest).

2.2 Wuchsformen von Makrophyten

Definition Wuchsform

Unter Wuchsform versteht man morphologisch klar abgrenzbare Gruppen von Wasserpflanzen. Die Lebensbedingungen im Fließgewässer werden durch vielfältige Wechselwirkungen zwischen abiotischen und biotischen Faktoren geprägt. Die Makrophyten haben darauf mit morphologischen Anpassungen reagiert. So besteht laut Literatur ein Zusammenhang zwischen der Wuchsform und den ökologischen Ansprüchen einer Art¹³. Das Spektrum an Wuchsformen lässt entsprechend Rückschlüsse auf die vorherrschenden Bedingungen in einem Gewässer zu.

Unterscheidung von sechs Wuchsformen

Für die Einteilung in Wuchsformen existieren verschiedene Klassifizierungen mit teilweise sehr feinen Aufgliederungen¹⁴. In der vorliegenden Anleitung beschränken wir uns auf die Unterscheidung von sechs Wuchsformen (Tab. 1).

Tab. 1: Wuchsformen, die in der vorliegenden Anleitung unterschieden werden.

Taxagruppe	Wuchsform
Gefässpflanzen	<ul style="list-style-type: none"> • Submerse • Schwimmblattpflanzen • Helophyten
Moose	<ul style="list-style-type: none"> • Moose
Algen*	<ul style="list-style-type: none"> • Armleuchteralgen • Fädige Algen

Jedes Taxon ist einer Wuchsform zugewiesen, d.h. die aktuelle Erscheinungsform im Feld bleibt unberücksichtigt. Die Einteilung der Taxa in die Wuchsformen findet sich in der Taxaliste auf der MSK-Homepage (www.modul-stufen-konzept.ch). Eine Ausnahme bilden die folgenden Taxa, die je nach Standortverhältnissen in einer submersen oder helophytischen Form wachsen können¹⁵. Ihre Wuchsform muss entsprechend im Feld spezifisch notiert werden:

- *Alisma* sp.
- *Butomus* sp.
- *Sagittaria* sp.
- *Scirpus* sp.
- *Sparganium* sp.

* Wird eine Bewertung anhand der Französischen Bewertungsmethode angestrebt (IBMR), so müssen alle vorkommenden Algentaxa berücksichtigt werden.

Wuchsform „Submerse“

Als Submerse werden flutende Gefäßpflanzen bezeichnet, die im Sediment wurzeln und gänzlich untergetaucht im Wasser wachsen. Sie entwickeln keine speziell ausgebildeten Blätter an der Wasseroberfläche, können aber Blütenstände oberhalb der Wasseroberfläche bilden. Es ist zu beachten, dass vereinzelte Taxa je nach Bedingungen im Gewässer entweder in einer rein submersen oder helophytischen Form wachsen können¹⁵.



Abb. 1: Submerse Wasserpflanzen wie *Ranunculus fluitans* (links), *Myriophyllum spicatum* (Mitte) und *Groenlandia densa* (rechts).

**Wuchsform
„Schwimblattpflanzen“**

Als Schwimblattpflanzen werden flutende Gefäßpflanzen bezeichnet, die im Sediment wurzeln und an der Wasseroberfläche Schwimblätter ausbilden. Untergetauchte Blätter können vorhanden sein und unterscheiden sich in ihrer Form von den Schwimblättern.



Abb. 2: Schwimblattpflanzen wie *Nuphar lutea* (links) und *Potamogeton natans* (rechts).

Wuchsform „Helophyten“ Als „Helophyten“ gelten alle aufrecht stehenden Gefäßpflanzen, die im Sediment wurzeln und deren Stängel, Blätter und Blütenstände sich über die Wasseroberfläche erheben. Es ist zu beachten, dass vereinzelte Taxa je nach Bedingungen im Gewässer entweder in einer rein submersen oder helophytischen Form wachsen können¹⁵.



Abb. 3: Helophyten wie *Nasturtium officinale* (links) und *Sparganium erectum* (rechts).

Wuchsform „Moose“ Zur Wuchsform „Moose“ werden alle Moostaxa gezählt.



Abb. 4: Moose wie *Fontinalis antipyretica* (links) und *Rhynchosstegium riparioides* (rechts).

Wuchsform
„Armleuchteralgen“

Alle Taxa der Armleuchteralgen (Charophyta) werden zur Wuchsform „Armleuchteralgen“ gezählt.



Abb. 5: Armleuchteralgen wie *Nitella mucronata* (Foto: Jean Perfetta).

Wuchsform „Fädige Algen“

Alle fädigen Algen werden zur Wuchsform „Fädige Algen“ gezählt.



Abb. 6: Fädige Algen wie *Cladophora* sp. (links oben), *Spirogyra* sp. (rechts oben) oder *Vaucheria* (unten).

2.3 Gefährdung von Makrophyten

Gefährdung aquatischer Gefässpflanzen

64 % der aquatischen Gefässpflanzenarten der Schweiz sind in ihrem Vorkommen gefährdet und in der Roten Liste der gefährdeten Farn- und Blütenpflanzen der Schweiz¹⁶ aufgeführt. Damit ist der Anteil an gefährdeten Arten deutlich höher als in anderen ökologischen Gruppen (Abb. 7). Es sind kaum geographische Unterschiede zwischen den verschiedenen Regionen der Schweiz festzustellen. Die starke Gefährdung der aquatischen Gefässpflanzen dürfte hauptsächlich auf den Verlust des natürlichen Lebensraums zurückzuführen sein, der mit dem weitgehenden Verbau, der Begradigung und der Korrektur der Schweizer Fließgewässer in den vergangenen Jahrzehnten einherging. In besonderem Masse trifft dies für die Gewässer des Flachlandes zu, wo viele höhere Wasserpflanzenarten ihren Verbreitungsschwerpunkt haben. Die Rote Liste der Gefässpflanzen wird regelmässig revidiert und aktualisiert. Die Datenbasis dazu unterhält das Zentrum des Datenverbundnetzes der Schweizer Flora (ZDSF/ CRSF) in Chambésy bei Genf. Fundmeldungen können mit einem elektronischen Fundmeldeformular direkt via Internet übermittelt werden (<http://www.crsf.ch/>).

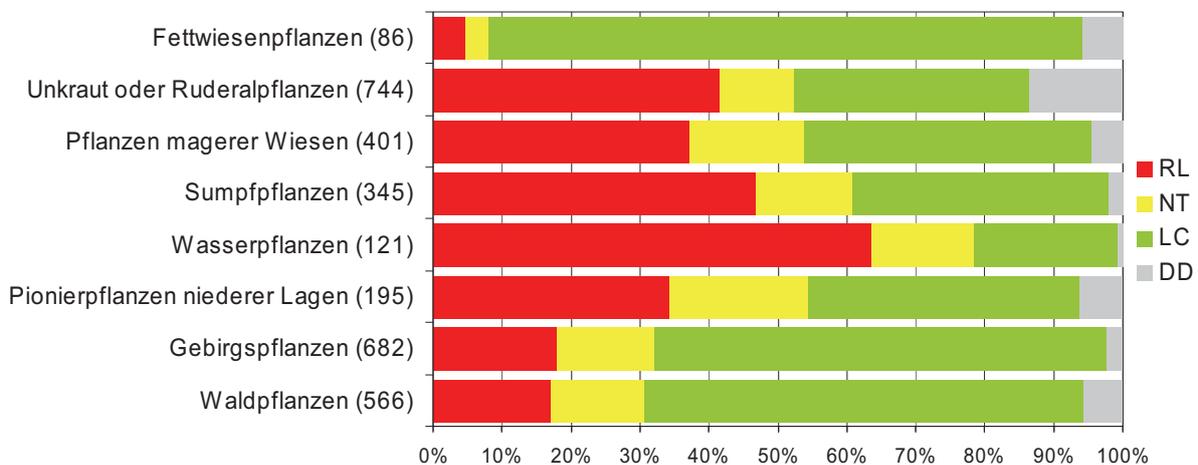


Abb. 7: Verteilung der Kategorien der Roten Liste auf die ökologischen Gruppen der Gefässpflanzen¹⁶. Die Zahlen in den Klammern geben die Anzahl berücksichtigter Taxa an.

DD = ungenügende Datengrundlage (data deficient).

LC = nicht gefährdet (least concern).

NT = potentiell gefährdet (near threatened).

RL = Arten der Roten Liste (red list).

Gefährdung aquatischer Moose

38.1 % der 1093 in der Schweiz nachgewiesenen Moostaxa (Horn-, Leber- und Laubmoose) sind in ihrem Vorkommen gefährdet und in der Roten Liste der gefährdeten Moose der Schweiz¹⁷ aufgeführt. 98 Arten konnten aufgrund ungenügender Datengrundlage nicht eingestuft werden. Der Anteil gefährdeter Arten ist je nach Habitatsklasse unterschiedlich (Abb. 8): Trockenrasen und offenerdige Flächen wie Äcker weisen den grössten Anteil gefährdeter Arten auf (71 % resp. 49 %) in Nassstandorten ist er dagegen vergleichsweise gering (33 %). Zu den Nassstandorten zählen neben den Mooren auch die Fliessgewässer. Aquatische Moose werden in der Roten Liste nicht explizit unterschieden. Der Gefährdungsgrad der einzelnen Taxa lässt sich aber der Tabelle im Anhang zur Roten Liste entnehmen. Das Datenzentrum Moose Schweiz nimmt gerne Belege für die Erfassung im Nationalen Inventar der Schweizer Moosflora entgegen (<http://www.nism.uzh.ch>).

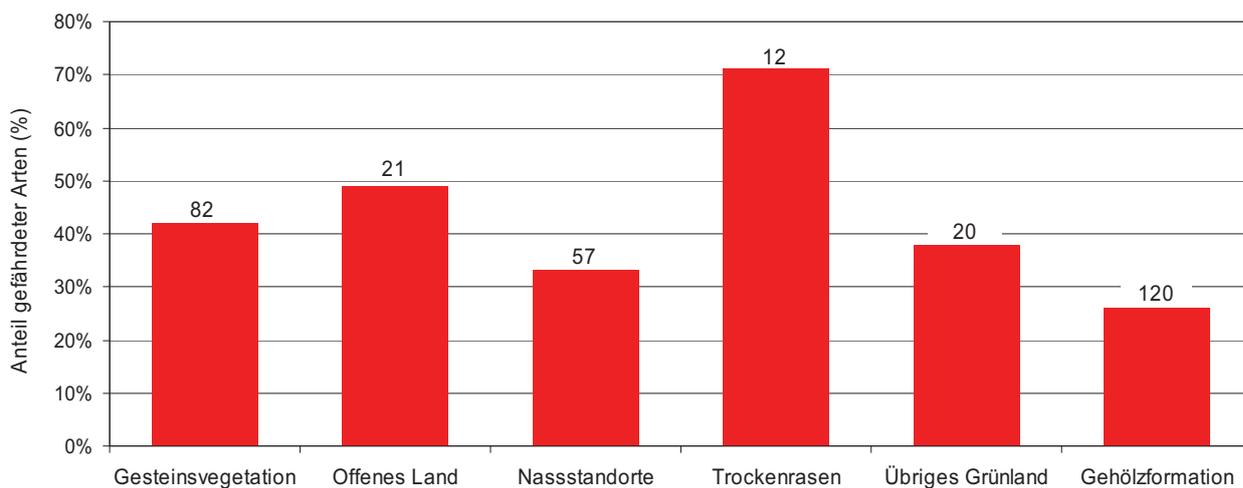


Abb. 8: Prozentualer Anteil gefährdeter Moosarten in verschiedenen Habitatsklassen¹⁷. Die Ziffern über den Balken geben die Anzahl betroffener Arten an.

Gefährdung aquatischer Algen

Über die Gefährdung der (aquatischen) Algen ist in der Schweiz bisher wenig bekannt. Im Auftrag des BAFU läuft zurzeit die Erarbeitung einer Roten Liste der Armleuchteralgen (Charophyta), die bis Herbst 2010 abgeschlossen werden soll. Fundmeldungen jeglicher Algentaxa nimmt das ZDSF/ CRSF gerne entgegen (<http://www.crsf.ch/>). Damit kann die Datenbasis kontinuierlich erweitert und verbessert werden.

3 Ziel und Planung der Erhebung

3.1 Ziel der Anleitung

Standardisierte Erhebung und Beurteilung

Mit der vorliegenden Anleitung lassen sich Makrophytengemeinschaften in Fließgewässern standardisiert beproben und bewerten. Damit wird gewährleistet, dass zukünftige Erhebungen einheitlich durchgeführt und Untersuchungsstellen nach denselben Kriterien beurteilt werden. Resultate aus verschiedenen Untersuchungen werden somit vergleichbar.

3.2 Anwendungsbereich

Fokus auf watbare Gewässer

Die Anleitung beschreibt die Untersuchung von aquatischen Makrophyten in kleinen bis mittelgrossen Fließgewässern des Mittellandes. Voraussetzung für die Anwendung ist die Begehbarkeit der Fließgewässer mit Wathosen. Nicht oder nicht vollständig watbare Gewässer können gemäss Anleitung untersucht werden, sofern das Gewässer so klar und nur so breit ist, dass die Wasserpflanzen vom Ufer aus bestimmt und bei Bedarf Pflanzenproben entnommen werden können, z.B. mit einem Rechen.

Anwendbarkeit an besonderen Gewässerstandorten

Fließgewässer mit langsam fließendem oder stehendem Wasser, wie Altarme, Seeausflüsse, Staustrecken oder langsam fließende Gräben, können gemäss dieser Anleitung untersucht werden. Die Anleitung eignet sich jedoch nicht zur Erfassung der Vegetation stehender Gewässer wie Seen, Teiche oder Tümpel. Auch Quellen oder Quellfluren, Ried- oder Sumpfwiesen, Moore oder andere vernässte terrestrische Standorte lassen sich gemäss dieser Anleitung nicht erheben.

3.3 Auswahl der Untersuchungsabschnitte

Fragestellung bestimmt Wahl der Abschnitte

Die vorliegende Anleitung umfasst alle Parameter, die für eine umfassende Beschreibung und Bewertung der Makrophytengemeinschaft relevant sind. Sie eignet sich somit zur Bearbeitung von Fragestellungen mit unterschiedlichem räumlichen Schwerpunkt oder Bearbeitungsintensität. Die Wahl der Untersuchungsabschnitte ist dabei wesentlich von der Zielsetzung der Untersuchung abhängig. Je nach räumlicher Verteilung und Dichte der Untersuchungsstellen entsprechen die Untersuchungen eher einer flächendeckenden Übersicht entsprechend Stufe F (flächendeckend) oder einer systembezogenen detaillierteren Auswertung entsprechend Stufe S (systembezogen) des Modul-Stufen-Konzepts.

Regionaler Überblick

Übersicht über ein grösseres Gebiet

Für einen Überblick über die Verbreitung und Häufigkeit von Makrophyten in einem grösseren Gebiet, z.B. in einem Kanton, genügt eine begrenzte Anzahl von Untersuchungsabschnitten pro Fläche bzw. Gewässerlänge. Diese sollten alle vorkommenden Fliessgewässertypen abdecken und möglichst gleichmässig über das ganze Gebiet verteilt sein. Da auch an schnell fliessenden oder stark beschatteten Gewässern, die in der Regel keine aquatischen Gefässpflanzen aufweisen, Moose und Algen vorkommen können, sind diese ebenfalls zu berücksichtigen. Bei der Wahl der Untersuchungsabschnitte ist darauf zu achten, dass neben beeinträchtigten (morphologische, chemische oder andere Beeinträchtigungen) auch anthropogen möglichst unbeeinflusste Gewässerabschnitte untersucht werden. Falls bereits aus anderen Untersuchungen Daten über das Vorkommen von Makrophyten vorliegen (z.B. aus Erhebungen mit dem Modul Äusserer Aspekt¹⁸), können diese bei der Auswahl der Untersuchungsabschnitte berücksichtigt werden.

Detaillierte Untersuchung eines Fliessgewässersystems

Spezifische Fragen zu einem Flusssystem

Soll im Rahmen von detaillierten Untersuchungen die Makrophytenverbreitung eines Fliessgewässersystems analysiert werden, ist eine grössere Zahl von Untersuchungsabschnitten im Fliessverlauf notwendig als beim regionalen Überblick. Dabei muss die Anzahl gewählter Untersuchungsabschnitte alle für das betrachtete Gewässer repräsentativen Abschnitte abdecken. Zusätzlich sollte die aquatische Vegetation der wichtigsten Seitengewässer erhoben werden. Je nach Fragestellung kann es auch angezeigt sein, die Makrophyten im gesamten Längsverlauf des Gewässers lückenlos zu erfassen, beispielsweise wenn gezielt gefährdete Pflanzenarten in einem Gewässersystem erfasst oder bei geplanten Wasserbaumassnahmen (z.B. Revitalisierung) Wasserpflanzen zur späteren Erfolgskontrolle verwendet werden sollen.

Anforderungen an die Untersuchungsabschnitte

Länge der Untersuchungsabschnitte

Die Untersuchungsabschnitte sind so zu wählen, dass sie in ihrer gesamten Länge eine möglichst einheitliche aquatische Vegetation aufweisen. Entsprechend sollen möglichst homogene Verhältnisse bezüglich Morphologie, Beschattung, Substratzusammensetzung und Abflussbedingungen bestehen. Innerhalb eines Untersuchungsabschnittes sollen keine gravierenden Veränderungen der Umlandnutzung auftreten und keine Zuflüsse in das Gewässer münden. Die Untersuchungsabschnitte müssen ausreichend lang sein, damit die charakteristische Vielfalt von Pflanzenarten vollständig erfasst werden kann. Die minimale Länge eines Untersuchungsabschnittes liegt in kleinen Gewässern bei 30 m. In grösseren Gewässern sollte die Streckenlänge in der Regel mindestens die 10-fache Wasserspiegelbreite betragen (siehe Tab. 2).

Tab. 2: Länge der Untersuchungsabschnitte in Abhängigkeit von der Wasserspiegelbreite.

Wasserspiegelbreite	Länge der Untersuchungsabschnitte
Bis 2 m	30 - 50 m
2 - 10 m	30 - 100 m
> 10 m	100 - 200 m

3.4 Häufigkeit und Zeitpunkt der Probenahme

Häufigkeit der Probenahme

**Fragestellung bestimmt
Häufigkeit der
Probenahme**

Die Häufigkeit der Probenahme ergibt sich aus der Fragestellung der Untersuchung. Um die Verbreitung der Makrophytentaxa in einer Region zu erfassen, sind ein bis zwei Erhebungen pro Jahr ausreichend. Soll dagegen die Wiederbesiedlung nach einer Revitalisierung dokumentiert werden, ist zumindest eine Probenahme vor Beginn der Bauarbeiten, eine im ersten Jahr nach Abschluss der Bauarbeiten und anschliessend eine bis mehrere Untersuchungen im Abstand von mehreren Jahren notwendig.

Zeitpunkt der Probenahme

**Probenahme zwischen
Juni und September**

Der ideale Zeitpunkt für die Erhebung der Makrophyten liegt zwischen Juni und September. Ein früherer Zeitpunkt in der Vegetationsperiode kann dort nötig sein, wo Makrophyten im Rahmen des Gewässerunterhalts entfernt werden. Allerdings sind bei Erhebungen zu Beginn der Vegetationsperiode viele Arten schwierig sichtbar bzw. bestimmbar, da sie noch nicht weit entwickelt sind.

**Artspezifische und
saisonale Vegetations-
entwicklung**

Die verschiedenen Makrophytenarten unterscheiden sich in ihrer saisonalen Entwicklung, z.B. durch unterschiedliche Wachstumsraten. Neben diesen artspezifischen Unterschieden wird die Entwicklung von weiteren Faktoren wie den klimatischen Bedingungen, der Wassertemperatur und dem Vorkommen von Hochwasser beeinflusst. Entsprechend kann der Entwicklungsstand der einzelnen Arten regional und zwischen den Jahren variieren. Vor allem die Deckung der Makrophyten sowie die Mengenverhältnisse der einzelnen Arten zueinander können grossen jahreszeitlichen Schwankungen unterworfen sein. Bei allen Untersuchungen sind deshalb der Stand der Vegetationsentwicklung und die Saisonalität der vorkommenden Arten zu beachten. Dies gilt insbesondere für Erhebungen an denselben Untersuchungsabschnitten in mehreren aufeinander folgenden Jahren, die mehrjährige Vergleiche erlauben sollen. Für vergleichende Untersuchungen zwischen verschiedenen Untersuchungsabschnitten in einem Gewässersystem müssen die Daten in engen zeitlichen Abständen erhoben werden.

Anforderungen an die Abflussbedingungen

Probenahme bei mittlerem bis niedrigem Abfluss Die Untersuchungen sollen bei mittlerem bis niedrigem Wasserstand und klarem Wasser durchgeführt werden. Bei Hochwasser und trübem Wasser ist die Sicht behindert, was die Beobachtung kleinerer Arten und die Protokollierung der Deckung erschwert und ungenau macht.

Synergien mit anderen Erhebungen

Kombination verschiedener Untersuchungen Falls es die Fragestellung erfordert, kann die Erhebung der Makrophyten zusammen mit anderen Untersuchungen durchgeführt werden. Damit kann der Aufwand für die Felderhebungen pro Untersuchungsmodul verringert werden (z.B. Anfahrtswege etc.). Die mittels vorliegender Methode erhobenen Daten erlauben den kartierten Abschnitt zusätzlich ökomorphologisch zu beurteilen¹⁹. Zudem können einzelne Parameter des Äusseren Aspekts¹⁸ bewertet werden.

4 Durchführung der Erhebung

4.1 Allgemeines Vorgehen

Ein einheitliches Vorgehen bei der Probenahme ist eine entscheidende Voraussetzung für die Vergleichbarkeit verschiedener Untersuchungen. Das hier vorgeschlagene Vorgehen für watbare Gewässer orientiert sich an der Europäischen Norm für die Untersuchung von Makrophyten in Fliessgewässern (EN 14184: 2003)¹.

Erhebung der Fliessgewässervegetation

Die Erhebungen im Feld werden gemäss Feldprotokoll (Anhang A2) durchgeführt. Als erstes wird die Fliessgewässer-Vegetation im Untersuchungsabschnitt erfasst. Es werden alle Gefässpflanzen, Moose, Armleuchteralgen und fädigen Algen berücksichtigt (Abschnitt 2.2), die bei Mittelwasserstand im Wasser wurzeln. Der Untersuchungsabschnitt wird flussaufwärts im Zick-Zack begangen. Dabei werden verschiedene Parameter zur Beschreibung der Pflanzengemeinschaft kartiert, u.a. die Deckung aller Makrophyten zusammen (= Gesamtdeckung) sowie die relative Häufigkeit der einzelnen Taxa. Kann der Untersuchungsabschnitt stellenweise aufgrund zu grosser Tiefe oder zu starker Strömung nicht begangen werden, kann vom Ufer aus kartiert werden, sofern es die Sichtverhältnisse zulassen. Mit Hilfe eines Rechens werden an diesen Stellen Pflanzenproben zur näheren Bestimmung entnommen. In schmalen Gewässern, deren gesamte Sohle vom Ufer aus einzusehen ist, können die Makrophyten vom Ufer aus erfasst werden.



Abb. 9: Probenahme an der Glatt im Kanton Zürich. Makrophyten werden mit Hilfe eines Rechens zur näheren Bestimmung entnommen.

Erhebung der abiotischen Standortparameter

Neben der Kartierung der Vegetation werden verschiedene Standortparameter erhoben, um den Untersuchungsabschnitt zu typisieren, u.a. die Beschattung, die Wassertiefe, der Abfluss, das Gefälle sowie die Zusammensetzung des Substrats.

Zeitlicher Aufwand und Sicherheitsbestimmungen

Der Aufwand für die Kartierung ist von der Zugänglichkeit des Abschnittes, der Dichte der Ufervegetation, der Artenvielfalt und der Erfahrung des Kartierers abhängig. Pro Untersuchungsabschnitt kann er zwischen 20 Minuten und einer Stunde variieren. Für den Kanton Zürich gelten die Sicherheitsbestimmungen gemäss Standardarbeitsanweisung. Die Erhebung kann von einer Person durchgeführt werden; bei tiefen oder schnell fliessenden Gewässern sollten aber aus Sicherheitsgründen zwei Personen anwesend sein. Reicht die Wassertiefe über Kniehöhe muss eine Schwimmweste getragen werden. Eine Beeinträchtigung des Makrophytenbestan-

des oder anderer aquatischer Organismen ist möglichst zu verhindern. Zutrittsbeschränkungen sind vorgängig abzuklären.

4.2 Erfasste Taxa und Bestimmungstiefe

Alle Gefäßpflanzen, Moose und Armelechteralgen im Untersuchungsabschnitt werden möglichst bis auf die Art bestimmt. Besonderheiten zur Bestimmung werden nachfolgend für jede Taxagruppe getrennt diskutiert. Zusätzlich wird das Vorkommen von fädigen Algen erfasst. Ein starkes Wachstum von fädigen Algen weist in vielen Fällen auf eine anthropogene Belastung hin. Alle übrigen Algen (Krusten etc.) bleiben unberücksichtigt.

Gefäßpflanzen

Bestimmung auf Artniveau Die meisten Gefäßpflanzen können direkt im Feld bis auf die Art bestimmt werden. Bei unsicherer Bestimmung werden Frischproben für die Nachbestimmung im Labor entnommen. Dazu werden die Pflanzen einzeln, mit allen für die Bestimmung nötigen Teilen, in wasserdichten Plastikbeuteln gekühlt gelagert und innerhalb von drei Tagen bestimmt. Zur Kennzeichnung der Probe wird ein mit Bleistift beschriftetes Stück Papier beigelegt. Für eine spätere Identifikation oder die Nachbestimmung von taxonomisch schwierigen Gruppen durch Experten sind die Pflanzen zu herbarisieren.

Moose

Bestimmung auf Artniveau Viele Moose können von einem geschulten Kartierer mit Hilfe einer Lupe im Feld angesprochen werden. Allerdings gibt es auch Gattungen, die nur unter Zuhilfenahme eines Mikroskops vom Spezialisten im Labor bestimmt werden können. Dazu wird Pflanzenmaterial möglichst mit Sporenkapseln entnommen und vorsichtig leicht ausgepresst. Jede Probe wird getrennt in einem mit der Belegnummer beschrifteten Umschlag gelagert (z.B. Briefcouvert). Im Labor lässt man die Probe im Umschlag trocknen. Für eine spätere Bestimmung kann die getrocknete Probe wieder angefeuchtet werden.

Armelechteralgen und fädige Algen

Armelechteralgen: Bestimmung auf Artniveau Einige Armelechteralgen können auch von Nicht-Spezialisten nach einer gewissen Schulung und Einarbeitung im Feld unterschieden und bestimmt werden. Die meisten Taxa sind dagegen nur vom Experten mittels Mikroskop auf die Art bestimmbar. Zum Sammeln und Konservieren von Armelechteralgen eignet sich das für die Gefäßpflanzen beschriebene Vorgehen. Das Herbarisieren von Belegsexemplaren wird generell empfohlen.

Fädige Algen: Keine Bestimmung der Art

Fädige Algen werden in der vorliegenden Methode nicht auf Artniveau bestimmt.

4.3 Aufnahme der Makrophytendeckung

Bei der quantitativen Erhebung der Makrophytendeckung handelt es sich um eine Schätzung der flächenmässigen Ausdehnung einer Art oder Pflanzengemeinschaft in Kombination mit ihrer Häufigkeit in einer definierten Probestfläche.

Im Feld werden die folgenden Vegetationsparameter aufgenommen:

Parameter	Beschreibung
Gesamtdeckung	Die Deckung aller Gefässpflanzen, Moose, Armleuchteralgen und fädigen Algen zusammen wird anhand einer siebenstufigen Skala gemäss Tabelle 3 abgeschätzt. Als visuelle Hilfe zur Abschätzung der Gesamtdeckung können Abbildung 10 sowie die Abbildung in Anhang A3 verwendet werden.
Anteil unbedecktes Substrat	Komplementär zur Gesamtdeckung wird der Anteil an unbedecktem Substrat geschätzt. Dazu wird die Skala aus Tabelle 3 verwendet.

Tab. 3: Klassen zur Schätzung der Gesamtdeckung (nach Braun-Blanquet²⁰, modifiziert)*

Klasse	Deckung	Beschreibung
0	0 %	Ohne Pflanzen
1	< 1 %	Sehr selten **
2	1 - < 10 %	Selten - gelegentlich (nicht zu übersehen, aber nicht häufig; „zu finden, ohne zu suchen“)
3	10 - < 25 %	Regelmässig
4	25 - < 50 %	Häufig
5	50 - < 75 %	Sehr häufig
6	≥ 75 %	Massenhaft

* Die im Modul Äusserer Aspekt (ÄÄ) verwendeten drei Kategorien nach Thomas und Schanz (1978) entsprechen den oben aufgeführten Klassen wie folgt: Klasse 1 ÄÄ = Klassen 0 - 2; Klasse 2 ÄÄ = Klassen 3 - 4; Klasse 3 ÄÄ = Klassen 5 - 6.

** Damit eine Bewertung anhand der Deutschen, Österreichischen oder Französischen Methode möglich ist, muss Klasse 1 wie folgt unterteilt werden:

Klasse	Deckung	Beschreibung
0.5	< 0.1 %	Sehr selten
1	0.1 - 1 %	Sehr selten - selten



Klasse 1: sehr selten (< 1 %)



Klasse 2: selten – gelegentlich (1 - < 10 %)



Klasse 3: regelmässig (10 - < 25 %)

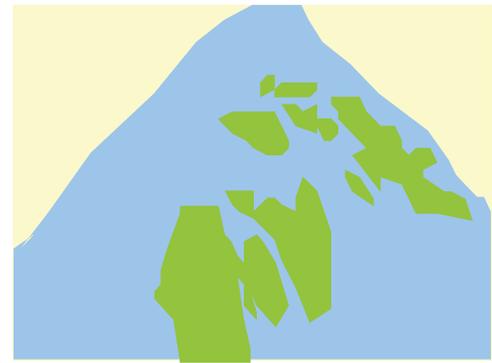
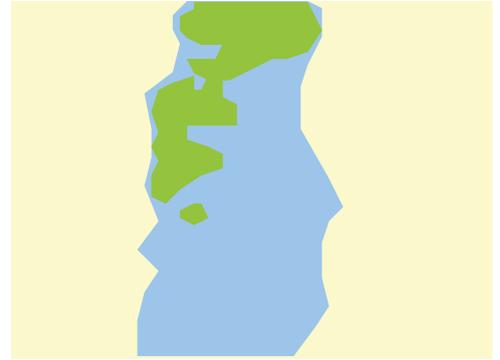


Abb. 10 a: Klassen zur Schätzung der Gesamtdeckung.

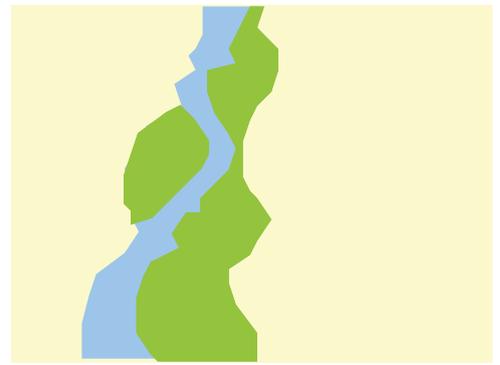
-  Makrophytenbewuchs
-  Gewässersohle ohne Makrophyten
-  Bildhintergrund



Klasse 4: häufig (25 - < 50 %)



Klasse 5: sehr häufig (50 - < 75 %)



Klasse 6: massenhaft (≤ 75 %)

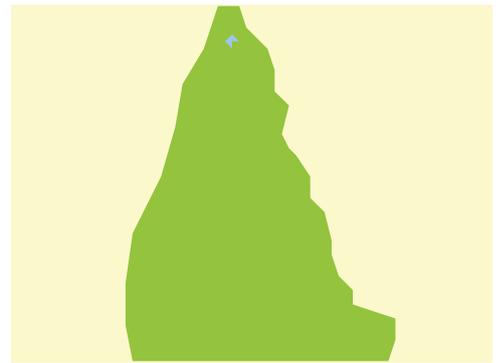


Abb. 10 b: Klassen zur Schätzung der Gesamtdeckung.

-  Makrophytenbewuchs
-  Gewässersohle ohne Makrophyten
-  Bildhintergrund

Relative Häufigkeit der einzelnen Taxa

Die relative Häufigkeit [%], d.h. der Anteil an der Gesamtdeckung wird getrennt geschätzt für:

- Gefässpflanzen: Für jede einzelne Art.
- Moose: Möglichst für jede einzelne Art. Können die Moose im Feld nicht auf die Art bestimmt werden, so kann die relative Häufigkeit für alle Moose zusammen angegeben werden.
- Armluchteralgen: Für jede einzelne Art.
- Fädige Algen: Keine Unterscheidung der einzelnen Arten, d.h. ein Wert für alle fädigen Algen zusammen.

Die relativen Häufigkeiten summieren sich zu 100 %. Auf eine kategorielle Erhebung der Deckung der einzelnen Taxa analog zur Gesamtdeckung wurde verzichtet, damit die Daten vielseitiger genutzt werden können (z.B. zur Berechnung von Diversitätsindices).

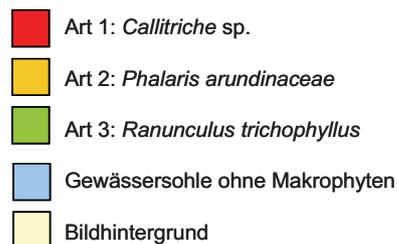


Abb. 11: Schätzung der relativen Häufigkeit.

Rel. Häufigkeit Art 1: 5 %

Rel. Häufigkeit Art 2: 15 %

Rel. Häufigkeit Art 3: 80 %



Anteil der Taxa auf künstlich eingebrachtem Substrat

Die Substratzusammensetzung beeinflusst die Makrophytenzusammensetzung massgebend. Durch Sohlen- und Uferverbauungen kann die natürlicherweise an einem Standort vorherrschende Substratzusammensetzung stark verändert werden, was zu einer Veränderung der standorttypischen Artenzusammensetzung führen kann. Für jedes Taxon wird angegeben, wie gross sein Anteil auf künstlich eingebrachtem Substrat ist [%]. Als künstlich eingebrachtes Substrat gelten Ufer- oder Sohlenverbauungen (auch mit natürlichen Materialien) oder weitere eingebrachte Strukturen wie Störsteine etc..

Zusätzliche vegetations-spezifische Parameter

Die oben aufgeführten Parameter sind unerlässlich, damit eine Bewertung der Vegetation durchgeführt werden kann. Je nach Fragestellung oder für eine verbesserte Interpretation und Überprüfung der Resultate empfiehlt es sich, weitere Parameter zur Charakterisierung der Makrophytengemeinschaft im Feld zu erfassen, wie beispielsweise den Entwicklungsstand der einzelnen Taxa. Auch das Ausmass der Verkräutung ist ein Parameter, der für verschiedene Fragestellungen von Interesse ist. Eine Liste mit zusätzlichen vegetations-spezifischen Parametern findet sich in Anhang A4.

4.4 Aufnahme der Standortverhältnisse

Abiotische Bedingungen bestimmen den Vegetationstyp

Abiotische Bedingungen wie z.B. die Beschattung oder die Abflussverhältnisse bestimmen die Artenzusammensetzung und -vielfalt an einem Standort und damit den Vegetationstyp eines Gewässers. Um einen Untersuchungsabschnitt einem Vegetationstyp zuordnen zu können, sind deshalb Angaben über die Standortbedingungen unerlässlich. Alle Parameter, die zur Bestimmung des Vegetationstyps notwendig sind (= typbestimmende Merkmale), sind in der untenstehenden Auflistung speziell gekennzeichnet (☞). Um die Weiterentwicklung und Evaluation der Bewertungsmethode zu ermöglichen, wird jedoch empfohlen, alle aufgeführten Standortparameter zu erheben.

Die relevanten abiotischen Parameter sowie generelle Angaben zur Untersuchungsstrecke werden im Feld erhoben oder sind teilweise auch via GIS im Büro bestimmbar. Die Erhebung erfolgt gemäss der nachfolgenden Auflistung sowie dem Feldprotokoll in Anhang A2. Bei Parametern, die auch im Rahmen des Moduls Ökomorphologie Stufe F¹⁹ (MSK ÖkF) oder des Äusseren Aspekts¹⁸ (MSK ÄÄ) erfasst werden, erfolgt die Aufnahme im Feld diesen Methoden entsprechen.

Parameter	Beschreibung
Lage Koordinaten Meereshöhe	Auf einer mitgeführten Karte in geeignetem Massstab ist die Lage des Untersuchungsabschnittes einzutragen. Im Feld mit GPS oder im Büro mit GIS sind anschliessend die Koordinaten des unteren Abschnittes (flussabwärts) sowie die Höhe ü. M. zu ermitteln.
Länge	Länge des Untersuchungsabschnittes geschätzt oder in GIS bestimmt [m]
Breite	
Breite Sohle ÖkF	Geschätzte mittlere Breite der Sohle des Gewässers [m] → MSK ÖkF, S. 10
Breite benetzt	Geschätzte mittlere Wasserspiegelbreite [m]
Breitenvariabilität ÖkF	Variabilität der Wasserspiegelbreite in 3 Klassen → MSK ÖkF, S. 10 - 12 1: <u>Ausgeprägt</u> : Starker Wechsel der Wasserspiegelbreite oder natürlicherweise geringe Wasserspiegelbreite (Seeabflüsse, Moorbäche) 2: <u>Eingeschränkt</u> : Wechsel der Wasserspiegelbreite selten 3: <u>Keine</u> : Sehr geringer Wechsel der Wasserspiegelbreite

Tiefe	
Mittlere Tiefe 🚨	Geschätzte mittlere Tiefe des Gewässers [cm]
Maximale Tiefe	Geschätzte maximale Tiefe des Gewässers [cm]
Tiefenvariabilität	Variabilität der Gewässertiefe in 3 Klassen: 1: <u>Ausgeprägt</u> : Grosse Variabilität, ausgeprägte Kolken und Furten 2: <u>Mässig</u> : geringe Variabilität, wenig ausgeprägte Kolken oder Furten 3: <u>Keine</u> : keine oder nur sehr geringe Tiefenunterschiede im Gewässer

Abfluss 🚨 Achtung: die Klassengrenzen mussten aufgrund der Methodenüberarbeitung gegenüber des Methodenbeschriebs des BAFU angepasst werden	Zur Beschreibung der Abflussverhältnisse bestehen zwei Möglichkeiten. Die Abschätzung via GIS ist der Schätzung im Feld vorzuziehen. a. <u>Wert aus GIS</u> : berechneter Wert aus GIS [l/s] ²¹ b. <u>Schätzung Feld</u> : Schätzung des momentanen Abflusses bei der Begehung in 4 Klassen: 1: < 200 l/s 2: 200 - 500 l/s 3: 500 - 1000 l/s 4: > 1000 l/s Als Hilfestellung zur Abflussschätzung im Feld dient Abbildung 12.
---	---

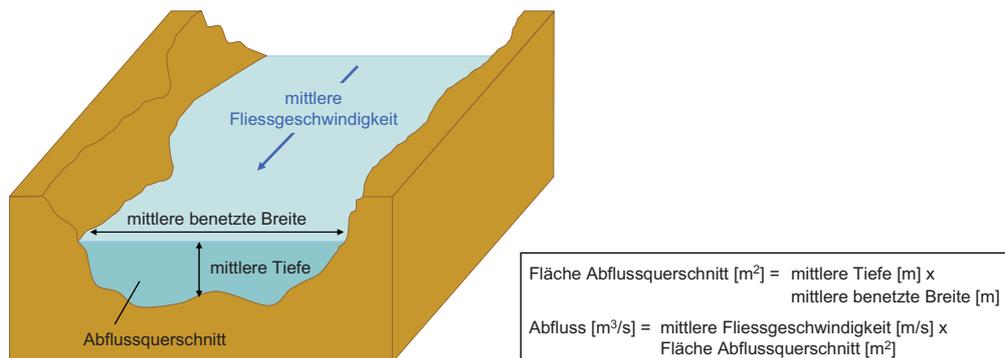


Abb. 12: Hilfsgrößen zur Abschätzung des Abflusses im Feld.

Wasserstand	Aktuelle Wasserführung in 3 Klassen: 1: <u>Niedrig</u> : Abfluss geringer als Mittelwasserführung 2: <u>Mittel</u> : Abfluss entspricht +/- Mittelwasserführung 3: <u>Hoch</u> : Höherer Abfluss als Mittelwasserführung
-------------	---

Gefälle 🚨	Das Gefälle wird über die gesamte Länge des Untersuchungsabschnittes bestimmt, d.h. vom unteren bis zum oberen Streckenende. Zur Beschreibung des Gefälles bestehen zwei Möglichkeiten. Die Abschätzung via GIS ist der Schätzung im Feld vorzuziehen. a. <u>Wert aus GIS</u> : Wert Gefälle aus GIS [%] ²¹ . b. <u>Schätzung Feld</u> : im Feld geschätztes Gefälle in vier Klassen: 1: < 0.5 % 2: 0.5 - 2 % 3: 2 - 5 % 4: > 5 %
-----------	--

Beschattung

Die Beschattung widerspiegelt den Anteil der beschatteten Fläche an der gesamten Wasserfläche [%]. Dazu wird eine vertikale Projektion der Ufervegetation unter der aktuellen Belaubung sowie von künstlichen Objekten (z.B. Brücken) zur Mittagszeit auf die Wasserfläche vorgenommen. Die Beschattung wird über den gesamten Abschnitt gemittelt in 4 Klassen angegeben (Abb. 13):

- 1: Vollsonnig: Sonne von Aufgang bis Untergang (0 - 25 % Beschattung)
- 2: Sonnig: überwiegend in der Sonne (25 - 50 % Beschattung)
- 3: Halbschattig: mehr als die Tageshälfte beschattet (50 - 75 % Beschattung)
- 4: Schattig: voller Schatten unter Bäumen (>75 % Beschattung)



Kategorie 1: vollsonnig (0 – 25 %)



Kategorie 2: sonnig (25 – 50 %)



Kategorie 3: halbschattig (50 – 75 %)



Kategorie 4: schattig (>75 %)

Abb. 13: Die vier Kategorien der Beschattung.

Strömung

Die Häufigkeit von 5 Fliessgeschwindigkeitsklassen (nach BLfW²², modifiziert) im gesamten Abschnitt wird in Prozent angegeben. Die Gesamtheit der erfassten Geschwindigkeitsklassen ergibt 100 %.

- 1: Fast stehend oder Kehrströmung (< 0.03 m/s)
 - 2: Sehr langsam fließend (0.03 - 0.1 m/s)
 - 3: Langsam fließend, Wasser fast glatt (0.1 - 0.3 m/s)
 - 4: Schnell fließend, wenig turbulent (0.3 - 1 m/s)
 - 5: Sehr schnell fließend, turbulent (> 1 m/s)
-

Substrat

Substratstabilität

Die Stabilität des Substrates bei erhöhtem Abfluss beeinflusst die Besiedlung durch Makrophyten sowie die Zusammensetzung der Gemeinschaft. Nur an Standorten, wo Makrophyten auch bei erhöhtem Abfluss stabil verankert bleiben und mechanisch nicht zu stark beschädigt werden (z.B. durch Geschiebe), können sie sich dauerhaft ansiedeln. Die Beweglichkeit des Substrates wird u.a. durch die Korngrösse des Sohlenmaterials, das Abflussregime und das Gefälle beeinflusst. Sie wird in 3 Stufen abgeschätzt:

- 1: Unbeweglich: Auch bei erhöhten Abflüssen stabiles Substrat vorhanden, zudem kein bis nur vereinzelt bewegliches Geschiebe im Gewässer.
- 2: Begrenzt beweglich: Auch bei erhöhten Abflüssen stabiles Substrat vorhanden, aber zusätzlich bedeutende Mengen von beweglichem Geschiebe im Gewässer.
- 3: Beweglich: Substrat bei erhöhten Abflüssen instabil.



Kategorie 1: unbeweglich



Kategorie 2: begrenzt beweglich



Kategorie 3: beweglich

Abb. 14: Die drei Kategorien der Substratstabilität.

Substratzusammensetzung

Die Zusammensetzung des mineralischen Substrates wird nach den gebräuchlichen sieben Korngrössenklassen²³ abgeschätzt. Zusätzlich werden organische Substrate erfasst. Für jede Grössenklasse wird angegeben, wie viel Prozent der Gewässersohle sie bedeckt (auf 10 % gerundet). Die Gesamtheit des erfassten Substrates entspricht somit 100 % der Sohle.

- 1: Blöcke / Fels (> 40 cm)
 - 2: grosse Steine (20 - 40 cm)
 - 3: Steine (6.3 - 20 cm)
 - 4: Grobkies (2 - 6.3 cm)
 - 5: Fein- bis Mittelkies (0.2 - 2 cm)
 - 6: Sand (0.0063 - 0.2 cm)
 - 7: Schluff / Ton (< 0.0063 cm)
 - 8: Schlamm/ Faulschlamm
 - 9: Humus / Torf
 - 10: Anderes
-

Verbauung Sohle ÖkF	Verbauungen der Gewässersohle beeinflussen das Vorkommen von Makrophyten massgeblich und werden deshalb erfasst → MSK ÖkF, S. 13 - 14
Verbauungsgrad	Abschätzen des Verbauungsgrads [%] in 6 Klassen: 1: Keine (0 %) 2: Vereinzelt/ punktuelle Verbauungen, Schwellen, Abstürze (< 10 %) 3: Mässige Verbauungen (10 - 30 %) 4: Grössere Verbauungen (30 - 60 %) 5: Überwiegende Verbauungen (> 60 %) 6: Vollständig verbaut (100 %)
Verbauungsart	Erfassung des flächenmässig dominierenden Verbauungsmaterials in 5 Klassen: 1: Natursteine (Steinschüttung / Rauhbett) 2: Holz 3: Betongittersteine 4: Undurchlässig / Beton 5: Andere / dicht
Verbauung Böschungsfuss ÖkF	Verbauungen des Böschungsfusses beeinflussen das Vorkommen von Makrophyten massgeblich und werden deshalb erfasst → MSK ÖkF, S. 14 - 17
Verbauungsgrad	Abschätzen des Verbauungsgrads des Böschungsfusses [%] in 6 Klassen, für beide Gewässerseiten getrennt: 1: Keine (0 %) 2: Punktuelle Verbauungen (< 10 %) 3: Mässige Verbauungen (10 - 30 %) 4: Grössere Verbauungen (30 - 60 %) 5: Überwiegende Verbauungen (> 60 %) 6: Vollständig verbaut (100 %)
Verbauungsart	Erfassung des flächenmässig dominierenden Verbauungsmaterials in 7 Klassen, für beide Gewässerseiten getrennt: 1: Lebendverbau 2: Natursteine locker 3: Holz 4: Betongittersteine 5: Natursteine dicht 6: Mauer 7: Andere / undurchlässig
Uferbereich ÖkF	Die Vegetation im Uferbereich beeinflusst die Makrophytengemeinschaften u.a. über die Beschattung und wird deshalb erfasst → MSK ÖkF, S. 17 - 23
Breite	Geschätzte mittlere Breite des Uferbereichs, für beide Gewässerseiten getrennt [m]

Beschaffenheit	<p>Erfassung der flächenmässig dominierenden Beschaffenheit in 9 Klassen, für beide Gewässerseiten getrennt:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1: Kies, Geröll, Fels 2: Wald 3: Röhricht, Ried 4: Bäume / Sträucher mit extensiver Wiese 5: Monotone Hochstaudenflur 6: Extensive Wiese ohne Bestockung 7: Alleeähnliche Bestockung 8: Vegetationslos / künstlich 9: Anderes
Umland	<p>Zur Charakterisierung des Untersuchungsabschnittes wird die dominierende Umlandnutzung in 9 Klassen angegeben, für beide Gewässerseiten getrennt:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1: Mischwald 2: Nadelwald (> 75 % Nadelholz) 3: Laubwald (> 75 % Laubholz) 4: Fettwiese, Acker, Weide 5: Magerwiese, Hochstauden 6: Röhricht, Riedwiesen 7: Auen 8: Siedlungsgebiet 9: Anderes
Kolmation ÄÄ	<p>Erhebung der Kolmation in 3 Klassen → MSK ÄÄ, S. 22 - 23</p> <ol style="list-style-type: none"> 1: <u>Keine</u>: Steine können problemlos von Hand aus dem Bachbett entfernt werden. 2: <u>Leicht / mittel</u>: Steine sind nur mit Widerstand aus dem Bachbett entfernbar. 3: <u>Stark</u>: Steine können nicht ohne Hilfsmittel aus dem Bachbett entfernt werden.
Heterotropher Bewuchs ÄÄ	<p>Erhebung des heterotrophen Bewuchses in 3 Klassen → MSK ÄÄ, S. 26 - 28</p> <ol style="list-style-type: none"> 1: <u>Kein - vereinzelt</u>: Kein heterotropher Bewuchs bzw. wenig ausgeprägter, feiner, schleimiger Überzug von heterotrophem Bewuchs auf einzelnen Steinunterseiten (Verifizierung unter dem Mikroskop). 2: <u>Wenig</u>: Einzelne Steine mit gut ausgebildeten Rasen oder Zotten von heterotrophem Bewuchs. 3: <u>Mittel - viel</u>: Gut ausgebildete Rasen oder Zotten von heterotrophem Bewuchs auf mind. 3 von 10 Steinen bzw. gut ausgebildete Zotten auf 1/3 und mehr der Oberflächen (Steine, Holz etc.), pelzartiger Überzug, vom Ufer aus problemlos zu erkennen.
Trübung ÄÄ	<p>Erhebung der Trübung in 3 Klassen → MSK ÄÄ, S. 14 - 15, Erhebung ohne Glasflasche</p> <ol style="list-style-type: none"> 1: Keine 2: Leicht / mittel 3: Stark
Fotos	Der Untersuchungsabschnitt ist mittels mehrerer Fotos zu dokumentieren.
Bemerkungen	Bemerkungen zu Auffälligkeiten im Untersuchungsabschnitt, z.B. bei Entkrautungen der Gewässersohle, Mähen von Bachböschungen, auffälligen Einleitungen, Vorkommen von Neophyten auf der Gewässerböschung, Stau- oder Restwasserstrecken, Wetter etc.

5 Typisierung und Bewertung der Untersuchungsabschnitte

5.1 Arbeitsschritte

Erfassung der Felddaten in Datenbank	Die Felddaten werden mittels einer anwenderfreundlichen Eingabemaske in eine spezifisch für den Kanton Zürich entwickelte „Makrophyten-Datenbank“ eingegeben. Die „Makrophyten-Datenbank“ ist mit den Datenbanken der anderen biologischen Untersuchungen sowie den Datenbanken der chemischen und ökomorphologischen Erhebungen im Kanton Zürich verbunden. Damit stehen die Rohdaten für weitergehende Analysen und Auswertungen zu Verfügung.
Bestimmung von Standortparametern via GIS	Der mittlere Abfluss, das Gefälle und die Höhenlage der Untersuchungsabschnitte werden, zusätzlich zur Schätzung im Feld oder via Karte, mittels einer GIS-Analyse ²¹ bestimmt und die Resultate ebenfalls in die „Makrophyten-Datenbank“ eingetragen.
Zusammenstellung der Daten für Typisierung und Bewertung aus Datenbank	Mittels vordefinierter Abfragen werden die für die Typisierung und Bewertung notwendigen Rohdaten aus der „Makrophyten-Datenbank“ ausgelesen und verschiedene Grössen aus den Rohdaten berechnet, die zur Beurteilung der Untersuchungsabschnitte benötigt werden, z.B. die Anzahl Arten an einem Standort. Diese Daten werden in das Excel-File „Eingabemaske Typisierung und Bewertung“ (Anhang A5) übertragen.
Typisierung und Bewertung der Untersuchungsabschnitte mittels Makro	Werden die Daten gemäss „Eingabemaske Typisierung und Bewertung“ zusammengestellt, kann die Typisierung mittels des Excel-Makros „Typisierung und Bewertung“ automatisch durchgeführt werden. Vor allem bei grossen Datenmengen kann dadurch viel Zeit eingespart werden. Das Makro kann bei Bedarf von den Autoren bezogen werden. Im Excel-Makro werden als erstes verschiedene zusätzliche Grössen berechnet, die nicht direkt aus der Datenbank ermittelt werden können, z.B. wird geprüft, ob dominante Arten vorkommen. In einem zweiten Schritt werden alle Untersuchungsabschnitte einem Vegetationstyp zugeordnet. In einem dritten Schritt werden schliesslich die verschiedenen Untersuchungsabschnitte nach Vegetationstyp getrennt bewertet.
Plausibilitätsprüfung der Typisierung und Bewertung und Überführung der Resultate in die Datenbank	Im Anschluss an die Typisierung und Bewertung der Gewässerabschnitte müssen die Resultate kritisch auf Plausibilität geprüft und falls notwendig manuell korrigiert werden. Die Plausibilitätsprüfung erfolgt aufgrund einer Checkliste und des Expertenwissens der Kartierer. Bemerkungen zur Plausibilität der Resultate und Korrekturen der Typisierung und Bewertung werden ins Makro „Typisierung und Bewertung“ eingetragen und zusammen mit den Resultaten der automatisierten Typisierung und Bewertung in die „Makrophyten-Datenbank“ übertragen. Damit sind sowohl die Rohdaten als auch die Resultate der Typisierung und Bewertung gesichert und stehen für weitergehende Auswertungen zu Verfügung.

5.2 Typisierung - Zuordnung der Untersuchungsabschnitte zu einem Vegetationstyp

Standortverhältnisse bestimmen Vegetationstyp

Moose und höhere Wasserpflanzen bilden zusammen mit den Algen die Flora eines Fließgewässers. Die abiotischen Bedingungen in einem Gewässer, u.a. die Beschattung, die Abflussverhältnisse und die Substratzusammensetzung bestimmen die Artenzusammensetzung, Vielfalt und Biomasse an einem Standort. Auf die vorherrschenden Lebensbedingungen an einem Standort haben Wasserpflanzen evolutiv mit morphologischen Anpassungen reagiert. So besteht ein Zusammenhang zwischen der Wuchsform und den ökologischen Ansprüchen einer Art²⁴. Das Spektrum an Wuchsformen lässt entsprechend Rückschlüsse auf die vorherrschenden Bedingungen in einem Gewässer zu.

Typisierung aufgrund der Schlüsselgrößen Gefälle, Beschattung, Wassertiefe, Abfluss und Substratzusammensetzung

Die Untersuchungsabschnitte werden aufgrund von Gefälle, Beschattung, mittlerer Wassertiefe, Abfluss und Substratzusammensetzung (Abb. 15) einem von fünf verschiedenen Vegetationstypen zugeordnet: vegetationsarmer Bach, Moosbach, Helophytenbach, Submersenbach, Schwimmblattbach. Die Namen der Vegetationstypen leiten sich von den unter den gegebenen Standortverhältnissen am stärksten vertretenen Wuchsformen ab. In Kapitel 7.1 wird erläutert, wie die Typisierung entwickelt wurde.

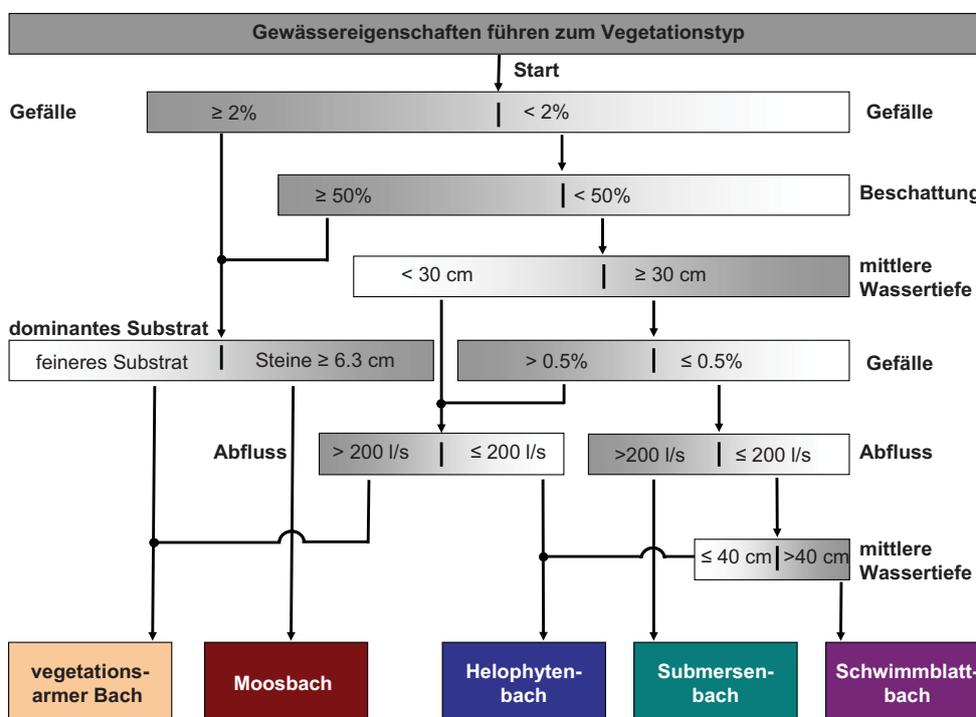


Abb. 15: Typisierung: Zuordnung der Untersuchungsabschnitte zu einem Vegetationstyp.

Bestimmung der Schlüsselgrößen aus der Felderhebung

Für die Schlüsselgrößen Gefälle, Beschattung, mittlere Wassertiefe und Abfluss lassen sich die typbestimmenden Werte direkt aus der Felderhebung oder aus der GIS-Abschätzung übernehmen. Für die Bestimmung des dominanten Substrates wird der im Feld geschätzte prozentuale Anteil der Größenklassen ≥ 6.3 cm summiert und mit der Summe der Anteile der kleineren Größenklassen verglichen.

399 Untersuchungsabschnitte als Datengrundlage für die Methodenentwicklung

Im Kanton Zürich wurden seit dem Jahr 2000 insgesamt 477 Untersuchungsabschnitte kartiert. 399 Untersuchungsabschnitte an kleinen und mittleren Fließgewässern wurden als Datengrundlage für die Methodenentwicklung verwendet. Abbildung 16 zeigt die Häufigkeit der verschiedenen Vegetationstypen in den 399 Untersuchungsabschnitten.

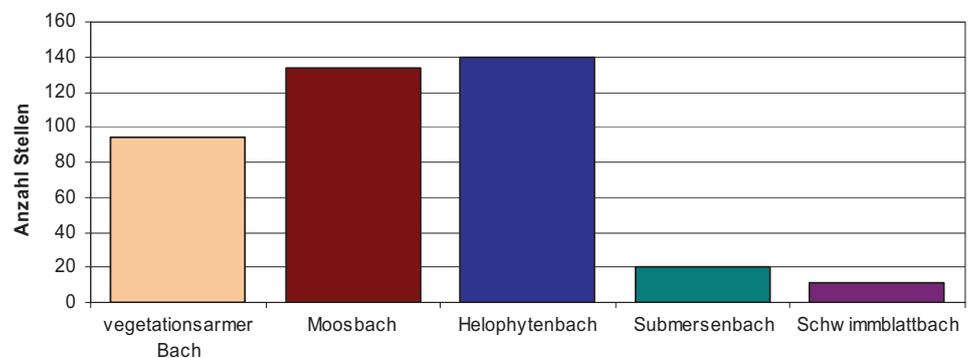


Abb. 16: Häufigkeit der verschiedenen Vegetationstypen in den 399 zur Methodenentwicklung verwendeten Untersuchungsabschnitten.

Datengrundlage für Vegetationstyp Schwimmblattbach dürrtig

Von allen untersuchten Gewässerstrecken wurden nur elf Untersuchungsabschnitte dem Vegetationstyp Schwimmblattbach zugeordnet. Diese Datengrundlage ist für eine zuverlässige Zuordnung und Bewertung des Schwimmblattbachs ungenügend. Das beschriebene Vorgehen zur Typisierung und Bewertung dieses Vegetationstyps ist daher ein Vorschlag, der verifiziert werden muss, sobald genügend Untersuchungsdaten vorliegen.

Charakterisierung der Vegetationstypen

In Kapitel 5.2.1 bis 5.2.5 werden die verschiedenen Vegetationstypen anhand von Fotos, einer verbalen Beschreibung sowie einer tabellarischen Zusammenstellung der wichtigsten morphologischen und vegetationspezifischen Kenngrößen charakterisiert. Zur Festlegung der Kenngrößen wurden jeweils nur diejenigen Untersuchungsabschnitte eines Vegetationstyps berücksichtigt in welchen die Wuchsform mit höchster relativer Häufigkeit mit der für den Vegetationstyp prognostizierten Wuchsform übereinstimmt. Die Charakterisierung zeigt die mittlere Ausprägung der verschiedenen Kenngrößen pro Vegetationstyp auf. Sie umfasst nicht nur die für die Typisierung verwendeten morphologischen Schlüsselgrößen, sondern gibt auch Auskunft über weitere morphologische Parameter zur Stellencharakterisierung sowie zur Charakterisierung der Vegetation.

5.2.1 Charakterisierung vegetationsarmer Bach

Morphologische Kenngrößen

Viele Fließgewässer sind natürlicherweise arm an Wasserpflanzen. In vielen kleinen bis mittleren Bächen im Wald, die stark beschattet sind und eine Gewässersohle aus mehrheitlich feinem Substrat haben, fehlen die höheren Wasserpflanzen aufgrund der fehlenden Lichtes, die Moose aufgrund des beweglichen Sohlensubstrates. Andererseits gibt es auch vegetationsarme Abschnitte in besonnten Gewässern. Dabei handelt es sich häufig um grössere Gewässer mit hoher Fließgeschwindigkeit oder grossen Abflussschwankungen, instabilem Sohlensubstrat oder regelmässig geschiebeführendem Hochwasser, wo weder höhere Wasserpflanzen noch Moose geeignete Wachstumsbedingungen vorfinden.

Zusammensetzung der Vegetation

Auch im vegetationsarmen Bach können Wasserpflanzen vorhanden sein. Fädige Algen treten am häufigsten und mit durchschnittlich 10 % absoluter Deckung auf. Alle anderen Wuchsformen weisen Deckungen unter 5 % auf.

Übergänge zu anderen Vegetationstypen

In Gewässerabschnitten mit hohem Gefälle und Beschattung entscheidet allein die Korngrösse des dominanten Substrates ob ein Abschnitt dem Vegetationstyp „Moosbach“ oder dem Vegetationstyp „vegetationsarmer Bach“ zugeordnet wird. Mit zunehmender Substratstabilität, d.h. mit steigendem Anteil grobkörniger Substratklassen, entwickelt sich der vegetationsarme Bach zum Moosbach.



Abb. 17: Der Vegetationstyp vegetationsarmer Bach.

Tab. 4: Charakterisierung vegetationsarmer Bach.

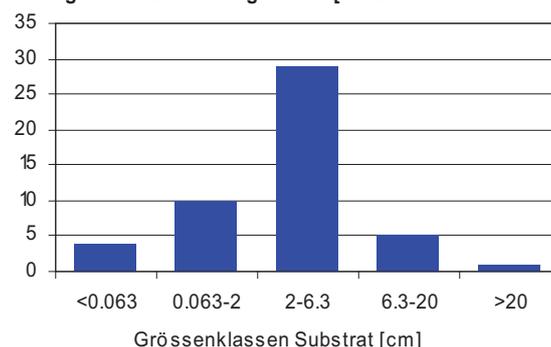
Stellenanzahl

Anzahl Untersuchungsabschnitte vom Typ vegetationsarmer Bach: 94
 davon Anzahl Untersuchungsabschnitte ohne Dominanz einzelner Wuchsformen: 49 (= 52 %)

Morphologische Kenngrößen

	Median	Min.	Max.
Breite Sohle:	2.5 m	0.4 m	30 m
benetzte Breite:	2 m	0.25 m	30 m
Tiefe:	0.20 m	0.05 m	1.5 m
Beschattung:	70 %	0 %	100 %
Gefälle GIS:	1.23 %	0.07 %	12.0 %
Abfluss GIS:	87 l/s	2 l/s	9206 l/s
Fliessgeschwindigkeit:	0.2 m/s	0.02 m/s	1 m/s
Substratstabilität:		beweglich	

Verteilung nach Substratgrösse [Anzahl Abschnitte]



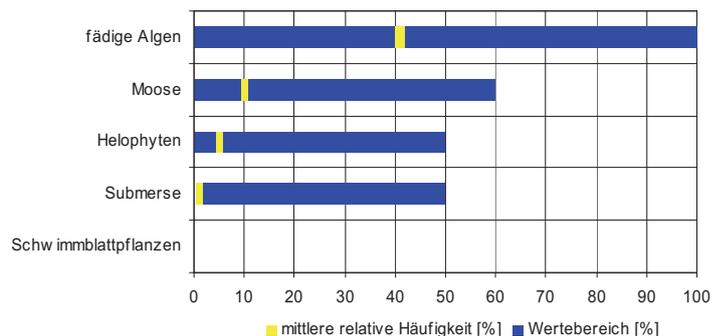
Vegetationsspezifische Kenngrößen

mittlere Anzahl Taxa: 2.8
 (ohne fädige Algen)

mittlere absolute Deckung:

fädige Algen	10.3 %
Moose	1.2 %
Helophyten	2.2 %
Submerse	0.2 %
Schwimmblattpflanzen	0 %

Relative Häufigkeit der Wuchsformen



Vorkommenshäufigkeit der häufigsten 20 Taxa im Vegetationstyp vegetationsarmer Bach (n = 49)

<i>Cladophora sp.</i>	48.5 %	<i>Fontinalis antipyretica</i>	9.1 %
<i>Rhynchosstegium riparioides</i>	27.3 %	<i>Veronica beccabunga</i>	9.1 %
<i>Vaucheria sp.</i>	21.2 %	<i>Cratoneuron filicinum</i>	9.1 %
<i>Veronica anagallis-aquatica</i>	18.2 %	<i>Brachythecium rivulare</i>	6.1 %
<i>Fädige Grünalgen</i>	15.2 %	<i>Poa sp.</i>	6.1 %
<i>Agrostis stolonifera</i>	15.2 %	<i>Fissidens crassipes</i>	6.1 %
<i>Phalaris arundinacea</i>	12.1 %	<i>Epilobium hirsutum</i>	6.1 %
<i>Glyceria notata</i>	12.1 %	<i>Amblystegium tenax</i>	3.0 %
<i>Nasturtium officinale</i>	12.1 %	<i>Groenlandia densa</i>	3.0 %
<i>Amblystegium riparium</i>	12.1 %	<i>Glyceria fluitans</i>	3.0 %

5.2.2 Charakterisierung Moosbach

Morphologische Kenngrößen

Der Moosbach ist meist ein relativ stark beschatteter, wenig tiefer Bach mit kleinem Abfluss und kleiner bis mittlerer Breite. Er ist im flachen bis vorzugsweise steileren Gelände zu finden und besitzt ein stabiles Sohlensubstrat, auf dem sich Moose mit ihren Haftorganen verankern können. Das Substrat wird auch bei erhöhtem Abfluss nicht bewegt. In regelmässig geschiebeführenden Gewässern treten Moose nur an strömungsgeschützten Stellen auf, wo sie bei Geschiebetrieb nicht zermalmt oder abgerissen werden.

Zusammensetzung der Vegetation

Bisher wurden in diesem Vegetationstyp insgesamt 89 Taxa nachgewiesen. Neben Moosen, die in diesem Vegetationstyp dominieren, treten fädige Grünalgen (*Cladophora sp.*, *Vaucheria sp.*) und zwei weit verbreitete höhere Wasserpflanzen (*Agrostis stolonifera*, *Nasturtium officinale*) regelmässig im Moosbach auf. 4 Taxa treten in mehr als 20 %, 79 Taxa in weniger als 10 % aller Untersuchungsabschnitte auf. Die mittlere absolute Deckung der Sohle mit Moosen und höheren Wasserpflanzen beträgt knapp 16 %.

Übergänge zu anderen Vegetationstypen

Mit abnehmender Substratstabilität, d.h. mit steigendem Anteil feinkörniger Substratklassen, entwickelt sich der Moosbach in Richtung vegetationsarmer Bach.

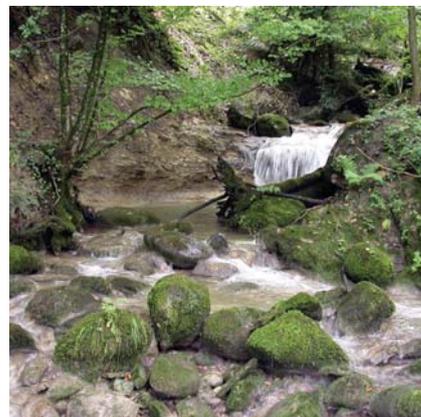
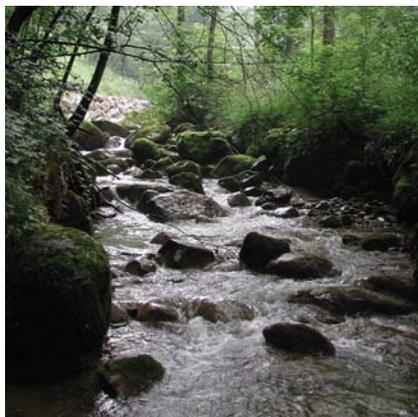


Abb. 18: Der Vegetationstyp Moosbach.

Tab. 5: Charakterisierung Moosbach.

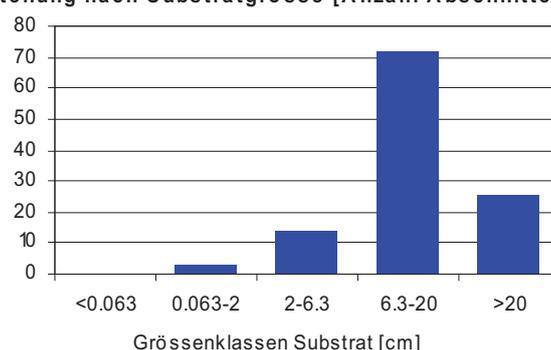
Stellenanzahl

Anzahl Untersuchungsabschnitte vom Typ Moosbach:	134
davon Anzahl Untersuchungsabschnitte mit Moosdominanz:	115 (= 86 %)

Morphologische Kenngrößen

	Median	Min.	Max.
Breite Sohle:	3 m	0.5 m	35 m
benetzte Breite:	2 m	0.4 m	30 m
Tiefe:	0.15 m	0.03 m	0.7 m
Beschattung:	80 %	0 %	100 %
Gefälle GIS:	3.0 %	0.12 %	37.6 %
Abfluss GIS:	67 l/s	1 l/s	7087 l/s
Fliessgeschwindigkeit:	0.3 m/s	0.05 m/s	1 m/s
Substratstabilität:	unbeweglich		

Verteilung nach Substratgrösse [Anzahl Abschnitte]



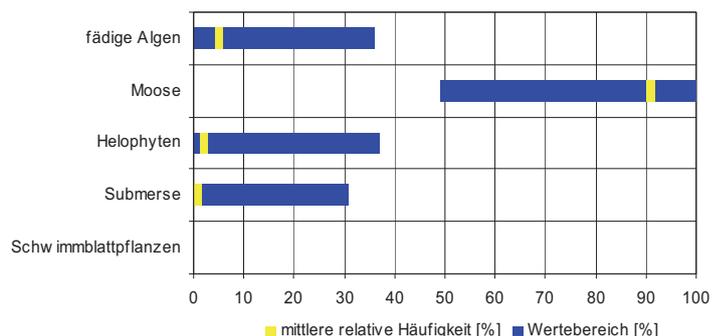
Vegetationsspezifische Kenngrößen

mittlere Anzahl Taxa: 4.5
(ohne fädige Algen)

mittlere absolute Deckung:

fädige Algen	1.3 %
Moose	15.2 %
Helophyten	0.5 %
Submerse	0.1 %
Schwimblattpflanzen	0 %

Relative Häufigkeit der Wuchsformen



Vorkommenshäufigkeit der häufigsten 20 Taxa im Vegetationstyp Moosbach (n = 115)

<i>Rhynchostegium riparioides</i>	63.5 %	<i>Pellia endiviifolia</i>	9.6 %
<i>Fissidens crassipes</i>	42.6 %	<i>Nasturtium officinale</i>	8.7 %
<i>Cratoneuron filicinum</i>	30.4 %	<i>Amblystegium tenax</i>	7.0 %
<i>Cladophora sp.</i>	26.1 %	<i>Eurhynchium hians</i>	6.1 %
<i>Amblystegium riparium</i>	18.3 %	<i>Cinclidotus riparius</i>	6.1 %
<i>Brachythecium rivulare</i>	17.4 %	<i>Hygrohypnum luridum</i>	6.1 %
<i>Fontinalis antipyretica</i>	14.8 %	<i>Marchantia polymorpha</i>	6.1 %
<i>Vaucheria sp.</i>	14.8 %	<i>Amblystegium serpens</i>	6.1 %
<i>Thamnobryum alopecurum</i>	13.9 %	<i>Eurhynchium praelongum</i>	3.5 %
<i>Agrostis stolonifera</i>	11.3 %	<i>Amblystegium fluviatile</i>	3.5 %

5.2.3 Charakterisierung Helophytenbach

Morphologische Kenngrößen

Der Helophytenbach ist meist ein relativ schmaler Bach mit geringer Wassertiefe und Fließgeschwindigkeit, kleinem Abfluss und mit Substrat von feiner bis mittlerer Korngrösse. Er ist wenig beschattet und weist ein geringes bis mittleres Gefälle auf. Die meisten wenig tiefen und gemächlich fließenden Bäche im landwirtschaftlich genutzten Gebiet oder im Siedlungsraum gehören diesem Vegetationstyp an.

Zusammensetzung der Vegetation

Bisher wurden in diesem Vegetationstyp insgesamt 106 Taxa nachgewiesen. 10 Taxa treten in mehr als 20 %, 85 Taxa in weniger als 10 % aller Untersuchungsabschnitte auf. Helophyten, die aufgrund ihres aufrechten Wachses nur geringe Fließgeschwindigkeiten tolerieren, sind die dominierende Pflanzengruppe in diesem Vegetationstyp. Moose benötigen ein festes Substrat und kommen nur auf grösseren Steinen oder auf der häufig vorhandenen Uferverbauung vor. In den eher tieferen Helophytenbächen mit höherem Abfluss treten vereinzelt auch submerse Wasserpflanzen auf.

Übergänge zu anderen Vegetationstypen

Der Helophytenbach entwickelt sich mit zunehmender Wassertiefe und zunehmendem Abfluss zum Submersenbach. Nimmt die Wassertiefe ohne gleichzeitige Erhöhung des Abflusses zu, entwickelt sich der Helophytenbach in Richtung Schwimmblattbach.

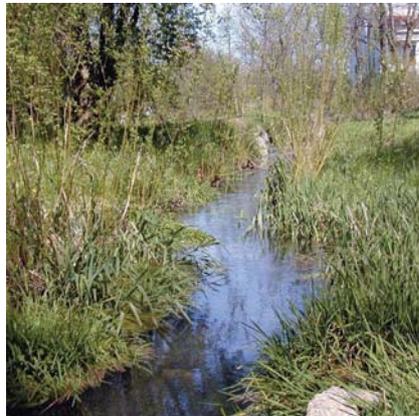


Abb. 19: Der Vegetationstyp Helophytenbach.

Tab. 6: Charakterisierung Helophytenbach.

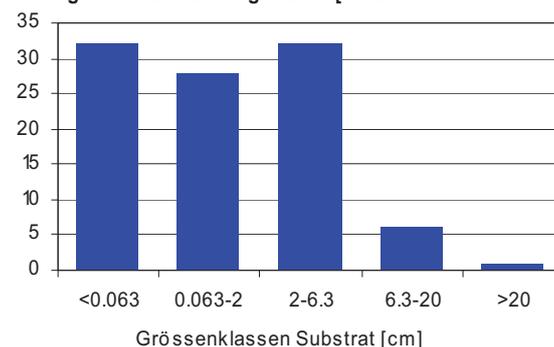
Stellenanzahl

Anzahl Untersuchungsabschnitte vom Typ Helophytenbach: 140
 davon Anzahl Untersuchungsabschnitte mit Helophyten dominanz: 98 (= 70 %)

Morphologische Kenngrößen

	Median	Min.	Max.
Breite Sohle:	1 m	0.3 m	5 m
benetzte Breite:	1 m	0.1 m	4 m
Tiefe:	0.15 m	0.02 m	0.8 m
Beschattung:	10 %	0 %	49 %
Gefälle GIS:	0.57 %	0.01 %	2.0 %
Abfluss GIS:	30 l/s	1 l/s	195 l/s
Fliessgeschwindigkeit:	0.1 m/s	0.02 m/s	0.7 m/s
Substratstabilität:		beweglich	

Verteilung nach Substratgrösse [Anzahl Abschnitte]



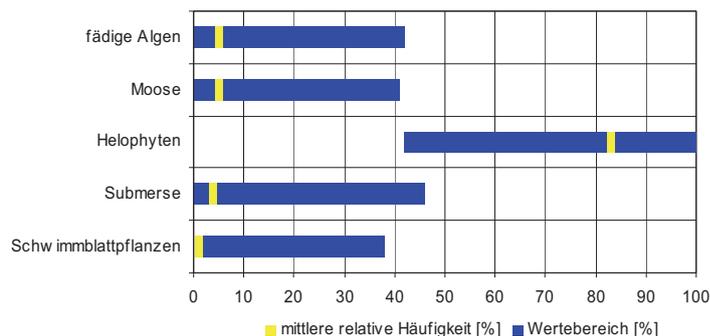
Vegetationsspezifische Kenngrößen

mittlere Anzahl Taxa: 7.6
 (ohne fädige Algen)

mittlere absolute Deckung:

fädige Algen	3.1 %
Moose	2.7 %
Helophyten	57.1 %
Submerse	3.2 %
Schwimmblattpflanzen	0.7 %

Relative Häufigkeit der Wuchsformen



Vorkommenshäufigkeit der häufigsten 20 Taxa im Vegetationstyp Helophytenbach (n = 98)

<i>Nasturtium officinale</i>	62.0 %	<i>Iris pseudacorus</i>	17.0 %
<i>Phalaris arundinacea</i>	61.0 %	<i>Carex sp.</i>	17.0 %
<i>Agrostis stolonifera</i>	55.0 %	<i>Vaucheria sp.</i>	16.0 %
<i>Veronica anagallis-aquatica</i>	54.0 %	<i>Glyceria sp.</i>	15.0 %
<i>Cladophora sp.</i>	40.0 %	<i>Rhynchosstegium riparioides</i>	15.0 %
<i>Phragmites australis</i>	34.0 %	<i>Amblystegium riparium</i>	13.0 %
<i>Glyceria notata</i>	27.0 %	<i>Epilobium hirsutum</i>	12.0 %
<i>Veronica beccabunga</i>	27.0 %	<i>Lysimachia nummularia</i>	12.0 %
<i>Sparganium erectum</i>	26.0 %	<i>Scirpus sylvaticus</i>	12.0 %
<i>Carex acutiformis</i>	23.0 %	<i>Sparganium sp.</i>	11.0 %

5.2.4 Charakterisierung Submersenbach

Morphologische Kenngrößen

Der typische Submersenbach ist ein wenig beschattetes Gewässer mittlerer Breite, mit höherer Wassertiefe und Fliessgeschwindigkeit sowie höherem Abfluss als der Helophytenbach. Er weist ein geringes Gefälle auf und besitzt Substrat von mittlerer Korngrösse. Neben mittelgrossen Bächen im Landwirtschaftsland und Siedlungsraum gehören aber auch grössere Flüsse mit geringem Gefälle, höherer Wassertiefe und höherem Abfluss zu diesem Vegetationstyp (Glatt, Limmat). Diese grösseren Flüsse wurden zur Charakterisierung der Submersenbäche in Tabelle 7 nicht berücksichtigt.

Zusammensetzung der Vegetation

Bisher wurden in diesem Vegetationstyp insgesamt 39 Taxa nachgewiesen. 20 Taxa treten in mehr als 20 %, 17 Taxa in weniger als 10 % aller Untersuchungsabschnitte auf. Submerse Pflanzen, die aufgrund ihrer Wuchsform höhere Strömungsgeschwindigkeiten ertragen als die Helophyten, sind die dominierende Pflanzengruppe in diesem Vegetationstyp. Daneben kommen auch Helophyten verbreitet vor, wobei diese hauptsächlich den Uferbereich und strömungsberuhigte Bereiche besiedeln. Auf grösseren Steinen der Gewässersohle oder auf der häufig vorhandenen Uferverbauung wachsen zudem verschiedene Moosarten.

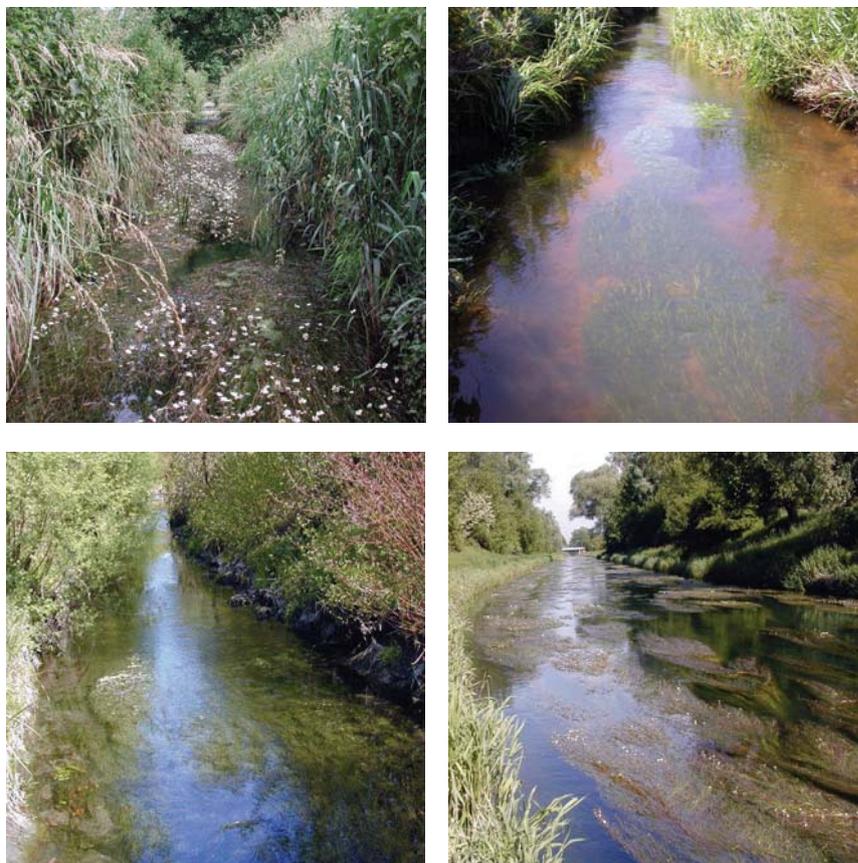


Abb. 20: Der Vegetationstyp Submersenbach.

Übergänge zu anderen Vegetationstypen

Der Submersenbach entwickelt sich mit abnehmender Wassertiefe und/oder zunehmendem Gefälle zum vegetationsarmen Bach.

Tab. 7: Charakterisierung Submersenbach.

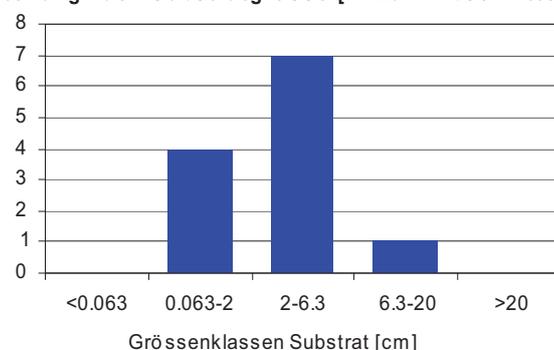
Stellenanzahl

Anzahl Untersuchungsabschnitte vom Typ Submersenbach: 20
davon Anzahl Untersuchungsabschnitte mit Submersendominanz: 12 (= 60 %)

Morphologische Kenngrößen

	Median	Min.	Max.
Breite Sohle:	3 m	1 m	6 m
benetzte Breite:	3 m	1 m	6 m
Tiefe:	0.45 m	0.3 m	0.6 m
Beschattung:	20 %	5 %	40 %
Gefälle GIS:	0.18 %	0.09 %	0.43 %
Abfluss GIS:	423 l/s	203 l/s	1152 l/s
Fliessgeschwindigkeit:	0.2 m/s	0.05 m/s	0.6 m/s
Substratstabilität:	beweglich		

Verteilung nach Substratgrösse [Anzahl Abschnitte]



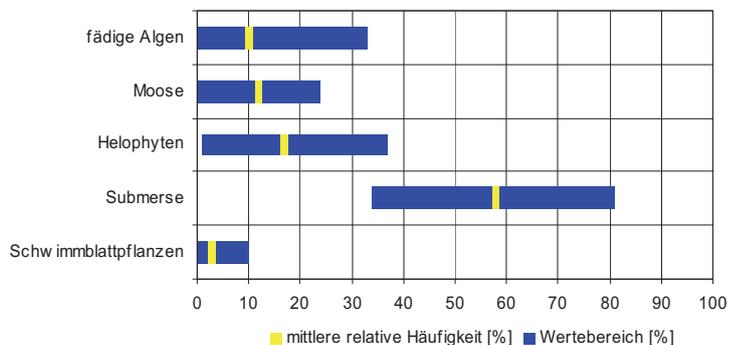
Vegetationsspezifische Kenngrößen

mittlere Anzahl Taxa: 9
(ohne fädige Algen)

mittlere absolute Deckung:

fädige Algen	8.9 %
Moose	10.7 %
Helophyten	14.3 %
Submerse	49.7 %
Schwimblattpflanzen	3.0 %

Relative Häufigkeit der Wuchsformen



Vorkommenshäufigkeit der häufigsten 20 Taxa im Vegetationstyp Submersenbach (n =12)

<i>Fontinalis antipyretica</i>	83.3 %	<i>Berula erecta</i>	33.3 %
<i>Cladophora sp.</i>	66.7 %	<i>Potamogeton natans</i>	33.3 %
<i>Phalaris arundinacea</i>	58.3 %	<i>Elodea nuttallii</i>	25.0 %
<i>Agrostis stolonifera</i>	58.3 %	<i>Potamogeton crispus</i>	25.0 %
<i>Ranunculus fluitans</i>	50.0 %	<i>Ranunculus trichophyllus</i>	25.0 %
<i>Veronica anagallis-aquatica</i>	50.0 %	<i>Callitriche sp.</i>	25.0 %
<i>Nasturtium officinale</i>	50.0 %	<i>Myriophyllum sp.</i>	25.0 %
<i>Glyceria sp.</i>	41.7 %	<i>Vaucheria sp.</i>	25.0 %
<i>Amblystegium riparium</i>	41.7 %	<i>Fissidens crassipes</i>	25.0 %
<i>Rhynchostegium riparioides</i>	41.7 %	<i>Veronica beccabunga</i>	25.0 %

5.2.5 Charakterisierung Schwimmblattbach

Morphologische Kenngrossen

Der Schwimmblattbach tritt gemäss Typisierungsschema (Abb. 15) bei geringerem Gefälle und höherer mittlerer Wassertiefe auf als der Helophytenbach. Andererseits gibt es aber auch Gewässerabschnitte mit mittlerem bis hohem Abfluss (>200 l/s) mit einem hohen Anteil an Schwimmblattpflanzen. Dieser Subtyp lässt sich noch nicht vom Vegetationstyp des Submersenbachs abtrennen. Aufgrund der geringen Anzahl Untersuchungsabschnitte mit Dominanz von schwimmblättrigen Pflanzen konnte bisher für diese Gruppe keine befriedigende Typisierung entwickelt werden. Die vorhandenen Datensätze weisen jedoch darauf hin, dass bei sehr langsam fließendem Wasser und hoher Wassertiefe vermehrt Schwimmblattpflanzen auftreten.

Zusammensetzung der Vegetation

Wasserpflanzen mit Schwimmblättern kommen aufgrund ihrer Wuchsform nur in stehenden Gewässern und langsam fließenden Bächen und Flüssen gehäuft vor. Neben einem hohen Anteil von schwimmblättrigen Wasserpflanzen treten in diesem Vegetationstyp auch Helophyten verbreitet auf. Bisher wurden in diesem Vegetationstyp insgesamt 14 Taxa nachgewiesen.

Übergänge zu anderen Vegetationstypen

Der Schwimmblattbach stellt eine Übergangsform zwischen stehenden Gewässern und Fließgewässern dar. Mit zunehmender Strömungsgeschwindigkeit werden die schwimmblättrigen Wasserpflanzen von den submersen Wasserpflanzen abgelöst.



Abb. 21: Der Vegetationstyp Schwimmblattbach.

Tab. 8: Charakterisierung Schwimmblattbach.

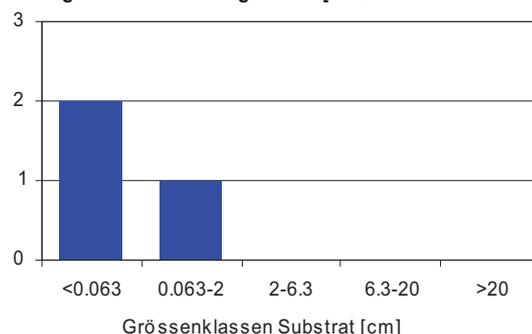
Stellenanzahl

Anzahl Untersuchungsabschnitte vom Typ Schwimmblattbach: 11
 davon Anzahl Untersuchungsabschnitte mit Schwimmblattdominanz: 3 (= 27 %)

Morphologische Kenngrößen

	Median	Min.	Max.
Breite Sohle:	12 m	2 m	20 m
benetzte Breite:	12 m	1.5 m	20 m
Tiefe:	1.0 m	1.0 m	1.5 m
Beschattung:	40 %	0 %	40 %
Gefälle GIS:	0.14 %	0.09 %	0.35 %
Abfluss GIS:	146 l/s	28 l/s	772 l/s
Fliessgeschwindigkeit:	0.02m/s	0 m/s	0.03 m/s
Substratstabilität:	beweglich		

Verteilung nach Substratgrösse [Anzahl Abschnitte]



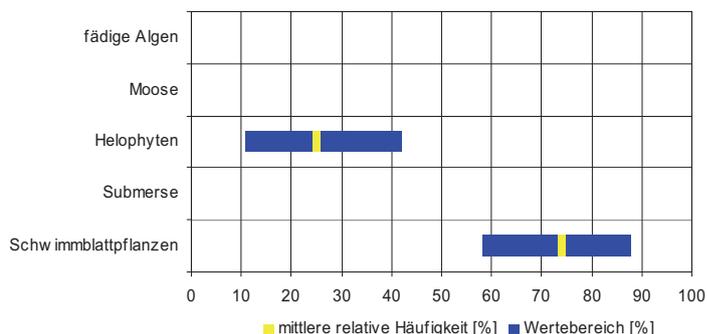
Vegetationsspezifische Kenngrößen

mittlere Anzahl Taxa: 5.7
 (ohne fädige Algen)

mittlere absolute Deckung:

fädige Algen:	0 %
Moose:	0 %
Helophyten:	13 %
Submerse:	0 %
Schwimmblattpflanzen:	43.5 %

Relative Häufigkeit der Wuchsformen



Vorkommenshäufigkeit der vorgefundenen 14 Taxa im Vegetationstyp Schwimmblattbach (n=3)

<i>Nuphar lutea</i>	100 %	<i>Mentha sp.</i>	33.3 %
<i>Phragmites australis</i>	66.7 %	<i>Myosotis scorpioides</i>	33.3 %
<i>Carex elata</i>	33.3 %	<i>Phalaris arundinacea</i>	33.3 %
<i>Acorus calamus</i>	33.3 %	<i>Typha latifolia</i>	33.3 %
<i>Carex acutiformis</i>	33.3 %	<i>Veronica anagallis-aquatica</i>	33.3 %
<i>Iris pseudacorus</i>	33.3 %	<i>Thelypteris palustris</i>	33.3 %
<i>Lemna minor</i>	33.3 %		
<i>Mentha aquatica</i>	33.3 %		

5.3 Typspezifische Bewertung der Gewässerabschnitte

Anthropogene Einflüsse verändern Zusammensetzung und Dichte der Pflanzenbestände

Die abiotischen Bedingungen in einem Gewässer bestimmen die Artenzusammensetzung und Vielfalt an einem Standort. Werden die natürlichen Bedingungen im Fliessgewässer durch anthropogene Einflüsse verändert, zeigt die Vegetation unterschiedliche Reaktionen. Zum einen kann sich die Artenzusammensetzung ändern, zum anderen können die Pflanzen auf eine Veränderung des Lebensraumes mit einer Erhöhung oder Verminderung der Gesamtbiomasse reagieren.

Ziel der Bewertung

Mit der vorliegenden Methode wird die Abweichung der aktuell vorhandenen Vegetation von der Vegetation im natürlichen Zustand bewertet.

Referenzzustand aufgrund ökologischer Kriterien und „besten Stellen“ definiert

Die Bewertung der Vegetation setzt Kenntnisse über die natürliche Vegetation in verschiedenen Fliessgewässertypen voraus. Im dicht besiedelten Mittelland, wo höhere Wasserpflanzen ihre Hauptverbreitung haben, sind heute kaum mehr unbelastete Gewässerabschnitte zu finden, die als Referenzstellen Auskunft über die natürliche Vegetation in verschiedenen Gewässertypen geben können. Der Referenzzustand für die verschiedenen Vegetationstypen wurde deshalb aufgrund von allgemeinen ökologischen Kriterien sowie den Vegetationsverhältnissen an den am wenigsten beeinträchtigten Untersuchungsabschnitten definiert.

Beurteilung durch Vergleich von Ist- mit Referenzzustand

Durch Vergleich des Istzustandes mit dem Referenzzustand kann ein Untersuchungsabschnitt mittels eines vierstufigen Bewertungsschlüssels beurteilt werden. Auf einen fünfstufigen Bewertungsschlüssel, wie er in den neueren und zukünftigen MSK-Methoden und der EU Standard ist, wurde aufgrund des geringen Wissens über die natürliche Vegetation in den verschiedenen Fliessgewässertypen verzichtet.

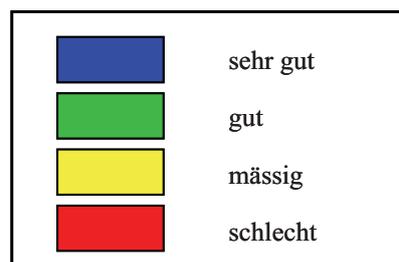


Abb. 22: Bewertungsschlüssel zur Beurteilung der Vegetation.

Beurteilungsgrössen

Als Beurteilungsgrössen für die Bewertung dienen die Standortgerechtigkeit und die Vielfalt der Vegetation. Für jeden Untersuchungsabschnitt werden die Standortgerechtigkeit und die Vielfalt der Vegetation separat bewertet und die Teilbewertungen zu einem Gesamtwert aggregiert. Die Vielfalt der Vegetation wird dabei höher gewichtet als die Standortgerechtigkeit der Vegetation. In Kapitel 7.2 wird erläutert, wie die Bewertung entwickelt wurde.

Beurteilung der Standortgerechtigkeit	Aufgrund der unterschiedlichen abiotischen Bedingungen ist die Häufigkeit der verschiedenen Wuchsformen in den verschiedenen Vegetationstypen unterschiedlich. Mit der Standortgerechtigkeit wird beurteilt, wie gut die Häufigkeit der verschiedenen Wuchsformen im Untersuchungsabschnitt mit der Referenz übereinstimmt. Eine hohe absolute Deckung fädiger Algen ist ein Hinweis auf anthropogene Belastung und wird negativ bewertet.
Beurteilung der Vielfalt aufgrund von Artenvielfalt, Dominanz von Arten und minimalem Deckungsgrad	Die Beurteilung der Vielfalt beruht in den verschiedenen Vegetationstypen auf einer unterschiedlichen Anzahl von Kriterien und wird in den Kommentaren zu den Abbildungen 23 - 26 erläutert. Grundsätzlich stehen drei Kriterien zur Bewertung der Vielfalt zu Verfügung: Artenvielfalt, Dominanz von Arten und minimale Gesamtdeckung. Ein Untersuchungsabschnitt wird umso besser bewertet, je mehr Arten darin vorkommen. Es werden alle Arten der Taxaliste berücksichtigt, inklusive Armleuchteralgen, aber ohne fädige Algen. Das Vorkommen von dominanten Arten wird negativ bewertet. Eine Art ist dominant, wenn ihre relative Häufigkeit mehr als 50 % an der Gesamtdeckung beträgt. Schliesslich wird in einigen Vegetationstypen aufgrund der vorherrschenden Standortverhältnisse eine minimale Gesamtdeckung von höheren Wasserpflanzen (Submerse, Schwimmblattpflanzen, Helophyten) erwartet. Das Fehlen oder nur spärliche Auftreten dieser Taxa wird in diesen Vegetationstypen negativ bewertet.
Typspezifische Bewertungsschlüssel	Die Bewertung der Untersuchungsabschnitte erfolgt mit vierstufigen typspezifischen Bewertungsschlüsseln (Abb. 23 - 26). Anhang A5 zeigt auf, wie die in den Bewertungsschlüsseln verwendeten Deckungswerte aus der im Feld erhobenen Gesamtdeckung und relativen Häufigkeiten der einzelnen Taxa berechnet wird. In Kapitel 7.2 wird erläutert, wie die Bewertungsschlüssel für die verschiedenen Vegetationstypen entwickelt wurden.
Spezialfall vegetationswarmer Bach	Viele Fliessgewässer sind natürlicherweise frei oder arm an Wasserpflanzen, weil die Standortverhältnisse für das Wachstum von Moosen und höheren Wasserpflanzen ungünstig sind. Eine Bewertung der Vegetation macht in diesen Bächen keinen Sinn. Der vegetationsarme Bach wird deshalb nicht bewertet.
Bewertung Moosbach	Im Vegetationstyp „Moosbach“ wird die Vielfalt der Vegetation nur aufgrund der Artenzahl beurteilt. Das Vorkommen von dominanten Arten wird nicht berücksichtigt, da die einzelnen Moostaxa im Feld nicht immer zuverlässig unterschieden und deshalb die relative Häufigkeit der einzelnen Arten nicht abgeschätzt werden können. Da Moosbäche natürlicherweise eine geringe absolute Deckung aufweisen, wird die minimale Gesamtdeckung ebenfalls nicht als Beurteilungskriterium verwendet.

Bewertung Moosbach

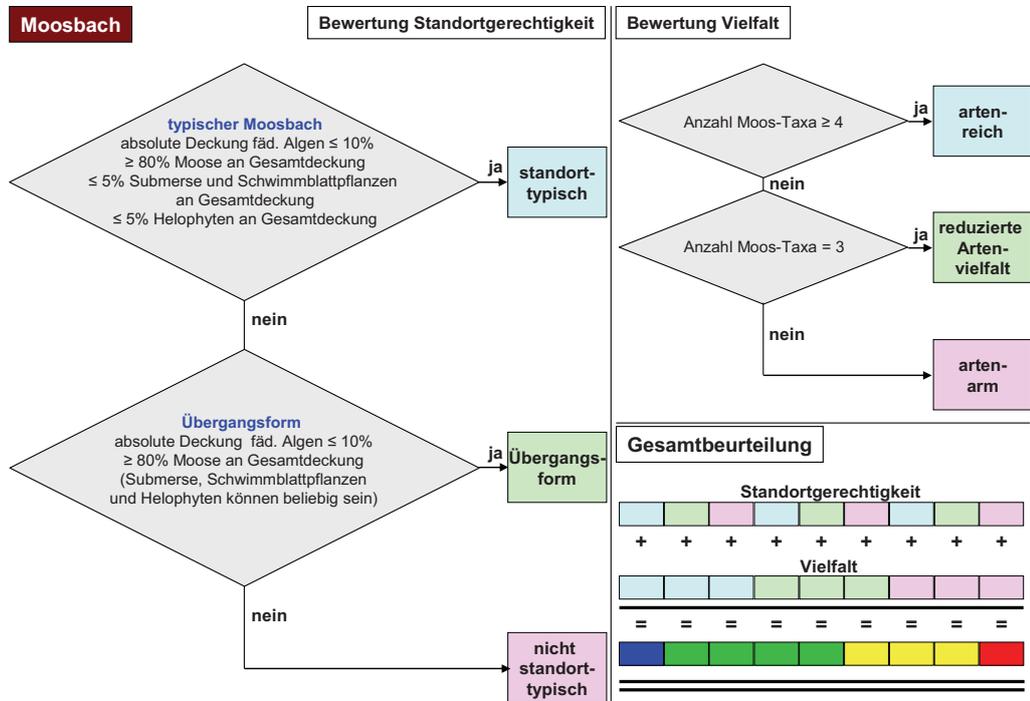


Abb. 23: Bewertungsschlüssel Moosbach.

Bewertung Helophytenbach

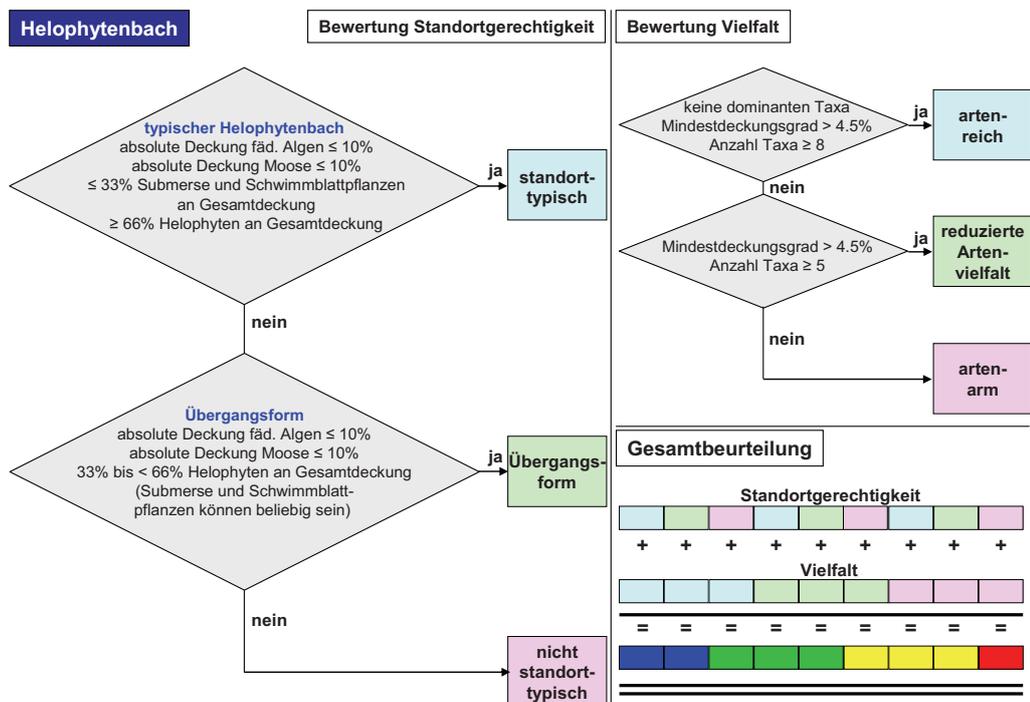


Abb. 24: Bewertungsschlüssel Helophytenbach.

**Bewertung
Submersenbach**

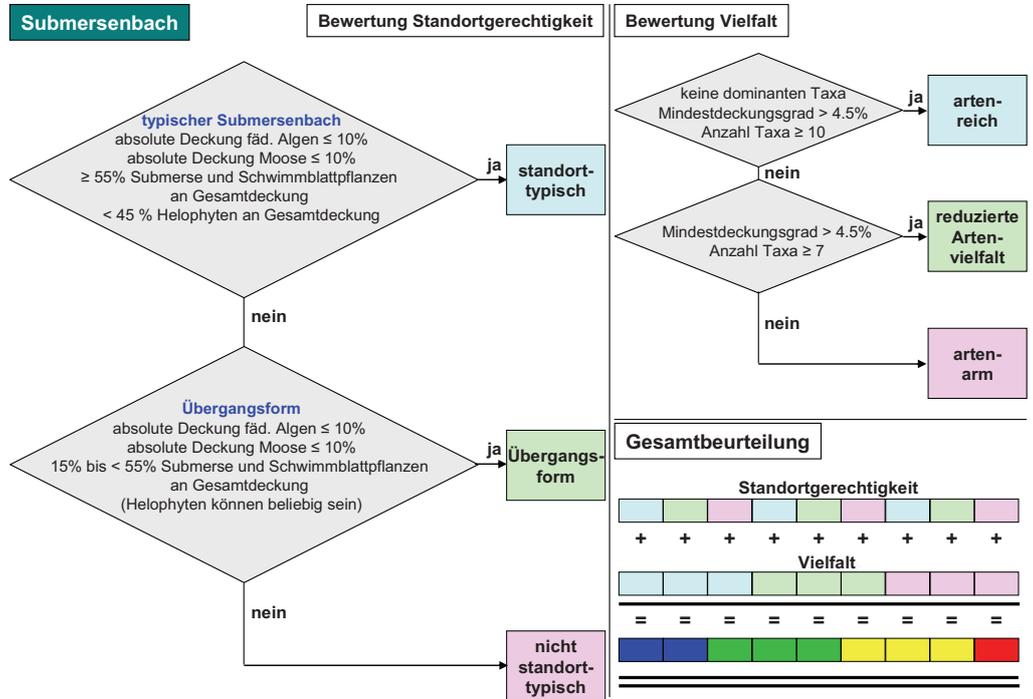


Abb. 25: Bewertungsschlüssel Submersenbach.

**Bewertung
Schwimmbblattbach**

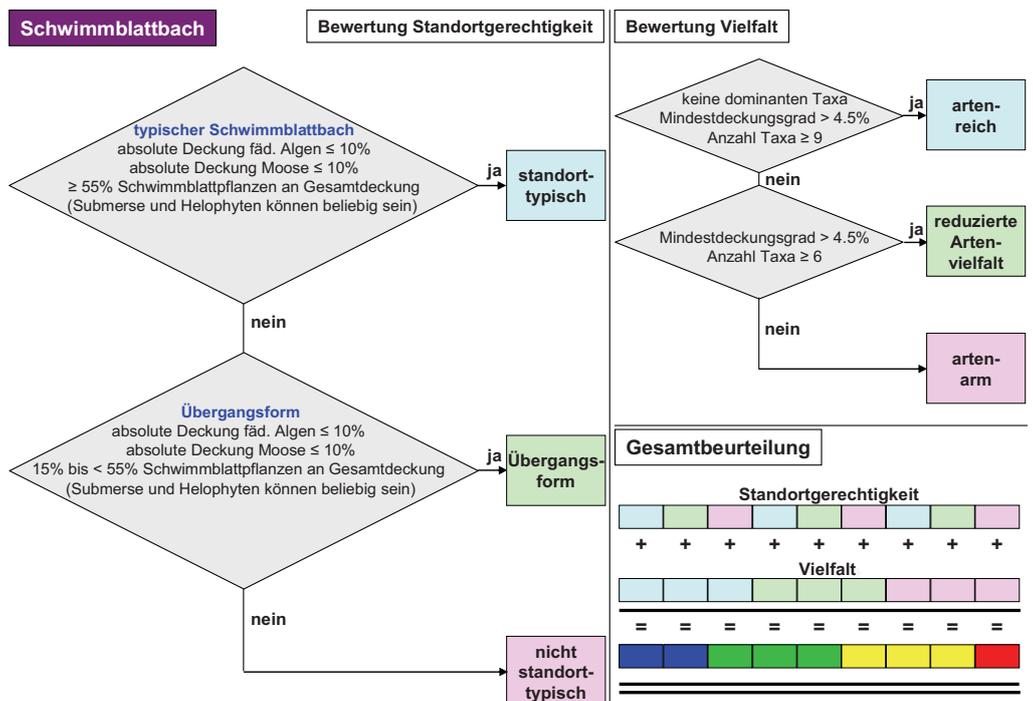


Abb. 26: Bewertungsschlüssel Schwimmbblattbach.

5.4 Plausibilitätsprüfung von Typisierung und Bewertung

Feste Wertebereiche für Schlüsselgrössen	Mit der Typisierung werden die vielfältigen Erscheinungsformen natürlicher Fließgewässer aufgrund der Schlüsselgrössen Gefälle, Beschattung, Abfluss, Wassertiefe und Substrat zu fünf Vegetationstypen gruppiert, denen sich feste Wertebereiche für die verschiedenen Schlüsselgrössen zuordnen lassen.
Typisierung kontra fließende Übergänge zwischen Vegetationstypen	In der Natur jedoch verläuft die Grenze zwischen verschiedenen Vegetationstypen fließend. So geht ein Helophytenbach mit geringem Gefälle (<0.5 %) bei Zunahme des Abflusses und der Wassertiefe kontinuierlich in einen Submersenbach über. Die Pflanzenzusammensetzung ändert sich ebenfalls kontinuierlich. Diese natürlicherweise vorkommende Unschärfe in den Grenzbereichen zwischen verschiedenen Vegetationstypen kann dazu führen, dass Untersuchungsabschnitte mit dem Typisierungsschlüssel ungünstig typisiert und dadurch zu negativ bewertet werden.
Plausibilitätsprüfung zur Vermeidung von falscher Typisierung und Bewertung	Aber auch Beurteilungsfehler bei der Felderhebung können zu Fehltypisierungen und folglich falschen Bewertungen führen. Und schliesslich sind Untersuchungsabschnitte in Fließgewässern nicht isoliert, sondern werden durch oberliegende Gewässerstrecken beeinflusst. Aus diesem Grund ist es notwendig, die Typisierung und Bewertung der Untersuchungsabschnitte kritisch auf Plausibilität zu prüfen und allfällige Fehltypisierungen zu korrigieren.
Typspezifische Plausibilitätsprüfung aufgrund von Checklisten und Expertenwissen	Die Plausibilitätsprüfung erfolgt typspezifisch mit Hilfe der Checklisten in den Tabellen 9 und 10. Mit dem formalisierten Vorgehen können unkritische Fälle rasch identifiziert und kritische Fälle nach den gleichen Regeln geprüft werden. Der Experte, der die Kartierung durchgeführt hat und die Verhältnisse vor Ort kennt, soll eine allfällige Umteilungen und Neubewertungen vornehmen. Sämtliche Änderungen bezüglich Typisierung und Bewertung sind zu begründen und mit entsprechender Kennzeichnung in der Makrophyten-Datenbank zu vermerken.
7 % aller Untersuchungsabschnitte aufgrund Plausibilitätsprüfung umgeteilt	Von den im Kanton Zürich bisher untersuchten 477 Untersuchungsabschnitten wurden 34 Abschnitte aufgrund der Plausibilitätsprüfung einem anderen Vegetationstyp zugeordnet.

5.4.1 Plausibilitätsprüfung vegetationsarmer Bach

Überprüfung Vegetationstyp	Im Vegetationstyp „vegetationsarmer Bach“ kommen in der Regel nur wenige Arten vor und die Gesamtdeckung ist gering. Bei hohen Artenzahlen und hoher Gesamtdeckung ist zu überprüfen, ob eine Umteilung zu einem anderen Vegetationstyp sinnvoll ist. Das Vorgehen bei der Plausibilitätsprüfung zeigt Tabelle 9.
-----------------------------------	---

Tab. 9: Checkliste Plausibilitätsprüfung vegetationsarmer Bach.

Merkmal	Überprüfung
Absolute Deckung höhere Wasser- pflanzen > 15 % <i>oder</i> Anzahl Taxa ≥ 5 <i>oder</i> Anzahl Moos-Taxa ≥ 3	<ol style="list-style-type: none"> 1. Vergleich Felderhebung - Fotos: Wurden Schlüsselgrößen falsch abgeschätzt oder liegen sie im Übergangsbereich, insbesondere die Beschattung und das Gefälle? 2. Teilbewertung Vielfalt: Wird die Vielfalt in einem anderem Vegetationstyp als „artenreich“ oder als „reduzierte Artenvielfalt“ eingestuft? 3. Sohlenverbauung < 10 %? 4. Führt Teilbewertung Vielfalt in Kombination mit Teilbewertung Standortgerechtigkeit in anderem Vegetationstyp zu einer guten oder sehr guten Gesamtbewertung? Falls ja, Umteilung in entsprechenden Vegetationstyp vornehmen.

**Schritt 1: Überprüfung
Felddaten**

Als erstes wird aufgrund der Fotos und Erhebungsbogen überprüft, ob die Schlüsselgrößen im Feld korrekt abgeschätzt wurden. Die Fotos lassen vor allem eine Überprüfung der Beschattung und teilweise der Substratzusammensetzung zu. Wassertiefe, Gefälle und Abfluss sind nicht immer ersichtlich. Bei offensichtlichen Fehlern ist eine Umteilung in den entsprechenden Vegetationstyp vorzunehmen.

**Umteilung falls gute oder
sehr gute Bewertung in
anderem Vegetationstyp**

Meistens machen nicht Fehler bei der Erhebung eine Umteilung notwendig, sondern Fehleinteilungen aufgrund der natürlichen Unschärfe in den Übergangsbereichen zwischen verschiedenen Vegetationstypen. Eine Umteilung in einen anderen Vegetationstyp muss grundsätzlich vorgenommen werden, wenn der Untersuchungsabschnitt in einem anderen Vegetationstyp eine sehr gute oder gute Gesamtbewertung erhalten würde. Führt die Umteilung zu einer mässigen oder schlechten Bewertung, ist auf die Umteilung zu verzichten.

**Schritt 2: Bestimmung
Anzahl Taxa und Anzahl
Moos-Taxa**

Zu einer guten oder sehr guten Gesamtbewertung kommt es in allen Vegetationstypen nur, wenn die Teilbewertung Vielfalt mindestens als „reduzierte Artenvielfalt“ eingestuft wird. Als zweites wird deshalb überprüft, ob mindestens 5 Taxa oder 3 Moos-Taxa vorhanden sind.

**Schritt 3: Bestimmung der
Sohlenverbauung**

Flächige Sohlenverbauungen führen häufig zu einer Erhöhung der Anzahl Moos-Taxa und damit zu einer nicht natürlich bedingten Erhöhung der Anzahl Arten. Aus diesem Grund wird als drittes der Verbauungsgrad der Gewässersohle überprüft. Bei $\geq 10\%$ Sohlenverbauungen wird grundsätzlich auf eine Umteilung des Untersuchungsabschnittes verzichtet, auch wenn aufgrund von Schritt 2 eine bessere Einstufung möglich wäre.

**Schritt 4: Kombination
Teilbewertung Standort-
gerechtigkeit und Vielfalt**

Falls die Vielfalt gemäss Schritt 2 als „artenreich“ oder „reduzierte Artenvielfalt“ eingestuft wird und keine flächigen Sohlenverbauungen vorliegen, wird als viertes die Standortgerechtigkeit betrachtet. Es wird überprüft, ob die Häufigkeiten der verschiedenen Wuchsformen in einem anderen Vegetationstyp bei der Teilbewertung der Standortgerechtigkeit, in Kombination mit der Teilbewertung Vielfalt, zu einer guten oder sehr guten Gesamtbewertung führen würde. In diesen Fällen ist eine Umteilung in den entsprechenden Vegetationstyp vorzunehmen.

**Umteilung von vegeta-
tionsarmem Bach zu
Moosbach relativ häufig**

Die Erfahrung zeigt, dass es hauptsächlich zu einer Umteilung vom vegetationsarmen Bach zum Moosbach kommt. Die meisten aquatischen Moose benötigen ein festes Substrat, das bei erhöhten Abflüssen nicht bewegt wird. Zudem wachsen sie nur an Stellen, wo sie bei Geschiebetrieb nicht ständig mechanisch beschädigt werden. Die Substratstabilität ist abhängig vom Abfluss, dem Gefälle und der Substratgrösse und wäre die eigentliche Schlüsselgrösse für die Typisierung. Da die Substratstabilität im Feld schwierig zu erfassen ist und kein befriedigender Zusammenhang zwischen Gefälle, Abfluss und Substratgrösse gefunden wurde, wird als Schlüsselgrösse für die Typisierung das dominante Substrat verwendet. Unsere Auswertungen haben gezeigt, dass Moose ab einer Substratgrösse von ≥ 6.3 cm regelmässig in Fliessgewässern vorkommen. Deshalb wird zur Bestimmung des dominanten Substrates die Summe der relativen Anteile aller Korngrössen ≥ 6.3 cm mit der Summe der Anteile der kleineren Grössenklassen verglichen. Da das dominante Substrat die komplexen Zusammenhänge zwischen Abfluss, Gefälle und Substratgrösse nicht immer korrekt wiederzugeben vermag, kommt es relativ häufig zu Umteilungen. Von den total 94 vegetationsarmen Untersuchungsabschnitten wurden 26 Untersuchungsabschnitte aufgrund der Plausibilitätsprüfung zum Typ Moosbach umgeteilt und nur insgesamt 3 Untersuchungsabschnitte anderen Vegetationstypen zugeordnet.

5.4.2 Plausibilitätsprüfung Moosbach, Helophytenbach, Submersenbach und Schwimmblattbach

**Überprüfung Vegetations-
typ**

In den Vegetationstypen Moosbach, Helophytenbach, Submersenbach und Schwimmblattbach ist zu erwarten, dass die namengebende Wuchsform dominant auftritt. Falls dies nicht zutrifft, erfolgt die Plausibilitätsprüfung aufgrund von Tabelle 10. Die Schritte 1 bis 4 der Überprüfung laufen gleich ab, wie beim Vegetationstyp vegetationsarmer Bach (S. 54-56). Zudem müssen zwei zusätzliche Kriterien überprüft werden (Schritt 5-6, Tab. 10).

**Beispiel: Umteilung Sub-
mersenbach zu Helo-
phytenbach**

Ein möglicher Grund für eine atypische Pflanzensammensetzung kann sein, dass sich einzelne oder mehrere Schlüsselgrössen im Übergangsbereich zwischen Vegetationstypen befinden. Zum Beispiel beträgt das Gefälle im Untersuchungsabschnitt 0.45 % und der Abfluss 220 l/s. Oberhalb des Untersuchungsabschnittes liegt das Gefälle bis zur Quelle des Bachs zwischen 0.6 – 1 % und der Abfluss nimmt flussaufwärts kontinuierlich ab auf 100 l/s. Die Gewässerabschnitte oberhalb des Unter-

suchungsabschnittes würden somit alle dem Vegetationstyp Helophytenbach zugeordnet, der eigentliche Untersuchungsabschnitt dem Typ Submersenbach. Die relative Häufigkeit der Submersen im Untersuchungsabschnitt ist mit 20 % gering gegenüber von 80 % Helophyten und es hat nur 8 Arten, was im Vegetationstyp Submersenbach eine mässige Bewertung ergibt. Eine Umteilung zum Typ Helophytenbach ist in diesem Fall angebracht, weil sich die Artenzusammensetzung im Längsverlauf eines Gewässers kontinuierlich ändert und die mässige Bewertung nicht auf anthropogene Einflüsse sondern die ungünstige Typisierung zurückzuführen ist. Nach der Umteilung zum Helophytenbach wird der Untersuchungsabschnitt als sehr gut bewertet.

Tab. 10: Checkliste Plausibilitätsprüfung Moosbach, Helophytenbach, Submersenbach und Schwimmblattbach.

Merkmal	Überprüfung
Stimmen dominante Taxa mit Vegetationstyp überein?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Vergleich Felderhebung - Fotos: Wurden Schlüsselgrössen falsch abgeschätzt oder liegen sie im Übergangsbereich, insbesondere die Beschattung und das Gefälle? 2. Teilbewertung Vielfalt: Wird die Vielfalt in einem anderem Vegetationstyp als „artenreich“ oder als „reduzierte Artenvielfalt“ eingestuft? 3. Sohlenverbauung < 10 %? 4. Führt Teilbewertung Vielfalt in Kombination mit Teilbewertung Standortgerechtigkeit in anderem Vegetationstyp zu einer guten oder sehr guten Gesamtbewertung? Falls ja, Umteilung in entsprechenden Vegetationstyp vornehmen.
Moosbach mit mässiger oder schlechter Bewertung	5. Moosbach mit mässiger oder schlechter Bewertung: Wie wird die im Feld direkt erfasste Substratstabilität eingestuft?
Submersenbach mit Dominanz von Schwimmblattpflanzen	6. Falls die rel. Häufigkeit der Schwimmblattpflanzen grösser ist als die rel. Häufigkeit der anderen Wuchsformen wird der Untersuchungsabschnitt zu den Schwimmblattbächen umgeteilt, unabhängig von der Bewertung.

Schritt 5: Überprüfung der Moosbäche mit mässiger oder schlechter Bewertung

Da die Teilbewertung Vielfalt bei den Moosbächen nur auf der Anzahl Arten beruht, muss die Anzahl Moostaxa bei ungenügender Bewertung überprüft werden. Die gleichen Gründe, die eine Umteilung vom vegetationsarmen Bach zum Moosbach nötig machen, können auch zur Umteilung vom Moosbach zum vegetationsarmen Bach führen (Kap. 5.4.1). Falls die im Feld direkt erfasste Substratstabilität als beweglich eingestuft wurde, ist eine Umteilung zum vegetationsarmen Bach vorzunehmen.

Schritt 6: Umteilung zu Schwimmblattbach bei Dominanz von Schwimmblattpflanzen

Wie in Kapitel 5.2.5 beschrieben, lässt sich ein Subtyp des Schwimmblattbaches aufgrund des Typisierungsschemas (Abb. 15) noch nicht vom Submersenbach abtrennen. Zudem ist die Typisierung für diesen Vegetationstyp aufgrund der geringen Anzahl Datensätze noch nicht befriedigend. Aus diesem Grund werden alle Untersuchungsabschnitte, die von Schwimmblattpflanzen dominiert werden, zum Typ Schwimmblattbach umgeteilt, unabhängig davon, wie die Gesamtbewertung der Vegetation ausfällt.

6 Darstellung und Interpretation der Resultate

Die Darstellung und Interpretation der Resultate hängt von der Fragestellung und der räumlichen Verteilung und Dichte der Untersuchungsabschnitte ab. Kapitel 6.1 bis 6.3 zeigen im Detail auf, in welcher Form die Resultate im Kanton Zürich in die periodische Berichterstattung über den Zustand der Fliessgewässer einfließen^{8, 9}. Anhand effektiv erhobener Daten wird dargestellt, wie sich die räumliche Verteilung der Untersuchungsabschnitte auf den Detaillierungsgrad der Aussagen auswirkt und wie sich die Beurteilung der Fliessgewässer-Vegetation mit anderen Untersuchungsdaten kombinieren lässt.

6.1 Regionaler Überblick

Darstellung und Interpretation der Resultate im regionalen Überblick

Der Zustand der Wasserpflanzen in ausgewählten Einzugsgebieten wird anhand einer Übersichtskarte dargestellt. Abbildung 27 zeigt die Verteilung der verschiedenen Vegetationstypen in den Einzugsgebieten von Sihl, Limmat und Zürichsee sowie deren Bewertung. Der Zustand der Vegetation wird im regionalen Überblick diskutiert und es wird falls möglich auf generelle Zusammenhänge zwischen Bewertung und anthropogenen Einflüssen hingewiesen.

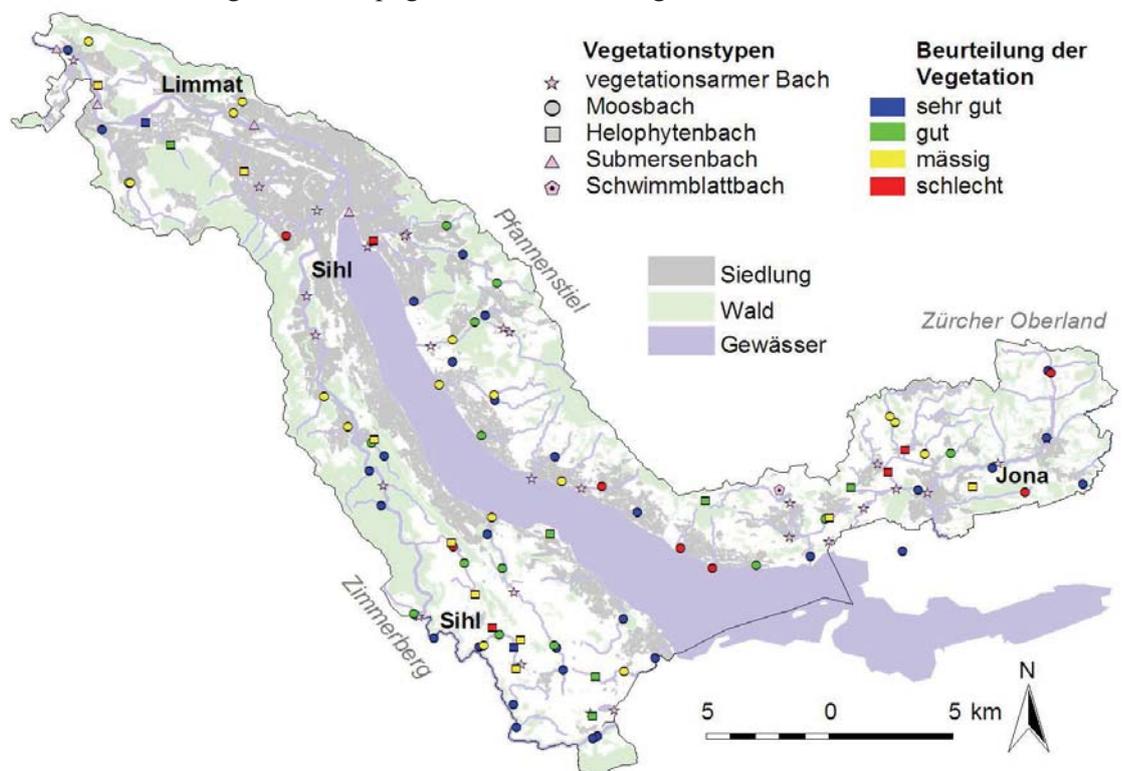


Abb. 27: Zustand der Wasserpflanzen in den Einzugsgebieten von Sihl, Limmat und Zürichsee; Messkampagne 2006/2007. Die vegetationsarmen Bäche, Submersenbäche und Schwimmblattbäche werden in diesen Einzugsgebieten nicht bewertet (Symbole in Rosa).

Zustand Typ Moosbach	Im Einzugsgebiet von Limmat und Zürichsee wurden 119 Untersuchungsabschnitte kartiert. Der Vegetationstyp des Moosbachs dominiert mit 56 % aller untersuchten Gewässerabschnitte. Dieser Vegetationstyp kommt im gesamten Einzugsgebiet verbreitet vor. 45 % aller untersuchten Abschnitte waren in sehr gutem, 21 % in gutem, 22 % in mässigem und 11 % in schlechtem Zustand. 34 % der Moosbäche wiesen stark beeinträchtigte oder naturfremde ökomorphologische Verhältnisse auf. Bei der Hälfte dieser Stellen befand sich auch die Vegetation in mässigem bis schlechtem Zustand. Ein mässiger Zustand der Moosvegetation war an den meisten Gewässerstellen auf eine zu geringe Moosvielfalt zurückzuführen. An Gewässerstellen mit schlechter Beurteilung waren ebenfalls zu wenig Moosarten vorhanden. Zusätzlich kamen aber auch verschiedene andere Pflanzenarten in einer Häufigkeit vor, die im Moosbach unter natürlichen Verhältnissen nicht zu erwarten gewesen wären.
Zustand Typ Helophytenbach	18 % aller untersuchten Gewässerstellen entsprechen dem Vegetationstyp des Helophytenbachs. Helophytenbäche treten im Einzugsgebiet gehäuft auf dem Zimmerberg und im Zürcher Oberland auf. Aufgrund des hohen Gefälles fehlen sie zwischen Pfannenstiel und Zürichsee. Die Standortgerechtigkeit und Vielfalt der Vegetation entsprach in 10 % aller untersuchten Gewässerabschnitte einem sehr guten, in 28 % einem guten, in 43 % einem mässigen und in 19 % einem schlechten Zustand. 40 % der Helophytenbäche wiesen stark beeinträchtigte oder naturfremde ökomorphologische Verhältnisse auf. An 60 % dieser Stellen befand sich auch die Vegetation in mässigem bis schlechten Zustand. In 80 % aller Untersuchungsabschnitte mit ungenügender Bewertung war eine mittlere bis starke Kolmation der Bachsohle vorhanden. Sowohl der ökomorphologische Zustand als auch die Kolmation beschreiben den Zustand des Lebensraums für höhere Wasserpflanzen. Durch die Verbauung von Sohle und Ufer, aber auch durch die Kolmation der Gewässer- sohle, wird direkt Lebensraum für höhere Wasserpflanzen zerstört. Dies dürfte ein Hauptgrund für die starke Gefährdung vieler Wasserpflanzen sein. Mit der Begrä- digung der Gewässer werden zudem die Flachwasserzonen am Gewässerrand besei- tigt, welche wichtige Lebensräume für Helophyten darstellen.
Zustand Typ Submersenbach	Im untersuchten Einzugsgebiet wird nur die Limmat dem Vegetationstyp Submersenbach zugeordnet. Da die Methode zur Beurteilung der Vegetation nur für kleine bis mittlere Fliessgewässer anwendbar ist, konnten die Untersuchungsstellen an der Limmat nicht bewertet werden.
Zustand Typ Schwimmblattbach	Nur ein kleiner Riedgraben in einem Naturschutzgebiet im Zürcher Oberland ist dem Vegetationstyp des Schwimmblattbachs zuzuordnen. Er wurde nicht bewertet.
Verteilung des Typs vegetationsarmer Bach	24 % aller 119 untersuchten Gewässerabschnitte sind natürlicherweise vegetations- arm und im gesamten betrachteten Einzugsgebiet verbreitet zu finden.

Ausmass der Verkrautung Zusätzlich zum Zustand der Vegetation wird häufig auch das Ausmass der Verkrautung in einer Übersichtskarte (Abb. 28) dargestellt und kommentiert. Die Verkrautung wird aufgrund der im Feld erhobenen Profilfüllung (siehe Anhang 4, Profilfüllung) mittels einer dreistufigen Skala beurteilt.

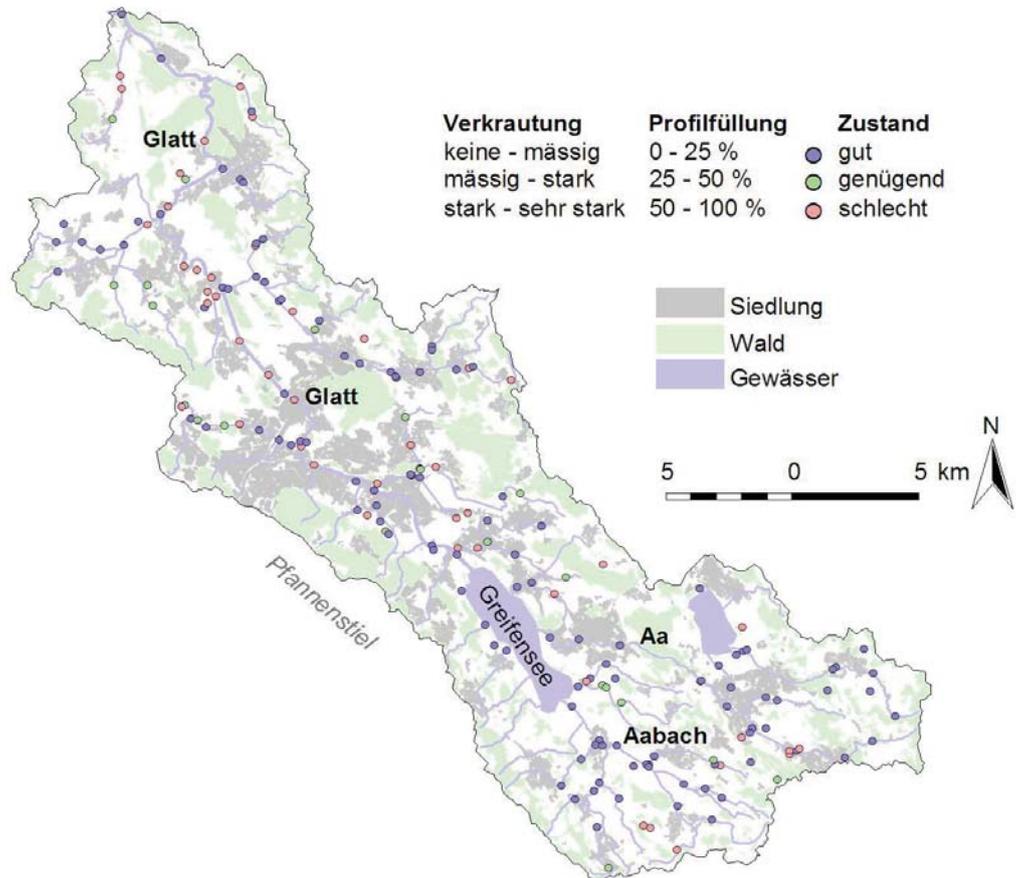


Abb. 28: Ausmass der Verkrautung in den Einzugsgebieten von Glatt und Greifensee; Messkampagne 2004/2005.

Verkrautungen – ein Problem aus Sicht des Hochwasserschutzes

Eine starke Verkrautung von Fliessgewässern stellt aus Gründen des Hochwasserschutzes ein Problem dar, weil sie die Abflusskapazität des Gerinnes verringert. Der Verkrautungsgrad wurde an 193 Fliessgewässerabschnitten untersucht und bewertet. 62 % der Abschnitte waren nicht bis mässig, 12 % mässig bis stark und 26 % stark bis sehr stark verkrautet. Eine starke Verkrautung trat in der Regel in wenig beschatteten Gewässerabschnitten auf, wie beispielsweise in der Glatt unterhalb von Dübendorf. Die starke Verkrautung vieler kleiner bis mittlerer Gewässer im Siedlungs- oder landwirtschaftlich genutzten Gebiet ist hauptsächlich auf die fehlende Beschattung durch Bäume und Hecken zurückzuführen. In diesen Bächen, mit meist geringem Gefälle und daher geringer Strömungsgeschwindigkeit sowie fehlendem Geschiebetrieb, finden höhere Wasserpflanzen ideale Wachstumsbedingungen vor. Grössere Gewässer wie die Glatt werden vielfach auch natürlicherweise

nicht vollständig durch die Ufervegetation beschattet. In solchen Gewässern wird das Wachstum der höheren Wasserpflanzen massgeblich durch das Abflussregime beeinflusst.

6.2 Überblick über ein Gewässersystem

Höhere Dichte an Untersuchungsabschnitten ermöglicht präzisere Aussagen zum Zustand der Vegetation

Soll der Zustand der Fliessgewässer-Vegetation eines Gewässersystems genauer analysiert werden, muss das Hauptgewässer im Längsverlauf mit einer angemessenen Anzahl Untersuchungsabschnitte berücksichtigt werden. Zudem sind in den wichtigsten Seitenbächen ein Untersuchungsabschnitt kurz oberhalb der Mündung ins Hauptgewässer und mindestens ein Untersuchungsabschnitt im Oberlauf zu kartieren. Durch die höhere Dichte an Untersuchungsabschnitten können detailliertere Aussagen zum Zustand der Vegetation gemacht werden als im regionalen Überblick. So kann die Entwicklung der Vegetation im Längsverlauf in Zusammenhang mit den sich ändernden Standortverhältnissen und anthropogenen Beeinträchtigungen diskutiert werden, wie am Beispiel des Furtbachs im Detail aufgezeigt wird.

Allgemeine Beschreibung des Gewässersystems

Der Furtbach ist das Hauptgewässer des im Nordwesten der Stadt Zürich gelegenen Furttals und entwässert ein Einzugsgebiet von zirka 44 km². Das Tal ist Ost-West orientiert und wird intensiv landwirtschaftlich genutzt (47 %). Siedlungen machen 21 % und Wald 30 % der Einzugsgebietfläche aus. Der Furtbach hat ein mittleres Gefälle von 0.13 %, der Abfluss beträgt beim Abfluss aus dem Katzensee 58 l/s, an der Kantonsgrenze bei Otelfingen fast 600 l/s. Auf der gut 11 km langen Fliessstrecke zwischen dem Abfluss aus dem Katzensee (433 m ü. M.) und der Kantonsgrenze bei Otelfingen (418 m ü. M.) leiten die ARA Wüeri, die ARA Buchs und die ARA Otelfingen gereinigtes Abwasser in den Bach ein. Bei Trockenwetterabfluss kann der Anteil von gereinigtem Abwasser bis 50 % des Abflusses betragen. Die Seitenbäche entspringen meist in den steilen und bewaldeten Talflanken und fliesen anschliessend mit abnehmendem Gefälle durch Siedlungsgebiet oder landwirtschaftlich genutztes Gebiet bis zur Mündung in den Furtbach. Es handelt sich um sehr kleine bis kleine Gewässer mit Abflüssen unter 100 l/s.

Anthropogene Belastungen des Gewässersystems

Die Zielvorgaben für Ammonium und Nitrit, welche in höheren Konzentrationen toxisch sind für die Organismen im Wasser, können im Furtbach und seinen Zuflüssen fast immer erfüllt werden (Tab. 11). Aufgrund der intensiven landwirtschaftlichen Nutzung und des hohen Abwasseranteils ab Regensdorf sind die Nitrat-, Phosphat- und DOC-Konzentrationen in vielen Untersuchungsabschnitten des Furtbachs (6 – 14) erhöht, während die Seitenbäche (15 – 34) deutlich tiefere Konzentrationen aufweisen. Sowohl im Furtbach (9 – 13) als auch in einigen Seitenbächen (17, 20, 25, 29) treten regelmässig erhöhte Pestizidkonzentrationen auf. Die Abflussverhältnisse in den Seitenbächen (15 – 34) und im Furtbach bis Buchs (1 - 10) werden als sehr gut beurteilt. Ab Buchs wird zur Bewässerung von Gemüsekulturen und des Golfplatzes Otelfingen Wasser aus dem Furtbach und einigen Seitenbächen ent-

nommen. Dies führt in Trockenzeiten zeitweise zu einer ungenügenden Restwasserführung im Furtbach unterhalb von Buchs (11 – 14). Unmittelbar nach dem Ausfluss aus dem Katzensee (1 – 2) weist der Furtbach einen natürlichen bis wenig beeinträchtigten ökomorphologischen Zustand auf. Anschliessend fliesst der Furtbach ein kurzes Stück eingedolt durch Landwirtschaftsland und weist dann im Bereich von Regensdorf (3 – 7), mit Ausnahme eines kurzen renaturierten Teilstückes (5), einen stark beeinträchtigten ökomorphologischen Zustand auf. Zwischen Regensdorf und Buchs (8 – 10) wurde der Furtbach 1993, zwischen Dänikon bis eingangs Otelfingen im Jahr 2000 renaturiert und befindet sich seither in einem natürlichen bis wenig beeinträchtigten ökomorphologischen Zustand. Dazwischen und bis zur Kantonsgrenze in Otelfingen (11 – 14) weist der Furtbach einen stark beeinträchtigten ökomorphologischen Zustand auf. Die Seitenbäche weisen im bewaldeten Oberlauf häufig einen natürlichen oder wenig beeinträchtigten ökomorphologischen Zustand auf. Im Unterlauf, wo sie durch Siedlungsgebiet und landwirtschaftlich genutztes Gebiet fliessen, sind sowohl Abschnitte in natürlichem oder wenig beeinträchtigtem Zustand als auch stark beeinträchtigte oder naturfremde Abschnitte vorhanden oder die Gewässer sind eingedolt.

Zustand der Makroinvertebraten und Fische

Die Makroinvertebratengemeinschaften und die Fische befinden sich in allen untersuchten Abschnitten, ausser im Furtbach vor der ARA Buchs (11), in einem mässigen oder unbefriedigenden Zustand (Tab. 11). Makroinvertebraten und Fische gelten als biologische „Gesamtindikatoren“ für Beeinträchtigungen des Gewässerraums, der Wasserführung und der Wasserqualität. Der ungenügende Zustand dieser Organismen im Furtbach verdeutlicht, dass verschiedene Belastungsfaktoren zusammenwirken und die ökologische Funktionsfähigkeit des Furtbaches weit vom Zielzustand entfernt ist.

Tab. 11: Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse.

Nr. Stellenname	Zustand nach Modul-Stufen-Konzept					Wasserqualität					Biologie			Vegetation															
	sehr gut	gut	mässig	unbefriedigend	schlecht	keine Beurteilung	Ammonium	Nitrit	Nitrat	Phosphat	DOC	Herbizide: Beurteilung nach Chèvre et al. 2006 ²⁵	Insektizide: Beurteilung nach Chèvre et al. 2006 ²⁵	Kieselalgen	Makroinvertebraten	Fische	Vegetationstyp	Bewertung der Verkräutung	Gesamtbewertung der Vegetation	Teilbewertung der Standortgerechtigkeit	Teilbewertung der Vielfalt	Anzahl Arten total	Anzahl Moose	Anzahl Helophyten	Anzahl Submerse und Schwimmblättrige	Gesamtddeckung höhere Makrophyten [%]	Gesamtddeckung Moose [%]	Gesamtddeckung fähige Algen [%]	
Furtbach	1 Furtbach Ablauf Chatzensee	sehr gut	gut	mässig	unbefriedigend	keine Beurteilung																4	0	4	0	18	0	0	
	2 Furtbach vor Katzenseestrasse	sehr gut	gut	mässig	unbefriedigend	keine Beurteilung																0	0	0	0	0	0	0	0
	3 Furtbach in Watt	sehr gut	gut	mässig	unbefriedigend	keine Beurteilung																10	0	9	1	38	0	0	0
	4 Furtbach bei Trockenlooweg	sehr gut	gut	mässig	unbefriedigend	keine Beurteilung																0	0	0	0	0	0	0	0
	5 Furtbach vor Büelkanal	sehr gut	gut	mässig	unbefriedigend	keine Beurteilung																6	2	4	0	18	0	38	
	6 Furtbach vor Trockenloo-Kanal	sehr gut	gut	mässig	unbefriedigend	keine Beurteilung																4	2	2	0	4.5	4.5	0.5	
	7 Furtbach Rietbach bei Adlikon	sehr gut	gut	mässig	unbefriedigend	keine Beurteilung																4	1	1	2	88	4.5	0.5	
	8 Furtbach vor ARA Regensdorf	sehr gut	gut	mässig	unbefriedigend	keine Beurteilung																12	1	8	3	38	4.5	0.5	
	9 Furtbach nach ARA Regensdorf	sehr gut	gut	mässig	unbefriedigend	keine Beurteilung																8	0	6	2	63	4.5	4.5	
	10 Furtbach bei Gheid	sehr gut	gut	mässig	unbefriedigend	keine Beurteilung																16	1	11	4	63	4.5	4.5	
	11 Furtbach vor ARA Buchs	sehr gut	gut	mässig	unbefriedigend	keine Beurteilung																6	2	1	3	38	4.5	0	
	12 Furtbach nach ARA Buchs	sehr gut	gut	mässig	unbefriedigend	keine Beurteilung																7	2	3	2	38	4.5	0	
	13 Furtbach vor ARA Otelfingen	sehr gut	gut	mässig	unbefriedigend	keine Beurteilung																9	1	3	5	63	4.5	38	
	14 Furtbach nach ARA Otelfingen	sehr gut	gut	mässig	unbefriedigend	keine Beurteilung																6	0	1	5	18	0	18	
Seitenbäche des Furtbachs	15 Büelkanal vor Furtbach	sehr gut	gut	mässig	unbefriedigend	keine Beurteilung															7	3	4	0	88	18	4.5		
	16 Breitwiesenkanal im Landwirtschaftsland	sehr gut	gut	mässig	unbefriedigend	keine Beurteilung															1	0	1	0	4.5	0	4.5		
	17 Breitwiesenkanal vor Furtbach	sehr gut	gut	mässig	unbefriedigend	keine Beurteilung															3	3	0	0	4.5	4.5	4.5		
	18 Chilenwiesenbach oberhalb Dällikon	sehr gut	gut	mässig	unbefriedigend	keine Beurteilung																6	6	0	0	4.5	0		
	19 Chilenwiesenkanal	sehr gut	gut	mässig	unbefriedigend	keine Beurteilung																6	0	6	0	38	0	0	
	20 Mülibach vor Furtbach	sehr gut	gut	mässig	unbefriedigend	keine Beurteilung																5	0	4	1	18	4.5	0.5	
	21 Quergraben vor Furtbach	sehr gut	gut	mässig	unbefriedigend	keine Beurteilung																5	1	3	1	38	4.5	4.5	
	22 Oberwiesenbach Dänikon	sehr gut	gut	mässig	unbefriedigend	keine Beurteilung																3	0	3	0	88	0	0	
	23 Oberwiesenbach vor Furtbach	sehr gut	gut	mässig	unbefriedigend	keine Beurteilung																4	0	4	0	4.5	0	0	
	24 Hofbach oberhalb Furtalstrasse	sehr gut	gut	mässig	unbefriedigend	keine Beurteilung																0	0	0	0	0	0	0	
	25 Bännengraben vor Furtbach	sehr gut	gut	mässig	unbefriedigend	keine Beurteilung																7	0	5	2	Bach entkrautet			
	26 Höglerbach vor Furtbach	sehr gut	gut	mässig	unbefriedigend	keine Beurteilung																2	0	2	0	4.5	0	0	
	27 Dorfbach Dänikon vor Furtbach	sehr gut	gut	mässig	unbefriedigend	keine Beurteilung																8	2	6	0	38	4.5	0	
	28 Harberenbach Erbist	sehr gut	gut	mässig	unbefriedigend	keine Beurteilung																2	2	0	0	0	4.5	0	
	29 Harberenbach vor Furtbach	sehr gut	gut	mässig	unbefriedigend	keine Beurteilung																6	0	4	2	4.5	0	4.5	
	30 Weierbach nördlich Boppelsen	sehr gut	gut	mässig	unbefriedigend	keine Beurteilung																0	0	0	0	0	0	0	
	31 Hulligenbach	sehr gut	gut	mässig	unbefriedigend	keine Beurteilung																1	1	0	0	0.5	0.5	4.5	
	32 Luchernbach nördlich Otelfingen	sehr gut	gut	mässig	unbefriedigend	keine Beurteilung																0	0	0	0	0	0	0	
	33 Hulligenbach in Otelfingen	sehr gut	gut	mässig	unbefriedigend	keine Beurteilung																7	3	4	0	38	4.5	38	
	34 Dorfbach Otelfingen	sehr gut	gut	mässig	unbefriedigend	keine Beurteilung																5	3	2	0	4.5	4.5	4.5	

**Verteilung der
Vegetationstypen**

Die Vegetation des Furtbaches zeigt eine deutliche Längszonierung (Tab. 11, Abb. 29). Die beiden obersten Untersuchungsabschnitte (1 - 2) werden aufgrund der starken Beschattung und dem überwiegend feinen Sohlensubstrat dem Typ „vegetationsarmer Bach“ zugeordnet. Zwischen Regensdorf-Watt bis unterhalb der ARA Wüeri folgen sieben Untersuchungsabschnitte (3 - 9), die aufgrund der geringen Beschattung und des kleinen Abflusses und Gefälles dem Typ „Helophytenbach“ entsprechen. Mit Zunahme des Abflusses bei gleich bleibend geringem Gefälle und Beschattung werden die untersten fünf Untersuchungsabschnitte (10 - 14) bis zur Kantonsgrenze dem Typ Submersenbach zugeordnet. Bei den Seitenbächen handelt es sich meist um Helophytenbäche oder, bei stärkerer Beschattung und abhängig von der dominanten Substratgrösse, um vegetationsarme Bäche oder Moosbäche.

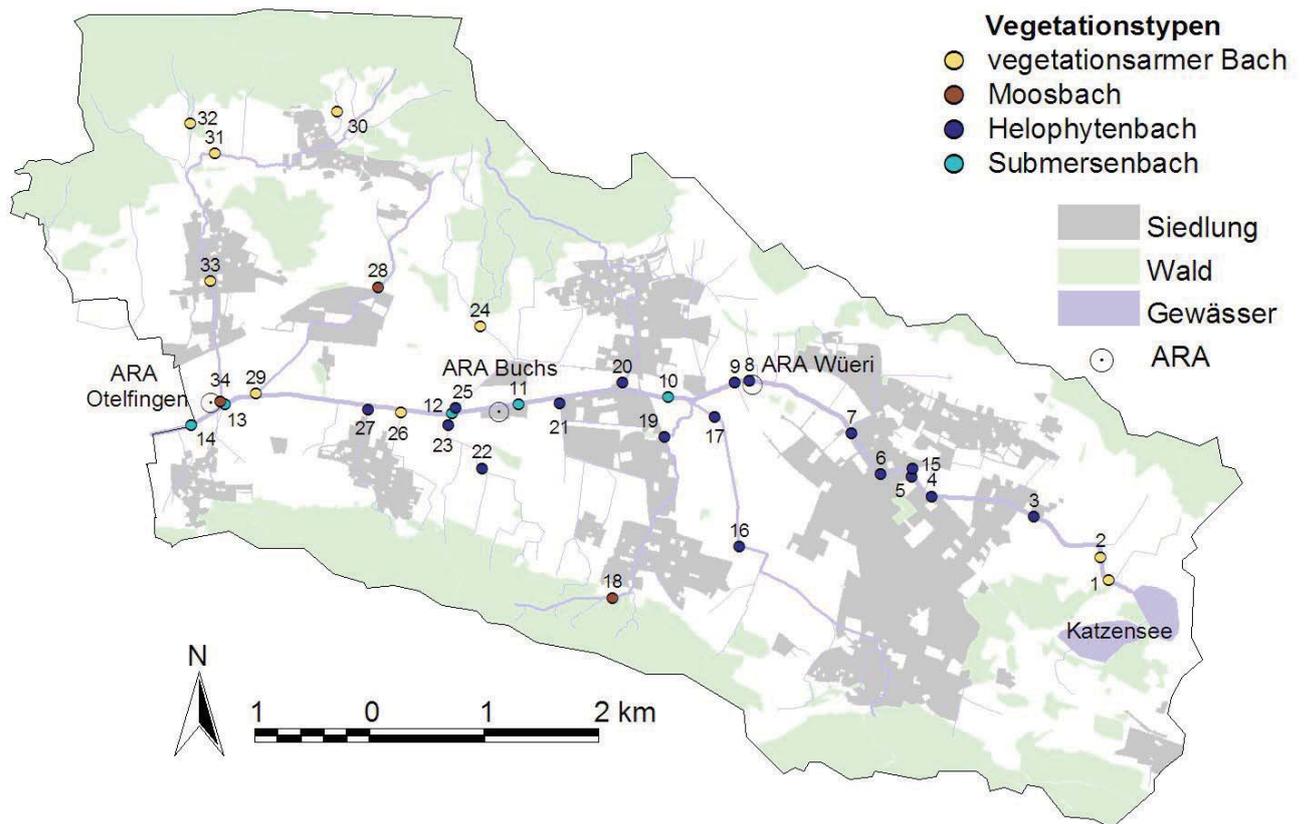


Abb. 29: Gewässertypen des Furtbaches und seiner Seitenbäche; Messkampagne 2008.

Zustand der Vegetation im Furtbach

Der Zustand der Vegetation im Furtbach und seinen Zuflüssen ist sehr unterschiedlich (Tab. 11, Abb. 30). Die beiden obersten Untersuchungsabschnitte des Typs „vegetationsarmer Bach“ (1 -2) werden methodenbedingt nicht bewertet.

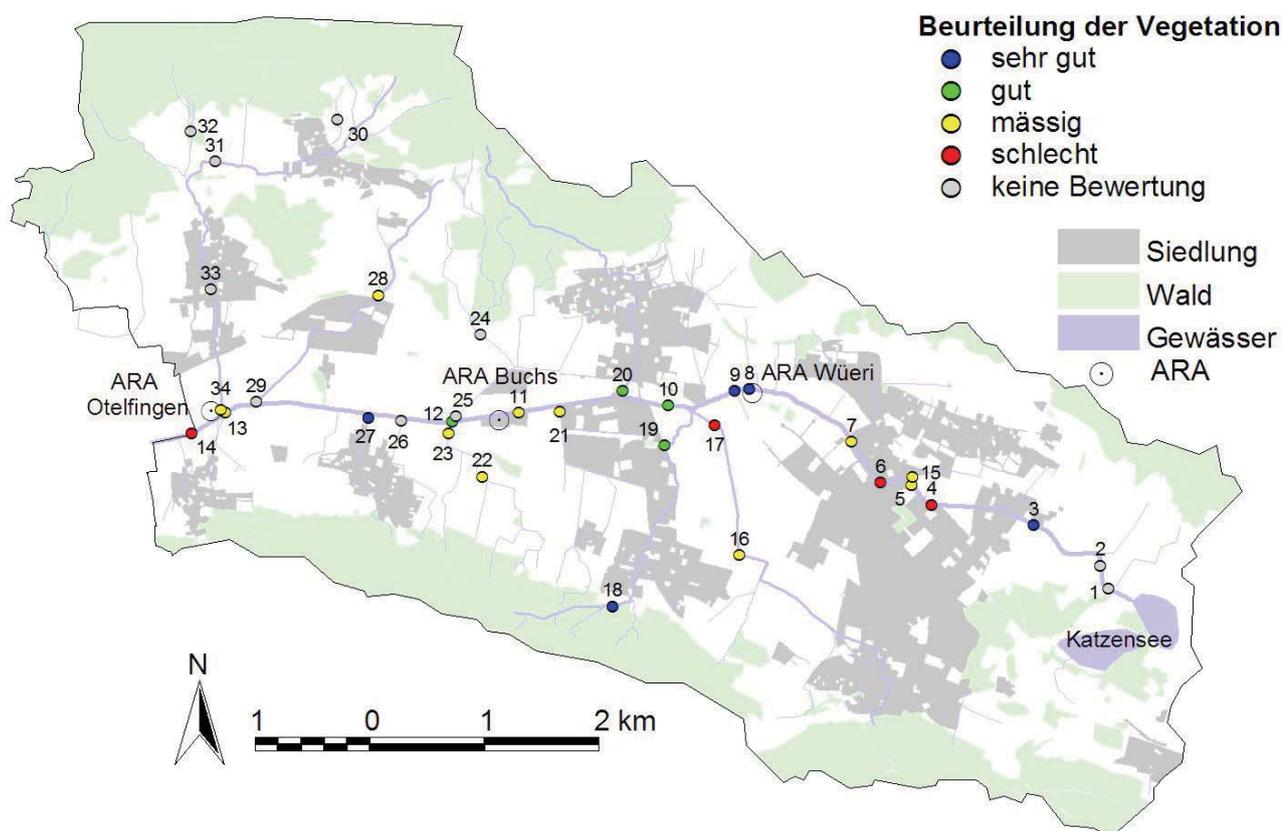


Abb. 30: Zustand der Vegetation im Furtbach und seinen Zuflüssen; Messkampagne 2008.

Zustand Typ Helophytenbach

Es folgt der erste Untersuchungsabschnitt des Typs Helophytenbach in Regensdorf-Watt (3), der als „sehr gut“ bewertet wird. Die Vegetation ist standorttypisch und mit 10 Taxa sehr vielfältig. Die folgenden drei Abschnitte (4 – 6) weisen eine nicht standorttypische Vegetation mit relativ geringer Deckung an höheren Makrophyten auf: im obersten Abschnitt (4) fehlen Pflanzen vollständig, der mittlere Abschnitt (5) wird von Algen dominiert und im untersten Abschnitt (6) sind Moose und höhere Makrophyten gleich stark vertreten. Dieser Abschnitt weist ein deutlich gröberes Sohlensubstrat auf als die oberliegenden Untersuchungsabschnitte, was die erhöhte Häufigkeit der Moose zu erklären vermag. Alle drei Abschnitte sind artenarm oder weisen eine reduzierte Artenvielfalt auf, was insgesamt zu einer mässigen oder schlechten Gesamtbewertung führt. Der nächste Abschnitt im Längsverlauf (7) entspricht von seiner Standortgerechtigkeit einer Übergangsform zwischen Helophy-

ten- und Schwimmblattbach. Der Abschnitt weist wie alle oberliegenden Abschnitte ein Gefälle unter 0.15 % auf, ist aber mit 0.4 m Tiefe relativ tief für einen Helophytenbach. Mit nur vier Taxa ist er artenarm und wird deshalb als mässig beurteilt. Die beiden letzten Abschnitte des Typs Helophytenbach (8 – 9) liegen oberhalb und unterhalb der ARA Wüeri. Das Gefälle ist mit 0.38 % in beiden Abschnitten deutlich höher als in den oberliegenden Untersuchungsstrecken. Die Untersuchungsabschnitte haben eine standortgerechte und mit 12, resp. 8 Taxa eine vielfältige Vegetation. Im Gegensatz zum Untersuchungsabschnitt in Regensdorf-Watt (3), wo nur eine Submersenart mit geringer Deckung auftritt, kommen oberhalb und unterhalb der ARA Wüeri (8 – 9) drei, resp. zwei Submersen- und Schwimmblattarten vor und zeigen damit die Entwicklung des Furtbachs vom Typ „Helophytenbach“ in Richtung „Submersenbach“ an.

**Interpretation Typ
Helophytenbach**

Der sehr gute Zustand der Vegetation im Abschnitt bei Regensdorf-Watt (3) weist darauf hin, dass bereits im Oberlauf des Furtbachs das Potential für eine standortgerechte und vielfältige Vegetation vorhanden ist. Der Abschnitt ist ökomorphologisch stark beeinträchtigt, grenzt aber oberhalb an eine längere Gewässerstrecke in gutem bis sehr gutem ökomorphologischen Zustand. Oberhalb und unterhalb der ARA Wüeri (8 – 9) befindet sich die Vegetation ebenfalls in einem sehr guten Zustand. In diesem Bereich wurde der Furtbach 1993 renaturiert. Er zeigt eine ausgeprägte resp. eingeschränkte Breitenvariabilität und der ökomorphologische Zustand wird als natürlich eingestuft. Der strukturreiche Uferbereich bietet den Helophyten vielfältige Lebensräume und dürfte hauptsächlich für den guten Zustand der Vegetation verantwortlich sein.

**Zustand Typ Submersen-
bach**

Südöstlich von Buchs befindet sich der erste Untersuchungsabschnitt im Furtbach (10), der dem Typ Submersenbach zugeordnet wird. Die Zusammensetzung der Vegetation entspricht einer Übergangsform zwischen Helophyten- und Submersenbach. Die Helophyten dominieren mit knapp 50 %. Die relativen Häufigkeiten von Submersen und Schwimmblattpflanzen liegen je bei zirka 25 % und damit nur knapp unter der typischen Zusammensetzung für den Typ Submersenbach. Der Untersuchungsabschnitt ist mit 16 Taxa der artenreichste Abschnitt im gesamten Furtbach. Aufgrund des dominanten Vorkommens von *Potamogeton nodosus* wird bei der Bewertung der Vielfalt trotzdem nur die mittlere Bewertungsstufe vergeben. Dies führt insgesamt zu einer guten Gesamtbewertung der Vegetation. Die beiden Untersuchungsabschnitte oberhalb und unterhalb der ARA Buchs (11 – 12) weisen eine standortgerechte Vegetation auf. Allerdings tritt in beiden Abschnitten *Elodea nuttallii* dominant auf. Mit einer Art weniger wird der Abschnitt oberhalb der ARA Buchs insgesamt als mässig, der Abschnitt unterhalb der ARA Buchs als gut beurteilt. Die Vegetation der beiden Untersuchungsabschnitte oberhalb und unterhalb der ARA Otelfingen (13 – 14) wird als nicht standorttypisch beurteilt, da sie eine zu hohe Algendeckung aufweist. Zudem wird die Artenvielfalt oberhalb der ARA als reduziert, unterhalb der ARA gar als artenarm klassiert, was insgesamt zu einer mässigen, respektive schlechten Bewertung der Vegetation führt.

**Interpretation Typ
Submersenbach**

Insgesamt verschlechtert sich der Zustand der Untersuchungsabschnitte im Längsverlauf deutlich. Der als gut bewertete oberste Abschnitt (10) liegt wie die Untersuchungsabschnitte 8 und 9 ebenfalls noch in der 1993 renaturierten Gewässerstrecke und weist einen naturnahen ökomorphologischen Zustand auf. Alle anderen Abschnitte (11 – 14) dagegen sind ökomorphologisch stark beeinträchtigt. Während in allen fünf Abschnitten des Typs Submersenbach zwischen zwei bis fünf Schwimmblattarten und/oder Submersenarten vorhanden sind, ist die Anzahl Helophyten mit 11 Arten im obersten Abschnitt (10) deutlich höher als in den vier unterliegenden Abschnitten, wo maximal 3 Helophyten-Taxa vorhanden sind. Helophyten können in tieferen Gewässern nur im Uferbereich wachsen. Aufgrund des stark beeinträchtigten ökomorphologischen Zustandes fehlen in den vier untersten Untersuchungsabschnitten geeignete Lebensräume für Helophyten, was die geringe Anzahl Arten zumindest teilweise zu erklären vermag. Allerdings nimmt auch die Konzentration an Herbiziden im Längsverlauf zu und auch die Kieselalgen indizieren eine zunehmende Belastung an Nährstoffen und organisch abbaubaren Stoffen. Wie sich die verschiedenen negativen Einflussfaktoren im Einzelnen auf die Vegetation auswirken kann bisher nicht abgeschätzt werden.

**Zustand der Vegetation in
den Zuflüssen und
Interpretation**

Insgesamt wurden zwanzig Untersuchungsabschnitte in den Zuflüssen des Furtbaches untersucht. Davon wurden sieben Untersuchungsabschnitte dem Typ „vegetationsarmer Bach“ zugewiesen und nicht bewertet. Fünf von sieben Untersuchungsabschnitten in stark beeinträchtigtem oder naturfremdem ökomorphologischen Zustand wiesen eine mässige oder schlechte Vegetation auf. Zwei von fünf Untersuchungsabschnitten in wenig beeinträchtigtem oder naturnahem ökomorphologischen Zustand wiesen eine gute oder sehr gute Vegetation auf. Diese Resultate deuten wie die Resultate aus dem Furtbach darauf hin, dass schlechte ökomorphologische Verhältnisse die Vegetation häufig negativ beeinflussen. Ein wenig beeinträchtigter oder naturnaher ökomorphologischer Zustand dagegen führt nicht zwingend zu einer guten oder sehr guten Vegetation. Andere Faktoren, z.B. ungenügende Wasserqualität oder eine starke Kolmation der Gewässersohle können auch bei guten ökomorphologischen Verhältnissen zu einer schlechten Bewertung der Vegetation führen.

6.3 Überblick über einzelne Untersuchungsabschnitte

Darstellung der Resultate in Form von Steckbriefen

Stehen einzelne Untersuchungsabschnitte im Zentrum des Interesses, wird pro Untersuchungsabschnitt ein Steckbrief erstellt, in welchem sämtliche relevanten Informationen tabellarisch zusammengestellt sind (Tab. 12). Neben Informationen zur Zusammensetzung und zum Zustand der Vegetation werden die wichtigsten morphologischen Kenngrößen zur Charakterisierung des Untersuchungsabschnittes aufgeführt. Anhand dieser Steckbriefe können einzelne Untersuchungsabschnitte detailliert miteinander verglichen werden, z.B. um Aussagen zum Zustand der Vegetation vor und nach einer Renaturierung zu machen.

Tab. 12: Steckbrief eines einzelnen Untersuchungsabschnittes.

Steckbrief Strecke Nr.	5530	Jonen bei Segelflugplatz			
Datum Probenahme:	17.6.2008	Bearbeiterin: Barbara Känel			
Stellencharakterisierung					
Koordinaten:	681095 / 232515				
Meereshöhe:	586.0 m ü. M.				
Streckenlänge:	80 m				
mittlere Breite Sohle:	3 m				
mittlere benetzte Breite:	2.5 m				
Breitenvariabilität:	eingeschränkt				
mittlere Tiefe:	0.4 m				
maximale Tiefe:	0.7 m				
Tiefenvariabilität:	ausgeprägt				
Beschattung:	10 %				
Gefälle GIS:	0.30 %				
Abfluss GIS:	225 l/s				
mittlere Fliessgeschwindigkeit:	0.3 m/s				
dominantes Substrat:	<6.3 cm				
Substratbeweglichkeit:	beweglich				
Ökomorphologie F					
Bewertung:	stark beeinträchtigt				
Verbauung Sohle:	Grad:	keine	Art:	-	
Verbauung Böschungsfuss:	links: Grad:	vollständig	Art:	Natursteine dicht	
	rechts: Grad:	vollständig	Art:	Natursteine dicht	
Uferbereich:	links: Breite:	8 m	Art:	mon. Hochstaudenflur	
	rechts: Breite:	9 m	Art:	mon. Hochstaudenflur	
Umlandnutzung:	links: Art:	Fettwiese, Acker, Weide			
	rechts: Art:	Fettwiese, Acker, Weide			
Äusserer Aspekt:					
Kolmation:	keine	Schlamm:	kein	Heterotropher Bewuchs:	kein
Trübung:	keine	Schaum:	kein	Verfärbung:	mittel



Steckbrief Strecke Nr.	5530	Jonen bei Segelflugplatz	
Datum Probenahme:	17.6.2008	Bearbeiterin:	Barbara Känel
Vegetation			
Vegetationstyp:	<i>Submersenbach</i>	Bemerkungen:	
Gesamtbewertung Vegetation:	<i>gut</i>	Bemerkungen:	
Standortgerechtigkeit Vegetation:	<i>standorttypisch</i>		
Vielfalt der Vegetation:	<i>reduzierte Artenvielfalt</i>		
häufigste Wuchsform:	<i>Submerse</i>		
dominante Taxa:	<i>nein</i>		
Zusammensetzung Vegetation			
Anzahl Taxa:	9		
Gesamtdeckung Makrophyten:	25 bis < 50 %	Anteil unbedecktes Substrat:	50 bis < 75 %
	rel. Häufigkeit	absolute Deckung	Anzahl Taxa
Schwimblattpflanzen:	10 %	3.8 %	1
Submerse:	60 %	22.8 %	2
Helophyten:	27%	10.26 %	4
Moose:	3 %	1.14 %	2
fädige Algen:	0 %	0 %	0
Taxaliste			
	rel. Häufigkeit	absolute Deckung	
Höhere Makrophyten:			
• <i>Myriophyllum spicatum</i>	35 %	13.3 %	
• <i>Ranunculus trichophyllus</i>	25 %	9.5 %	
• <i>Veronica anagallis-aquatica</i>	15 %	5.7 %	
• <i>Potamogeton natans</i>	10 %	3.8 %	
• <i>Phalaris arundinacea</i>	10 %	3.8 %	
• <i>Glyceria notata</i>	1 %	0.38 %	
• <i>Veronica beccabunga</i>	1 %	0.38 %	
Bryophyta:			
• <i>Fontinalis antipyretica</i>	3 %	1.14 %	
• <i>Amblystegium riparium</i>			

**Steckbriefe als Daten-
grundlage für weiter-
gehende Auswertungen**

Die Steckbriefe enthalten viele Detailinformationen und sind daher als Datengrundlage für weitergehende Auswertungen häufig unabdingbar, z.B. wenn die Vegetation eines Gewässersystems detailliert analysiert werden soll. Werden die Daten der Erhebung und Bewertung in einer Datenbank gespeichert, können die Steckbriefe mittels einfacher Datenabfragen direkt aus der Datenbank erzeugt werden.

7 Vorgehen bei der Methodenentwicklung

7.1 Entwicklung der Typisierung

Vegetationstypisierung aufgrund von Schlüsselgrößen

Die Bewertung der Fließgewässer-Vegetation setzt Kenntnisse über die natürliche Vegetation in verschiedenen Gewässertypen voraus. Mit einer Typisierung werden die vielfältigen Erscheinungsformen der Fließgewässer-Vegetation, basierend auf wenigen Schlüsselgrößen, aufgrund ihrer Ähnlichkeit gruppiert. Gesucht sind einerseits Parameter die erlauben, Untersuchungsabschnitte nach der Ähnlichkeit ihrer Vegetation zu ordnen. Weiter müssen die Schlüsselgrößen identifiziert werden, welche die Zusammensetzung der Vegetation an einem Standort bestimmen. Ziel der Typisierung ist, die Zusammensetzung der Vegetation in einem Untersuchungsabschnitt aufgrund der Schlüsselgrößen vorherzusagen.

7.1.1 Ordnen der Vegetationsaufnahmen nach Ähnlichkeit

Standortverhältnisse bestimmen Zusammensetzung der Vegetation

Die abiotischen Bedingungen in einem Gewässer bestimmen die Biomasse, Artenzusammensetzung und Vielfalt an einem Standort. Auf die vorherrschenden Lebensbedingungen an einem Standort haben Wasserpflanzen evolutiv mit morphologischen Anpassungen reagiert. So besteht ein Zusammenhang zwischen der Wuchsform und den ökologischen Ansprüchen einer Art¹³. Das Spektrum an Wuchsformen lässt entsprechend Rückschlüsse auf die vorherrschenden Bedingungen in einem Gewässer zu.

Ordnen der Datensätze nach dominanter Wuchsform

In einem ersten Schritt wurden die Datensätze nach Ähnlichkeit der Vegetation geordnet. In Anlehnung an verschiedene Arbeiten von Van der Weyer et al.^{14, 26, 27} hat sich die dominante Wuchsform als geeignete Grösse zur Gruppierung der Datensätze erwiesen. Für jeden Untersuchungsabschnitt wurde die dominante Wuchsform bestimmt, indem die relativen Häufigkeiten der einzelnen Arten, für jede Wuchsform getrennt, aufsummiert wurden. Die Wuchsform mit der höchsten relativen Häufigkeit wurde als dominante Wuchsform bezeichnet. Folgende vier Wuchsformen wurden unterschieden: Helophyten, Submerse, Schwimmblattpflanzen und Moose.

312 Untersuchungsabschnitte mit dominanter Wuchsform

Von den total 399 bearbeiteten Untersuchungsabschnitten trat in 312 Abschnitten eine Wuchsform dominant auf. In den restlichen Untersuchungsabschnitten waren fädige Algen die dominante Wuchsform, oder es traten mehrere Wuchsformen mit gleicher relativer Häufigkeit auf, oder es waren gar keine Pflanzen im Untersuchungsabschnitt vorhanden.

Charophyten und fädige Algen bleiben unberücksichtigt Armleuchteralgen wurden im Kanton Zürich nur in einem Untersuchungsabschnitt gefunden und wurden deshalb nicht berücksichtigt. Fädige Algen wurden in vielen Untersuchungsabschnitten gefunden, eignen sich aufgrund ihrer unspezifischen ökologischen Ansprüchen aber nicht zur Entwicklung einer Typisierung.

7.1.2 Identifikation der typbestimmenden Schlüsselgrössen

Bestimmung der Schlüsselgrössen basiert auf 312 Datensätzen Um die Standortverhältnisse zu bestimmen, welche das Wachstum der verschiedenen Wuchsformen begünstigen, wurden nur die 312 Untersuchungsabschnitte berücksichtigt, in welchen eine der vier Wuchsformen dominant auftrat.

Identifizierung der bevorzugten Standortverhältnisse für jede Wuchsform Die Gesamtheit der 312 Datensätze wurde aufgrund der dominanten Wuchsform in vier Gruppen aufgeteilt, die sich in Bezug auf die Anzahl Datensätze stark unterschieden. Anschliessend wurde jede Wuchsform-Gruppe getrennt weiteranalysiert. Um die bevorzugten Standortverhältnisse für jede Wuchsform identifizieren zu können wurde für jeden Untersuchungsabschnitt die absolute Deckung und die relative Häufigkeit in Abhängigkeit der verschiedenen kartierten Standortverhältnisse dargestellt (Abb. 31 - 37). Schwimmblattpflanzen traten nur in sechs Untersuchungsabschnitten dominant auf, was für diese Gruppe keine gesicherten Aussagen zulies.

Datensätze aus der Glatt als Ergänzung für die Wuchsform Submerse Zusätzlich zu den 312 Datensätzen standen Resultate aus 28 Untersuchungsabschnitten der Glatt zu Verfügung. Diese Datensätze wurden nicht zur Entwicklung der Typisierung und Bewertung verwendet, da die Glatt einen deutlich höheren Abfluss hat, als die anderen untersuchten Bäche. Die Datensätze wurden aber fallweise dargestellt, um die Zusammenhänge zwischen der Wuchsform der Submersen und einigen Standortverhältnissen zu verdeutlichen (Abb. 34, 36, 37).

Zusammenhang zwischen Gefälle und dominanter Wuchsform Die verschiedenen Wuchsformen unterscheiden sich deutlich in ihrer Präferenz für verschiedene Gefällebereiche (Abb. 31). Moose kommen über den gesamten beprobten Gefällebereich vor. Die meisten Untersuchungsabschnitte weisen dabei eine geringe absolute Deckung auf, nur vereinzelt kommen Deckungswerte über 20 % vor. Das gehäufte Auftreten von Moosen im Gefällebereich unterhalb von 5 % ist darauf zurückzuführen, dass insgesamt nur wenige Untersuchungsabschnitte mit einem Gefälle über 5 % kartiert wurden. Helophyten dagegen treten hauptsächlich unterhalb von 2 % Gefälle mit hoher absoluter Deckung auf. Vereinzelt dominieren Helophyten auch bei höherem Gefälle, allerdings meist mit geringer absoluter Deckung. Submerse und Schwimmblattpflanzen zeigen hohe absolute Deckungen und relative Häufigkeiten unterhalb von 0.5 % Gefälle. Der Parameter Gefälle wird für die Typisierung der Vegetationstypen Helophytenbach, Submersenbach und Schwimmblattbach verwendet.

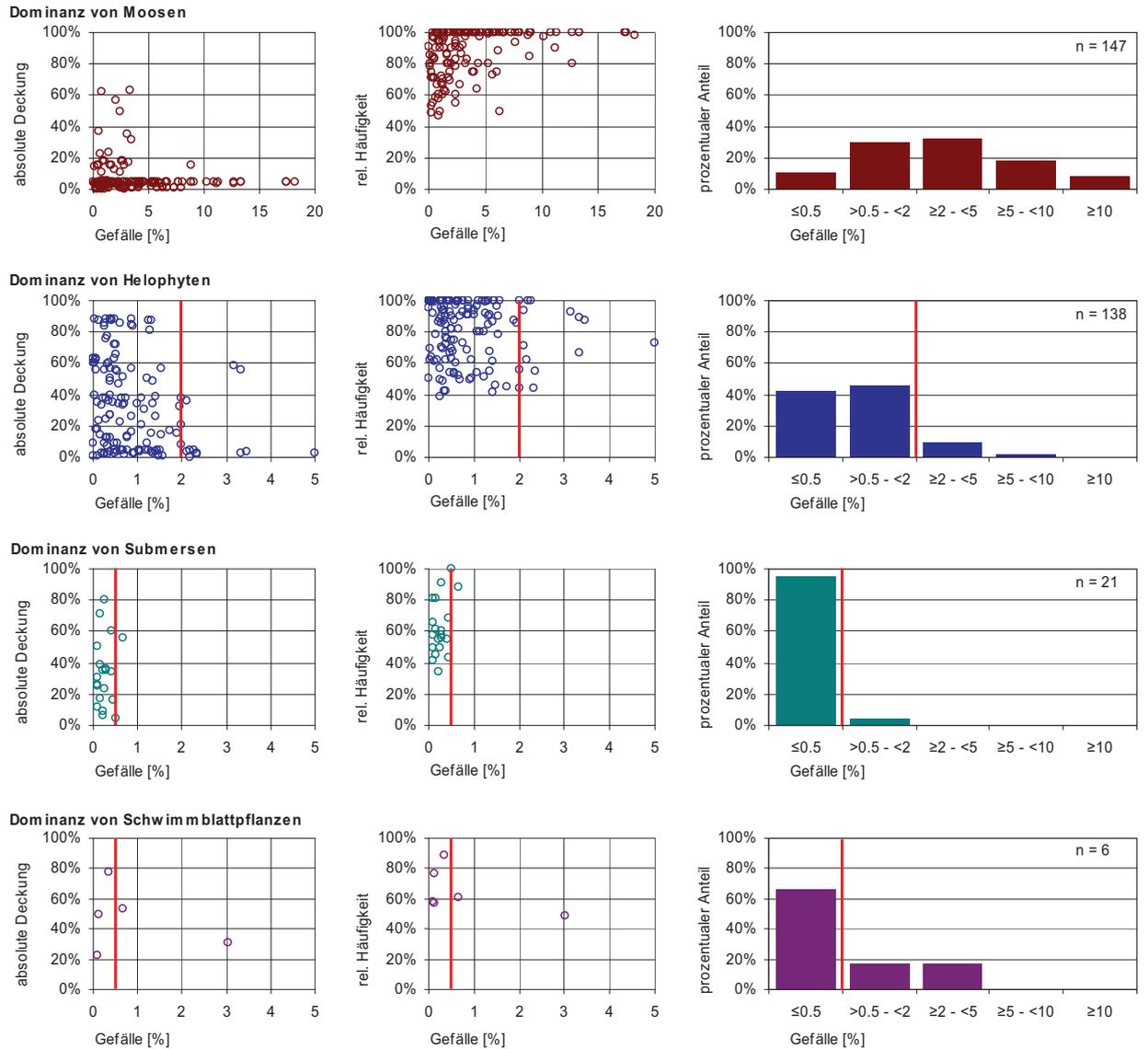


Abb. 31: Absolute Deckung (links) und relative Häufigkeit (Mitte) der verschiedenen Wuchsformen in Abhängigkeit des Gefälles. Die Grafiken auf der rechten Seite zeigen die Verteilung aller Untersuchungsabschnitte einer Wuchsform (Total = n) auf die verschiedenen Gefälleklassen. Die rote Linie zeigt an, ob und mit welchem Wert der Parameter Gefälle als Schlüsselgröße für die Typisierung der verschiedenen Vegetationstypen verwendet wird.

Zusammenhang zwischen Beschattung und dominanter Wuchsform

Moose kommen in allen Beschattungsklassen vor (Abb. 32). Sie dominieren aber vermehrt in Untersuchungsabschnitten mit einer Beschattung von über 50 %. Helophyten können ebenfalls in allen Beschattungsklassen dominant auftreten, allerdings ist die absolute Deckung in Abschnitten mit einer Beschattung von über 50 % sehr gering. Submerse und Schwimmblattpflanzen treten nur bei einer Beschattung unter 50 % dominant auf. Der Parameter Beschattung wird für die Typisierung der Vegetationstypen Helophytenbach, Submersenbach und Schwimmblattbach verwendet.

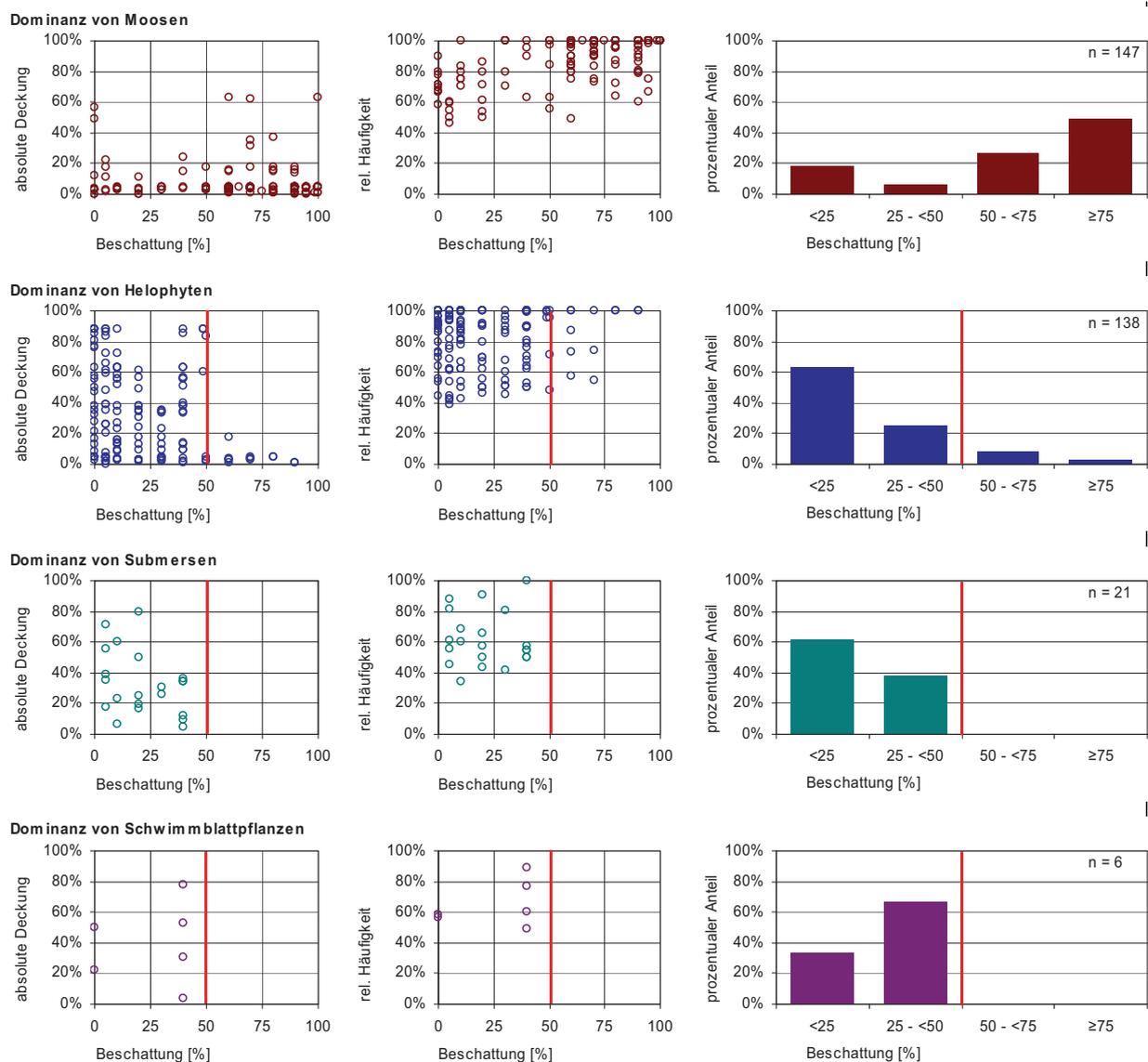


Abb. 32: Absolute Deckung (links) und relative Häufigkeit (Mitte) der verschiedenen Wuchsformen in Abhängigkeit von der Beschattung. Die Grafiken auf der rechten Seite zeigen die Verteilung aller Untersuchungsabschnitte einer Wuchsform (Total = n) auf die verschiedenen Beschattungsklassen. Die rote Linie zeigt an, ob und mit welchem Wert der Parameter Beschattung als Schlüsselgröße für die Typisierung der verschiedenen Vegetationstypen verwendet wird.

Zusammenhang zwischen mittlerer Wassertiefe und dominanter Wuchsform

Moose und Helophyten dominieren hauptsächlich in Untersuchungsabschnitten mit mittleren Wassertiefen unter 30 cm (Abb. 33). Submersen kommen bevorzugt ab Wassertiefen über 30 cm vor. Schwimmblattpflanzen können sowohl in wenig tiefen als auch in tiefen Gewässern dominieren. Der Parameter Wassertiefe wird für die Typisierung der Vegetationstypen Helophytenbach, Submersenbach und Schwimmblattbach verwendet. Allerdings ist die Abtrennung des Schwimmblattbaches aufgrund der Wassertiefe bisher unbefriedigend.

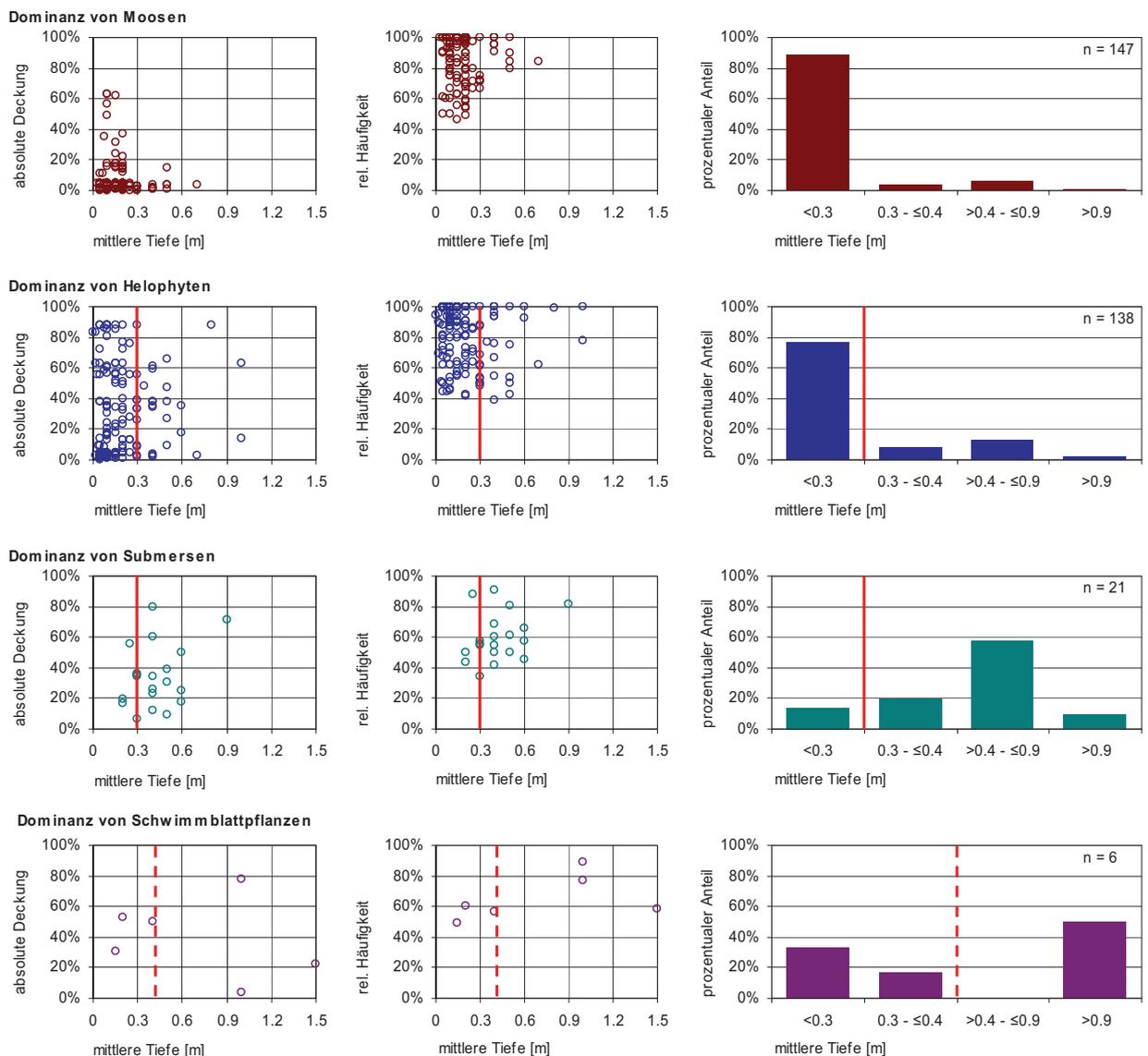


Abb. 33: Absolute Deckung (links) und relative Häufigkeit (Mitte) der verschiedenen Wuchsformen in Abhängigkeit von der mittleren Wassertiefe. Die Grafiken auf der rechten Seite zeigen die Verteilung aller Untersuchungsabschnitte einer Wuchsform (Total = n) auf die verschiedenen Tiefenklassen. Die rote Linie zeigt an, ob und mit welchem Wert der Parameter Wassertiefe als Schlüsselgröße für die Typisierung der verschiedenen Vegetationstypen verwendet wird.

Zusammenhang zwischen Abfluss und dominanter Wuchsform

Helophyten und Schwimmblattpflanzen kommen hauptsächlich in Untersuchungsabschnitten mit Abflüssen unter 200 l/s dominant und mit hoher Deckung vor. (Abb. 34). Moose sind ebenfalls häufiger in Gewässern mit tiefen Abflüssen, ihre Deckung ist allerdings in den meisten Abschnitten gering. Submerse dagegen kommen häufiger in Gewässerabschnitten mit Abflüssen über 200 l/s vor, wie auch die Untersuchungen in der Glatt (rosa Kreise) und in der Limmat (nicht dargestellt) unterstreichen. Der Parameter Abfluss wird für die Typisierung der Vegetationstypen Helophytenbach, Submersenbach und Schwimmblattbach verwendet.

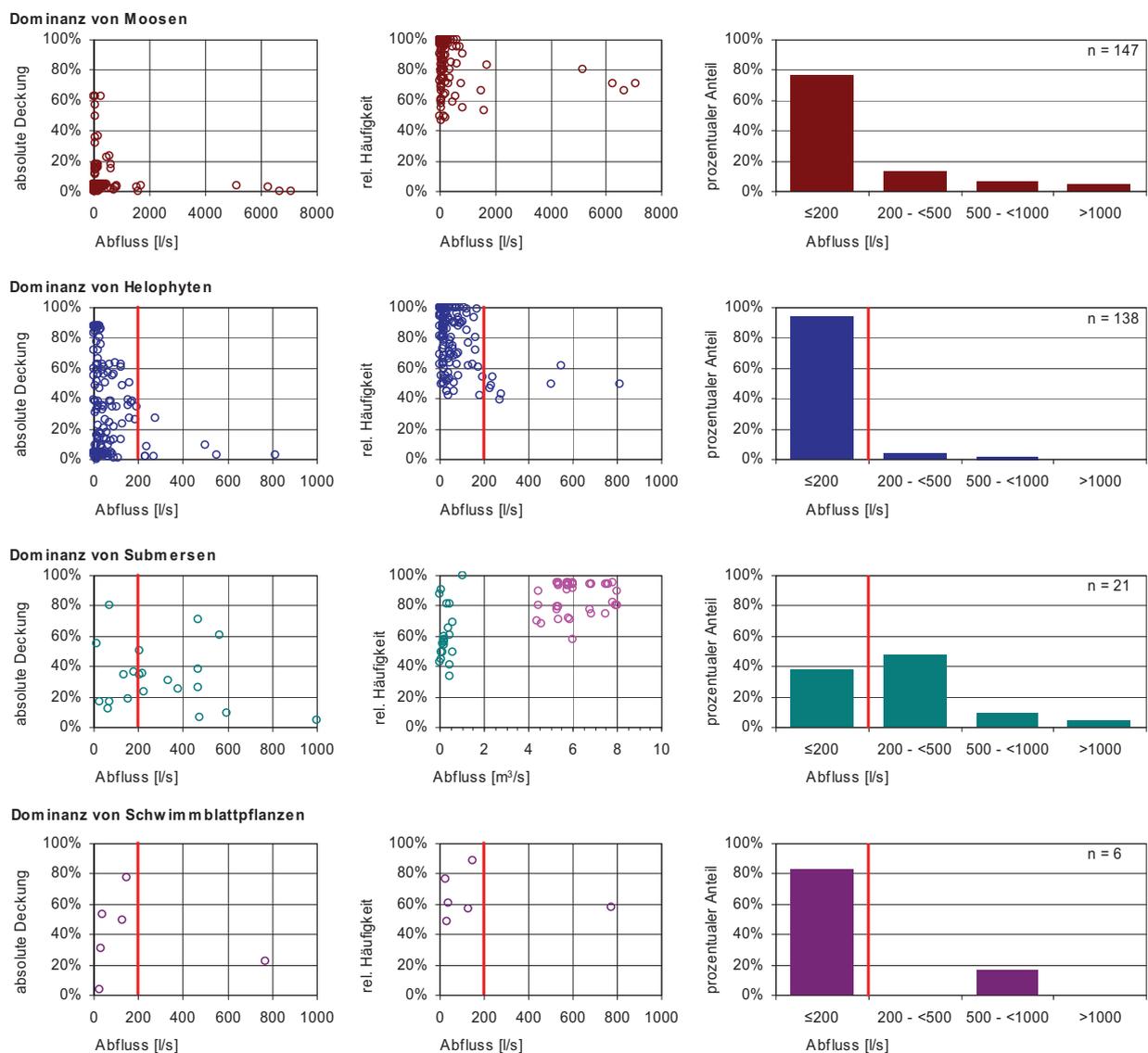


Abb. 34: Absolute Deckung (links) und relative Häufigkeit (Mitte) der verschiedenen Wuchsformen in Abhängigkeit vom Abfluss. Die Grafiken auf der rechten Seite zeigen die Verteilung aller Untersuchungsabschnitte einer Wuchsform (Total = n) auf die verschiedenen Abflussklassen. Die rote Linie zeigt an, ob und mit welchem Wert der Parameter Abfluss als Schlüsselgröße für die Typisierung der verschiedenen Vegetationstypen verwendet wird. Die rosa Kreise zeigen zusätzliche Untersuchungen aus der Glatt.

Zusammenhang zwischen Substratgrösse und dominanter Wuchsform

Moose bevorzugen Substrat mit einer Korngrösse von über 6.3 cm, auf welchem sie sich mit ihren Haftorganen fest verankern können (Abb. 35). Auch Sohlen- und Uferverbauungen bieten ihnen ideale Substratbedingungen. Die anderen Wuchsformen dagegen wurzeln mit ihren teilweise sehr langen Wurzeln bevorzugt in feinerem Substrat. Der Parameter dominante Substratgrösse wird für die Typisierung des Vegetationstyps Moosbach verwendet.

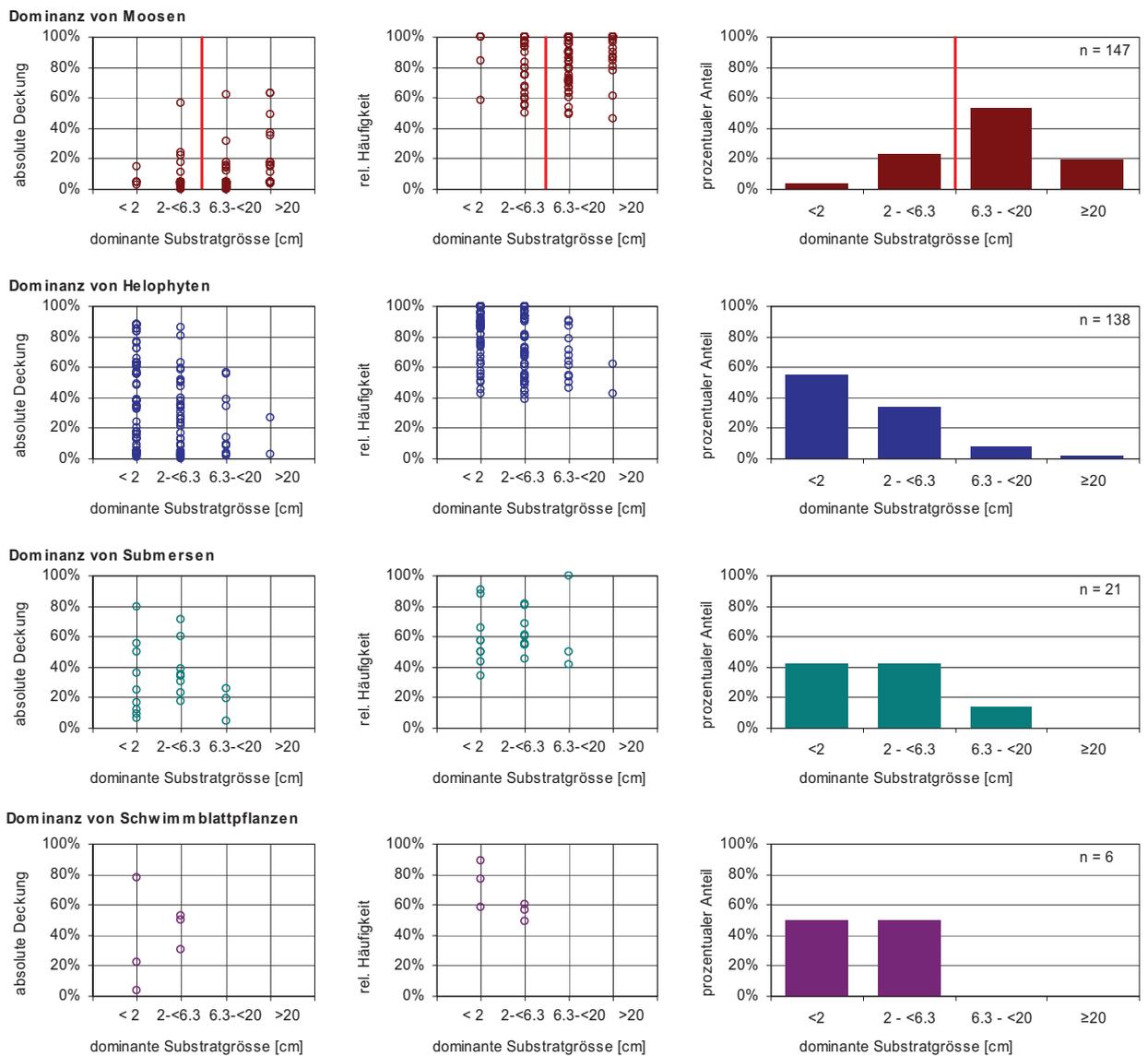


Abb. 35: Absolute Deckung (links) und relative Häufigkeit (Mitte) der verschiedenen Wuchsformen in Abhängigkeit von der dominanten Substratgrösse. Die Grafiken auf der rechten Seite zeigen die Verteilung aller Untersuchungsabschnitte einer Wuchsform (Total = n) auf die verschiedenen Substratklassen. Die rote Linie zeigt an, ob und mit welchem Wert der Parameter dominante Substratgrösse als Schlüsselgrösse für die Typisierung der verschiedenen Vegetationstypen verwendet wird.

**Zusammenhang zwischen
Gewässerbreite und
dominanter Wuchsform**

Das vermehrte Auftreten aller Wuchsformen in wenig breiten Gewässern (Abb. 36) ist hauptsächlich auf die ungleiche Verteilung der Untersuchungsabschnitte auf die verschiedenen Breitenklassen zurückzuführen. Die wenigen untersuchten Abschnitte in breiteren Gewässern lassen jedoch die Präferenzen der verschiedenen Wuchsformen bezüglich Gewässerbreite erkennen. Moose und Schwimmblattpflanzen kommen in allen Breitenklassen dominant vor, während Helophyten vorwiegend in Gewässern bis 5 m Breite dominant und mit hoher Deckung auftreten. Auch Submerse kommen in allen Breitenklassen dominant vor, wie die Untersuchungen in der Glatt (rosa Kreise) und in der Limmat (nicht dargestellt) zeigen. Die Gewässerbreite wird nicht als Schlüsselgröße für die Typisierung verwendet.

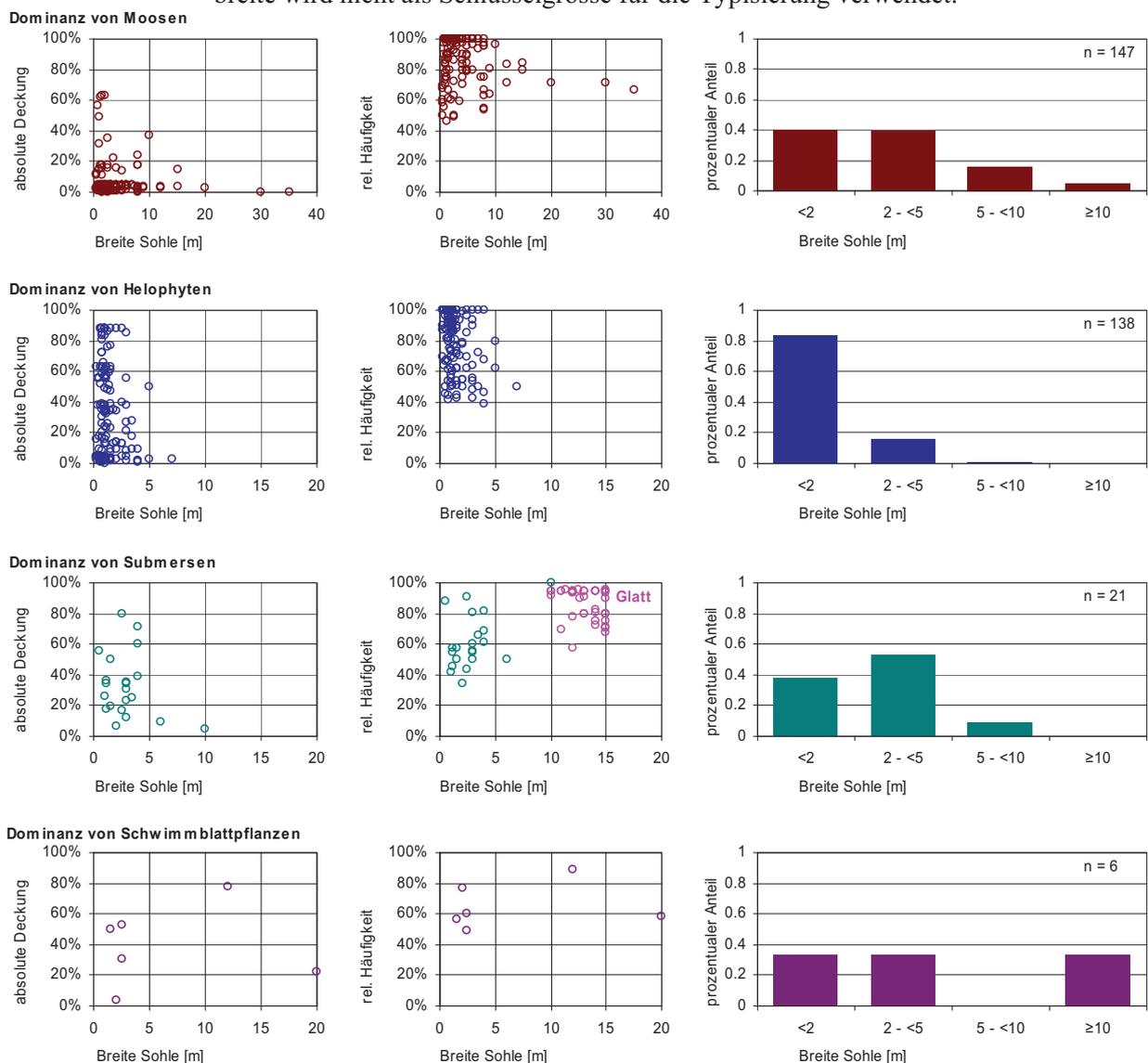


Abb. 36: Absolute Deckung (links) und relative Häufigkeit (Mitte) der verschiedenen Wuchsformen in Abhängigkeit von der Gewässerbreite. Die Grafiken auf der rechten Seite zeigen die Verteilung aller Untersuchungsabschnitte einer Wuchsform (Total = n) auf die verschiedenen Breitenklassen. Die rosa Kreise zeigen zusätzliche Untersuchungen aus der Glatt.

Zusammenhang zwischen Fließgeschwindigkeit und dominanter Wuchsform

Bei Fließgeschwindigkeiten über 1 m/s treten in der Regel keine höheren Wasserpflanzen auf. Unsere Untersuchungen an der Glatt (Abb. 37, rosa Kreise) bestätigen diesen Befund. Helophyten und Schwimmblattpflanzen können bei sehr geringen Fließgeschwindigkeiten dominant auftreten. Submersen und Moose ziehen etwas höhere Fließgeschwindigkeiten vor. Die Fließgeschwindigkeit differenziert allerdings zu wenig gut zwischen den verschiedenen Wuchsformen, als dass sie als Schlüsselgröße für die Typisierung verwendet werden könnte. Erschwerend kommt hinzu, dass die Fließgeschwindigkeit in Gewässern mit Vegetation im Gewässerquerschnitt stark unterschiedlich sein kann und deshalb schwierig abzuschätzen ist.

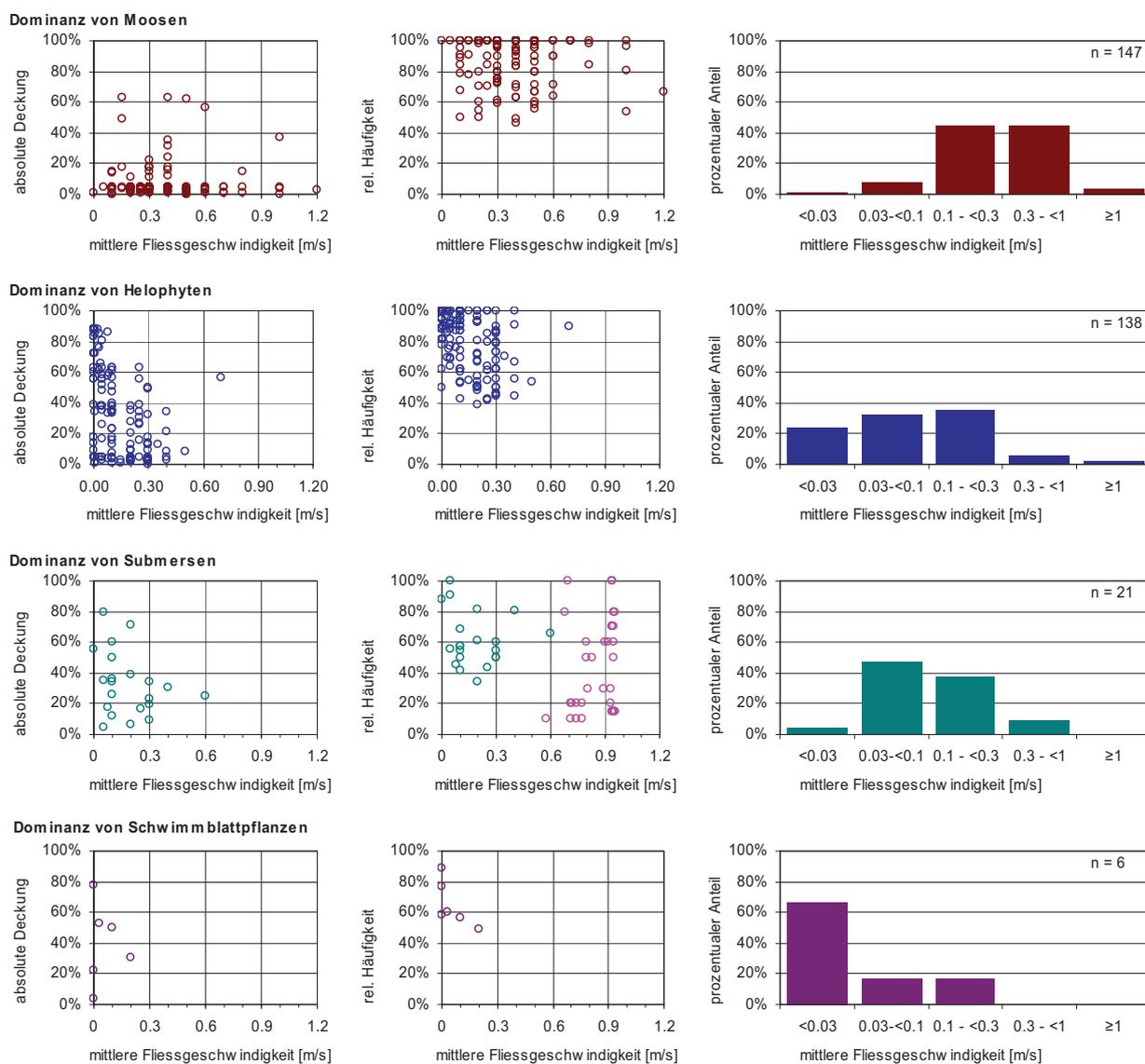


Abb. 37: Absolute Deckung (links) und relative Häufigkeit (Mitte) der verschiedenen Wuchsformen in Abhängigkeit von der Fließgeschwindigkeit. Die Grafiken auf der rechten Seite zeigen die Verteilung aller Untersuchungsabschnitte einer Wuchsform (Total = n) auf die verschiedenen Geschwindigkeitsklassen. Die rosa Kreise zeigen zusätzliche Untersuchungen aus der Glatt.

Von den Standortverhältnissen zum Typisierungsschema

Aufgrund der Zusammenhänge zwischen den Standortverhältnissen und den verschiedenen Wuchsformen (Abb. 31 - 37) sowie der Kombination von mehreren Standortfaktoren und Wuchsformen (Abb. 38) wurde das Typisierungsschema abgeleitet. Dabei wurden nicht alle Standortfaktoren mit eindeutigem Bezug zu einer Wuchsform als Schlüsselgrößen für die Typisierung berücksichtigt, sondern es wurde versucht, jeden Vegetationstyp aufgrund der Kombination einer minimalen Anzahl von Schlüsselgrößen von den anderen Vegetationstypen abzugrenzen.

Übergangsformen zwischen Vegetationstypen

In der Natur sind die Grenzen zwischen den Vegetationstypen nicht starr sondern fließend. Bei Standortverhältnissen im Übergangsbereich von einem Vegetationstyp zum anderen, z.B. bei Abflüssen zwischen 200-300 l/s oder bei Tiefen zwischen 0.3 - 0.4 m kann die Dominanz einer Wuchsform weniger stark ausgeprägt sein als bei den typischen Standortverhältnissen (Abb. 38). Dem wird bei der Bewertung Rechnung getragen, indem dafür gesorgt wird, dass auch Übergangsformen eine gute Bewertung erlangen können (Kap. 7.2).

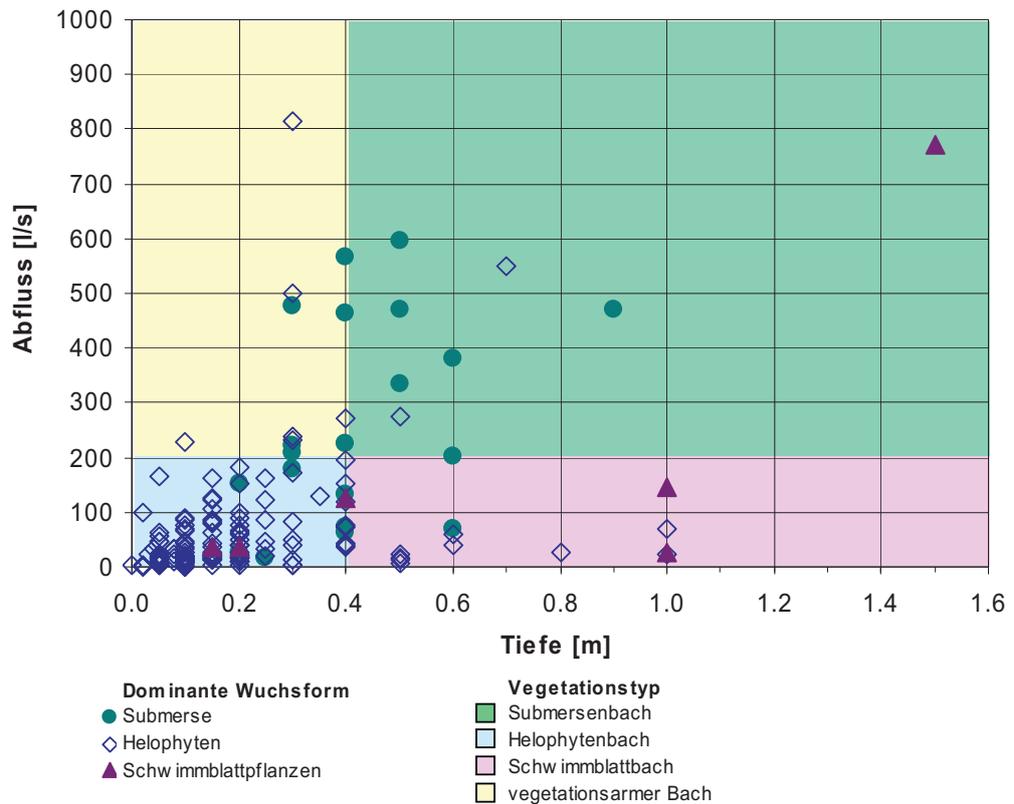


Abb. 38: Dominante Wuchsformen und Vegetationstypen in Abhängigkeit von Abfluss und mittlerer Wassertiefe.

Vegetationstyp Submersenbach	<p>Die Submersen stellen in Bezug auf verschiedenen Schlüsselgrößen klar definierte ökologische Ansprüche. Aufgrund der Schlüsselgrößen Gefälle ($\leq 0.5\%$), Beschattung ($< 50\%$), Wassertiefe ($\geq 0.3\text{ m}$) und Abfluss ($>200\text{ l/s}$) wird ein Untersuchungsabschnitt dem Vegetationstyp Submersenbach zugeordnet.</p>
Vegetationstyp Helophytenbach	<p>Auch die Helophyten haben klare Präferenzen in Bezug auf die verschiedenen Schlüsselgrößen. Sie werden aufgrund der Schlüsselgrößen Gefälle ($< 2\%$), Beschattung ($< 50\%$), Wassertiefe ($< 0.3\text{ m}$) und Abfluss ($\leq 200\text{ l/s}$) dem Vegetationstyp Helophytenbach zugeordnet.</p>
Vegetationstyp Moosbach	<p>Im Gegensatz zu den Submersen und Helophyten, die bezüglich Standortverhältnissen relativ klar definierte ökologische Ansprüche stellen, zeigen die Moose bezüglich vieler Standortfaktoren keine spezifischen Präferenzen. Sie treten zwar gehäuft auf in Bächen mit geringem Abfluss und Wassertiefe, kleiner bis mittlerer Breite und hoher Beschattung, können aber auch in Bächen mit hohen Abflüssen und grosser Breite ohne Beschattung dominant vorkommen. Allen Abschnitten gemeinsam ist allein, dass das Sohlensubstrat bei hohen Abflüssen nicht bewegt wird. Somit besetzen sie nur diejenigen Lebensräume im Gewässer, die von den höheren Wasserpflanzen nicht besiedelt werden können. Einerseits alle schattigen Gewässer mit einem festen Sohlensubstrat, andererseits auch unbeschattete Gewässer mit stabilem Sohlensubstrat, wo die Abfluss-, Strömungs- und Tiefenverhältnisse das Wachstum von Helophyten, Submersen und Schwimmblattpflanzen nicht zulassen.</p>
Vegetationstyp vegetationsarmer Bach	<p>Beim vegetationsarmen Bach handelt es sich nicht um einen Vegetationstyp im eigentlichen Sinne, sondern um Untersuchungsabschnitte, die keiner der Wuchsformen ausreichende Bedingungen bietet. Häufig handelt es sich um kleinere, beschattete Gewässer mit unstabilem Sohlensubstrat. Aber auch Untersuchungsabschnitte in grösseren unbeschatteten Gewässern mit mässigem Gefälle und periodischem Geschiebetrieb gehören dazu, wie z.B. die Sihl.</p>
Vegetationstyp Schwimmblattbach: Anzahl Datensätze ungenügend	<p>Die Vorlieben der Schwimmblattpflanzen sind aufgrund der geringen Anzahl Datensätze noch nicht ganz klar. Dennoch kann aufgrund der vorliegenden Datensätze sowie theoretischer Überlegungen eine vorläufige, allerdings noch nicht befriedigende Typisierung, abgeleitet werden. Im Rahmen der Plausibilitätsprüfung (Kap. 5.4.2) wird dieser Unsicherheit Rechnung getragen. Die Schwimmblattbäche werden aufgrund der Schlüsselgrößen Gefälle ($\leq 0.5\%$), Beschattung ($< 50\%$), Wassertiefe ($> 0.4\text{ m}$) und Abfluss ($\leq 200\text{ l/s}$) dem Vegetationstyp Schwimmblattbach zugeordnet. Die sechs Untersuchungsabschnitte mit Dominanz von Schwimmblattpflanzen unterscheiden sich jedoch in ihrer Präferenz für bestimmte Abflüsse und Tiefen (Abb. 38).</p>
Übergangsform zwischen Schwimmblattbach und Helophytenbach	<p>Drei Abschnitte weisen Wassertiefen $\leq 0.4\text{ m}$ und Abflüsse $\leq 200\text{ l/s}$ auf und werden von <i>Potamogeton</i>-Taxa dominiert. Sie werden aufgrund des Typisierungsschemas (Abb. 15) dem Typ Helophytenbach zugeordnet. Sie stellen eine Übergangsform zwischen dem Helophytenbach und dem Schwimmblattbach dar und werden aufgrund der Plausibilitätsprüfung dem Typ Schwimmblattbach zugeordnet.</p>

Übergangsform zu stehenden Gewässern

Zwei Abschnitte haben eine Wassertiefen von 1 m und Abflüsse unter 200 l/s. Ein Abschnitt hat eine Wassertiefe von 1.5 m und ein Abfluss von über 700 l/s. Diese drei Abschnitte mit deutlich höheren Wassertiefen werden von *Nuphar lutea* dominiert, einer Art, die vor allem in stehenden Gewässern vorkommt. Nur die ersten beiden Untersuchungsabschnitte werden mit dem Typisierungsschema (Abb. 15) dem Vegetationstyp Schwimmblattbach zugeordnet. Der Untersuchungsabschnitt mit 1.5 m Tiefe und einem Abfluss von > 200 l/s wird aufgrund des Typisierungsschemas dem Typ Submersenbach zugeordnet, aufgrund der Plausibilitätsprüfung aber zum Typ Schwimmblattbach umgeteilt.

In den Kapiteln 5.2.1 bis 5.2.5 wird die typische Ausprägung der verschiedenen Vegetationstypen charakterisiert.

7.1.3 Diskussion Typisierung

Wie zutreffend ist die Typisierung?

Eine Beurteilung der Typisierung ist grundsätzlich schwierig, da kaum unbeeinflusste Fließgewässer mit natürlicher Vegetation als Referenz zu Verfügung stehen. Da die Typisierung aufgrund aktueller Gewässerkartierungen an mehr oder weniger stark beeinflussten Fließgewässern entwickelt wurde, kann oft nicht eindeutig zwischen dem Einfluss der Standortfaktoren und dem Einfluss menschlicher Aktivitäten auf die Zusammensetzung der Vegetation unterschieden werden.

Übereinstimmung zwischen Vorhersage und aktuellem Zustand

Im Folgenden wird die Typisierung beurteilt, indem überprüft wird, ob die aufgrund der Standortfaktoren vorhergesagte dominante Wuchsform mit der effektiv vorhandenen dominanten Wuchsform übereinstimmt. Stimmt sie nicht überein, können verschiedene Gründe dafür verantwortlich sein (siehe Kap. 5.4). Ein Untersuchungsabschnitt kann sich im Übergangsbereich zwischen zwei Vegetationstypen befinden oder anthropogene Störungen können zu einer typfremden Vegetation führen.

Zuordnung aller Untersuchungsabschnitte zu einem Vegetationstyp

Das Typisierungsschema wurde nur aufgrund derjenigen Pflanzenaufnahmen entwickelt, in welchen eine Wuchsform auch effektiv dominant vertreten war. In 87 der 399 bearbeiteten Stellen waren fädige Algen die dominante Wuchsform oder es traten mehrere Wuchsformen mit gleicher relativer Häufigkeit auf oder es waren gar keine Pflanzen im Untersuchungsabschnitt vorhanden. Mit dem Typisierungsschema können auch diese Bäche einem Vegetationstyp zugeordnet werden. Auch die 312 Untersuchungsabschnitte mit dominanter Wuchsform werden aufgrund des Typisierungsschemas einem Vegetationstyp zugeordnet, der nicht mit der effektiv vorhandenen dominanten Wuchsform übereinstimmen muss. Tabelle 13 zeigt für alle Vegetationstypen auf, wie häufig die vorhergesagte dominante Wuchsform mit der effektiv vorhandenen dominanten Wuchsform übereinstimmte.

Tab. 13: Übereinstimmung von aktueller dominanter Wuchsform mit der gemäss Typisierungsschema erwarteten dominanten Wuchsform.

Vegetationstyp	vegetationsarmer Bach		Moosbach		Helophytenbach		Submersenbach		Schwimmblattbach	
Dominante Wuchsform										
Schwimmblattpflanzen	1	1%	-		3	2%	-		3	27%
Submerse	-		-		7	5%	12	60%	1	9%
Helophyten	25	27%	5	4%	98	70%	6	30%	4	37%
Moose	19	20%	115	86%	13	9%	-		-	
fädige Algen	29	31%	8	6%	11	8%	2	10%	2	18%
keine Dominanz	20	21%	6	4%	8	6%	-		1	9%
Total Anzahl Stellen	94	100%	134	100%	140	100%	20	100%	11	100%

Vegetationsarmer Bach 31 % aller vegetationsarmen Bäche werden durch fädige Algen dominiert. In 21 % der Fälle treten mehrere Wuchsformen mit gleicher relativer Häufigkeit auf. Die Standortbedingungen sind für keine Wuchsform ideal. 27 % der vegetationsarmen Bäche werden durch Helophyten dominiert. Allerdings liegt die absolute Deckung in den meisten dieser Abschnitte unter 10 % oder aber es handelt sich um Gewässerabschnitte, die bezüglich Beschattung im Grenzbereich zu den wenig beschatteten Bächen liegen. Moose dominieren in 20 % der vegetationsarmen Bäche, ihre Vielfalt ist aber so gering, dass es nicht zu einer Umteilung in den Typ Moosbach gemäss Kapitel 5.4.1 kommt.

Moosbach Der Moosbach ist durch die gewählte Typisierung recht gut charakterisiert. 86 % aller Moosbäche werden durch Moose dominiert. Die absolute Deckung der von Helophyten dominierten fünf Untersuchungsabschnitte liegt unter 25 %. Die Helophyten finden in diesen Abschnitten zwar nicht ideale Standortverhältnisse vor, kommen aber mit höherer Deckung vor als die Moose, die in den meisten Untersuchungsabschnitten nur eine sehr geringe absolute Deckung aufweisen. In sechs Untersuchungsabschnitten kommen mehrere Wuchsformen mit gleicher relativer Häufigkeit und geringer absoluter Deckung vor, acht Stellen werden durch fädige Algen dominiert. Dies weist darauf hin, dass die Lebensbedingungen für Moose in diesen Abschnitten nicht ideal sind.

Helophytenbach Auch im Helophytenbach stimmen die vorhergesagte und die aktuell vorhandene Wuchsform in 70 % aller Fälle überein. Der Helophytenbach zeigt bezüglich der bevorzugten Standortfaktoren Übergänge zu verschiedenen anderen Bachtypen. Submerse dominieren in 5 % und Schwimmblattpflanzen in 2 % der Helophytenbäche, die alle ein Gefälle unter 0.5 % aufweisen. Aufgrund des zu geringen Abflusses (≤ 200 l/s) werden sie nicht dem Typ Submersenbach, aufgrund der zu geringen Wassertiefe (≤ 40 cm) nicht dem Typ Schwimmblattbach zugeordnet. Moose dominieren in 9 % der Helophytenbäche, die meisten davon besitzen grobes Sohlensubstrat oder eine verbaute Sohle und bieten damit den Moosen bessere Lebensbedingungen als den Helophyten. 8 % aller Untersuchungsabschnitte werden durch fädige Algen mit teilweise hoher absoluter Deckung dominiert, was auf eine anthropogene Belastung hindeutet. In 6 % der Helophytenbäche sind die Standortbedingungen für keine Wuchsform ideal.

Submersenbach

Nur zwanzig Untersuchungsabschnitte werden dem Typ Submersenbach zugeordnet. In 60 % der Fälle stimmt die vorhergesagte Wuchsform mit der aktuell vorhandenen Wuchsform überein. In 30 % der Submersenbäche dominieren Helophyten. Drei dieser sechs Abschnitte befinden sich bezüglich Abfluss und Tiefe im Übergangsbereich zu den Helophytenbächen, ein Abschnitt im Übergangsbereich zu den vegetationsarmen Bächen. Ein Abschnitt mit hoher absoluter Deckung an Helophyten hat oberhalb des Untersuchungsabschnittes ein Gefälle von über 0.5 %. Der verbleibende Abschnitte mit Dominanz von Helophyten weist eine sehr geringe absolute Deckungen auf, was darauf hinweist, dass die Lebensbedingungen wie in den von Algen dominierten zwei Untersuchungsabschnitten, nicht ideal für Submerse und andere höhere Wasserpflanzen sind.

Schwimblattbach

Bei den Schwimblattbächen traten Schwimblättrige nur an 3 von 11 Stellen dominant auf. Die Wassertiefe dieser drei Untersuchungsabschnitte liegt über 0.9 m und die Fliessgeschwindigkeit ist sehr gering. Alle drei Abschnitte werden von *Nuphar lutea* dominiert und stellen eine Übergangsform zu den stehenden Gewässern dar. Vier Untersuchungsstrecken werden von Helophyten, ein Abschnitt von Submersen dominiert. In drei dieser fünf Abschnitte sind neben der dominanten Wuchsform auch Schwimblattpflanzen, Submerse und Helophyten vorhanden. Diese Abschnitte befinden sich bezüglich Abfluss und Tiefe im Übergangsbereich zwischen den von Helophyten-, Submersen- und Schwimblattpflanzen bevorzugten Standortverhältnissen. In zwei Abschnitten kommen keine Schwimblattpflanzen vor. In einem Untersuchungsabschnitt treten nur Helophyten und fädige Algen mit geringer absoluter Deckung auf, was auf schlechte Lebensbedingungen für alle Wuchsformen hindeutet. Zwei Abschnitte mit hoher absoluter Deckung von fädigen Algen weisen auf eine anthropogene Belastung hin. Die schlechte Übereinstimmung zwischen vorhergesagter und aktuell vorhandener Dominanz zeigt auf, dass der Vegetationstyp des Schwimblattbaches noch nicht befriedigend von den anderen Vegetationstypen abgetrennt werden kann.

7.2 Entwicklung der Bewertung

Bewertung durch Vergleich von Ist-Zustand mit Referenzzustand

Die Bewertung der Vegetation setzt Kenntnisse über die natürliche Vegetation in verschiedenen Fließgewässertypen voraus. Im dicht besiedelten Mittelland, wo höhere Wasserpflanzen ihre Hauptverbreitung haben, sind heute kaum mehr unbelastete Gewässerabschnitte zu finden, die als Referenzstellen Auskunft über die natürliche Vegetation in verschiedenen Gewässertypen geben können. Auch historische Referenzen sind nur spärlich vorhanden. Von Egloff⁷ liegt zwar eine umfangreiche Arbeit zur Verbreitung der Wasserpflanzen im Kanton Zürich vor. Allerdings sind darin kaum Angaben zu den Standortverhältnissen in den kartierten Gewässern zu finden. Ein Bezug zwischen Pflanzenvorkommen und Gewässertyp konnte deshalb nicht rekonstruiert werden.

Theoretische Referenz als Bewertungsmaßstab

Um trotz dieser Wissenslücken eine Bewertung der Vegetation vornehmen zu können, wurde der Referenzzustand, basierend auf den vorhandenen Datensätzen, allgemeinen ökologischen Überlegungen und Expertenwissen, theoretisch festgelegt.

Vegetationsspezifische Kenngrößen zur Beschreibung des Referenzzustandes

Als erstes wurden für jeden Vegetationstyp getrennt, verschiedene vegetationsspezifische Kenngrößen berechnet, um die verschiedenen Vegetationstypen hinsichtlich ihrer Zusammensetzung und Vielfalt zu charakterisieren. Analog zum Vorgehen bei der Typisierung wurden nur diejenigen Datensätze verwendet, in welchen die aktuell vorhandene dominante Wuchsform mit der typspezifischen dominanten Wuchsform übereinstimmt. Damit sollte verhindert werden, dass anthropogen stark beeinflusste Untersuchungsstrecken die Berechnung der Kenngrößen beeinflussen. Als Kenngrößen dienen die durchschnittliche Zusammensetzung der Vegetation: d.h. die mittlere relative Häufigkeit der verschiedenen Wuchsformen in den Untersuchungsabschnitten sowie die mittlere Taxazahl. Die durchschnittliche Zusammensetzung der Vegetation sowie die mittlere Taxazahl (ohne fädige Algen) für die verschiedenen Vegetationstypen sind in der Charakterisierung der verschiedenen Vegetationstypen (5.2.1 – 5.2.5) ersichtlich.

Festlegung des Referenzzustandes

Für jeden Vegetationstyp wurde anschliessend die typspezifische Zusammensetzung der Vegetation und Anzahl Taxa im Referenzzustand festgelegt. Dabei dienten die berechneten Mittelwerte als Orientierungsgrösse.

Zusätzliche Parameter zur Bewertung notwendig

Im Anschluss an die Festlegung des typspezifischen Referenzzustandes wurden die Bewertungsschlüssel entwickelt. Dabei wurde schnell festgestellt, dass mit der typspezifischen Zusammensetzung und Taxazahl allein keine vierstufige differenzierte Bewertung aller Vegetationstypen möglich ist. Zwei weitere Parameter haben sich zur Bewertung der Vegetationstypen Helophytenbach, Submersenbach und Schwimmblattbach als geeignet erwiesen. Dabei stehen folgende Überlegungen im Vordergrund:

Minimale Gesamtdeckung	In den Vegetationstypen Helophytenbach, Submersenbach und Schwimmblattbach sind die Standortverhältnisse für das Wachstum höherer Wasserpflanzen günstig. Eine Gesamtdeckung < 4.5 % (Klasse 1 oder 2) ist atypisch und weist auf eine Störung des Untersuchungsabschnittes hin.
Vorkommen von dominanten Arten	Das dominante Auftreten einer Art in einem Untersuchungsabschnitt, z.B. das Massenvorkommen von <i>Ranunculus fluitans</i> in der Glatt, weist auf ein Ungleichgewicht hin und wird negativ bewertet. Eine Art gilt als dominant, wenn ihre relative Häufigkeit mehr als 50 % beträgt.
Iteratives Vorgehen zur Festlegung der Bewertungsschlüssel	Um die beste Kombination der Kenngrößen und die Bewertungsschlüssel für die verschiedenen Vegetationstypen zu ermitteln, wurden für alle Vegetationstypen verschiedene Kombinationen von Kenngrößen und Bewertungsschlüssel ausgetestet. Anschliessend wurde die Bewertung auf Plausibilität geprüft. Anhand von Gewässerstellen, die bei der Felderhebung einen sehr guten oder sehr schlechten Eindruck machten wurde geprüft, ob diese mit dem verwendeten Bewertungsschlüssel auch tatsächlich gut oder schlecht bewertet wurden. Dabei hat sich gezeigt, dass die Vegetation nicht für alle Vegetationstypen mit derselben Kombination von Kenngrößen beurteilt werden kann.
Aufbau der Bewertungsschlüssel	Der Aufbau der Bewertungsschlüssel (Kap. 5.3) ist für alle Vegetationstypen gleich. Zwei verschiedene Aspekte der Vegetation, die Standortgerechtigkeit und die Vielfalt, werden getrennt bewertet und anschliessend zu einem Gesamtwert aggregiert. Aufgrund von Plausibilitätsprüfungen wird die Vielfalt etwas höher gewichtet als die Standortgerechtigkeit der Vegetation.
Bewertung Standortgerechtigkeit	Die Standortgerechtigkeit wird beurteilt, indem die aktuelle Zusammensetzung der Vegetation mit der typspezifischen Zusammensetzung (rel. Häufigkeit der verschiedenen Wuchsformen) verglichen wird. Bei einer Übereinstimmung wird die Vegetation als standorttypisch beurteilt. Stimmt die Zusammensetzung nicht überein, wird als nächstes überprüft, ob sie mit der Übergangsform übereinstimmt. Mit dem Festlegen einer Übergangsform werden die fließenden Übergänge zwischen Vegetationstypen berücksichtigt. Stimmt die Zusammensetzung der Vegetation mit der Zusammensetzung der Übergangsform überein, kann der Abschnitt trotz Abweichung von der typspezifischen Zusammensetzung in der anschliessenden Gesamtbewertung als gut beurteilt werden. Stimmt die Zusammensetzung des Untersuchungsabschnittes nicht überein, wird der Untersuchungsabschnitt als nicht standorttypisch beurteilt.
Fädige Algen als Hinweis auf anthropogene Belastungen	Bei der Festlegung der typspezifischen Zusammensetzung der Vegetation wurden die fädigen Algen nicht berücksichtigt. Fädige Algen haben viel kürzere Generationszeiten als höhere Wasserpflanzen und Moose und können bei erhöhtem Abfluss leicht abgeschwemmt werden. Die fädigen Algen werden deshalb bei der Beurteilung der Standortgerechtigkeit separat behandelt. Unsere Erfahrung zeigt, dass bei einer absoluten Deckung der Algen von mehr als 10 % eine anthropogene Störung

vorliegt. Deshalb werden alle Untersuchungsabschnitte mit höherer absoluter Algendeckung als nicht standorttypisch beurteilt.

Bewertung Vielfalt Die Bewertung der Vielfalt erfolgt einerseits aufgrund der Abweichung der aktuellen Taxazahl von der Taxazahl im Referenzzustand. Zusätzlich werden das Vorkommen von dominanten Arten und die minimale Gesamtdeckung entsprechend der Bewertungsschlüssel in Kapitel 5.3 beurteilt.

Bewertung Vielfalt im Moosbach Im Vegetationstyp „Moosbach“ wird die Vielfalt der Vegetation nur aufgrund der Taxazahl beurteilt. Das Vorkommen von dominanten Arten wird nicht berücksichtigt, da die einzelnen Moostaxa im Feld nicht immer zuverlässig unterschieden und deshalb die relative Häufigkeit der einzelnen Arten nicht abgeschätzt werden kann. Da Moosbäche natürlicherweise eine geringe absolute Deckung aufweisen, wird die minimale Gesamtdeckung ebenfalls nicht als Beurteilungskriterium verwendet.

7.2.1 Diskussion Bewertung

Wie zutreffend ist die Bewertung? Aufgrund des geringen Wissens über die natürliche Vegetation in verschiedenen Gewässertypen ist nur schwer abzuschätzen, wie zutreffend der Zustand der Vegetation mit der vorliegenden Beurteilungsmethode bewertet wird. Ein Vergleich mit anderen, etablierteren Beurteilungsmethoden kann jedoch wesentlich dazu beitragen, die Güte der Beurteilung abzuschätzen.

Methodenvergleich im Rahmen des Modul Stufen Konzeptes Im Rahmen des Modul-Stufen-Konzeptes wurden im Spätsommer 2007 die Fließgewässer-Vegetation an 116 mehrheitlich im Schweizer Mittelland liegenden Untersuchungsabschnitten mit einer standardisierten Probenahmeanleitung kartiert. Anschliessend wurden die Untersuchungsabschnitte mit vier verschiedenen Bewertungsmethoden aus Deutschland, Österreich, Frankreich und der Methode aus dem Kanton Zürich bewertet und die Resultate der Bewertung miteinander verglichen.

Prüfung der Praxistauglichkeit der Probenahmeanleitung Die Erhebungen dienten einerseits dazu, die Praxistauglichkeit der standardisierten Probenahmeanleitung zu prüfen. Daraus resultierende Verbesserungsvorschläge flossen in die vorliegende Anleitung zur Probenahme ein.

Plausibilitätsprüfung der Bewertung Die Bewertung der Untersuchungsabschnitte mit den verschiedenen Methoden wurde von den zuständigen Vertretern der Arbeitsgruppe, welche die Abschnitte kartiert hatten und die lokalen Verhältnisse vor Ort kennen, auf Plausibilität geprüft. Die Zürcher Methode erreichte mit 70 % den höchsten Anteil der als plausibel erachteten Resultate (Ö: 64 %; D: 58 %; F: 47 %) ²⁸.

**Plausible Resultate trotz
theoretisch festgelegter
Referenzzustände**

Die vorliegende Methode orientiert sich zur Beurteilung der Fließgewässer-Vegetation an theoretisch festgelegten, typspezifischen Referenzzuständen und führt zu einem hohen Anteil an plausibel erachteten Resultaten. Sobald genügend Datensätze aus anthropogen unbeeinflussten Gewässerabschnitten vorhanden sind, können die theoretischen Referenzen durch natürliche Referenzen ersetzt und die Bewertungen entsprechend angepasst werden.

8 Literaturverzeichnis

- 1 CEN: EN 14184 2003: Wasserbeschaffenheit - Anleitung für die Untersuchung aquatischer Makrophyten in Fliessgewässern. Brüssel.
- 2 Meilinger, P. 2003: Makrophyten als Indikatoren zur leitbildbezogenen Bewertung von Fliessgewässern. Dissertation an der Technischen Universität München. 182 S.
- 3 Pitt, J.-A., Kelly, M., Phillips, G., Pollard, P. und Logan, P. 2008: Draft UKTAG River Assessment Methods: Macrophytes and Phytobenthos - Macrophytes (River LEAFPACS). Water Framework Directive - United Kingdom Advisory Group. 22 S.
- 4 Schaumburg, J., Schranz, C. Stelzer D., Hofmann, G., Gutowski, A. und Foerster, J. 2006: Handlungsanweisung für die ökologische Bewertung von Fliessgewässern zur Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie: Makrophyten und Phytobenthos. Stand Januar 2006. Bayerisches Landesamt für Umwelt. 120 S.
- 5 Pall, K. und Mooser, V. 2007: Leitfaden zur Erhebung der biologischen Qualitätselemente. Teil A4 – Makrophyten. Wien, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft BMLFUW. 60 S.
- 6 AFNOR NF T90-395 2003: Qualité de l'eau – Détermination de l'indice biologique macrophytes en rivière (IBMR). Paris, Association Française de Normalisation AFNOR. 28 S.
- 7 Egloff, F.G. 1977: Wasserpflanzen des Kantons Zürich: die heutige Verbreitung und jüngste Geschichte der aquatischen Angiospermen. Vierteljahresschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich 122: 1-140.
- 8 AWEL 2006: Wasserqualität der Seen, Fliessgewässer und des Grundwassers im Kanton Zürich. Statusbericht 2006.
- 9 AWEL 2008: Zustand der Fliessgewässer in den Einzugsgebieten von Sihl, Limmat und Zürichsee: Messkampagne 2006/2007.
- 10 GREN 2003: Etude de la végétation rivulaire des cours d'eau genevois. Mandat du Service de l'écologie de l'eau (DT - Genève).
- 11 Maurer, V. 2004: Koordinierte biologische Untersuchungen an Hoahrhein und Aare 1990-2002, Zusammenfassender Kurzbericht. BUWAL, Schriftenreihe Umwelt Nr. 375. 45 S.
- 12 GREN 2008: Auswertung und Bewertung Minimaldatensatz
- 13 Wiegleb, G. 1991: Die Lebens- und Wuchsformen der makrophytischen Wasserpflanzen und deren Beziehungen zur Ökologie. Verbreitung und Vergesellschaftung der Arten. Tuexenia 11; 135-147.
- 14 Van de Weyer, K. 2004: Kartieranleitung zur Erfassung und Bewertung der aquatischen Makrophyten der Fließgewässer in Nordrhein-Westfalen gemäß den Vorgaben der EU-Wasser-Rahmen-Richtlinie. LUA NRW, Merkblätter 39: 60 S.
- 15 Hilbig, W und Mühlberg, H. 1972: Zur Unterscheidung einiger Wasser- und Röhrichtpflanzen mit bandförmigen Blättern im vegetativen Zustand. Wissenschaftliche Zeitschrift der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg. Mathematisch-Naturwissenschaftliche Reihe 22 : 46-47.

- 16 Moser, D., Gygax, A., Bäumler, B., Wyler, N. und Palese, R. 2002: Rote Liste der gefährdeten Farn- und Blütenpflanzen der Schweiz. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern; Zentrum des Datenverbundnetzes der Schweizer Flora, Chambésy; Conservatoire et Jardin botaniques de la Ville de Genève, Chambésy. Vollzug Umwelt. 118 S.
- 17 Schnyder, N., Bergamini, A., Hofmann, H., Müller, N., Schubiger-Bossard, C. und Urmi, E. 2004: Rote Liste der gefährdeten Moose der Schweiz. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern; <http://www.nism.uzh.ch>
- 18 BAFU 2007: Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässer: Äusserer Aspekt. Umwelt-Vollzug Nr. 0701. Bern. <http://www.modul-stufen-konzept.ch>
- 19 BUWAL 1998: Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässer: Ökomorphologie Stufe F (flächendeckend). Mitteilungen zum Gewässerschutz Nr. 27. Bern. <http://www.modul-stufen-konzept.ch>
- 20 Braun-Blanquet, J. 1964: Pflanzensoziologie - Grundzüge der Vegetationskunde. Springer, Wien. 865 S.
- 21 AWEL 2002: Referenzstellen für biologische Untersuchungen an Fliessgewässern des Kantons Zürich - GIS-Analyse zur Charakterisierung und Beurteilung der Fliessgewässer als Basis für die Festlegung von möglichen Referenzstellen. 27 S.
- 22 BLfW 1995: Kartier- und Bewertungsverfahren Gewässerstruktur. Erläuterungsbericht, Kartier- und Bewertungsanleitung. 77S.
- 23 Schachtschabel, P., Blume, H.-P., Brümmer, G., Hartge, K.-H., Schwertmann, U., Fischer, W. R., Renger, M., Strebel, O. 1992: Lehrbuch der Bodenkunde. Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart, 491 S.
- 24 Wiegleb, G. 1991: Die Lebens- und Wuchsformen der makrophytischen Wasserpflanzen und deren Beziehungen zur Ökologie. Verbreitung und Vergesellschaftung der Arten. Tuexenia 11; 135-147.
- 25 Chèvre et al. 2006: Pestizide in Schweizer Oberflächengewässern. Wirkungsba-sierte Qualitätskriterien. Gas Wasser Abwasser 2006/4, S. 297-307.
- 26 Van de Weyer, K. 2001: Klassifikation der aquatischen Makrophyten der Fließgewässer von Nordrhein-Westfalen gemäß den Vorgaben der EU-Wasser-Rahmen-Richtlinie. LUA NRW, Merkblätter 30: 108 S.
- 27 Van de Weyer, K. 2008: Fortschreibung des Bewertungsverfahrens für Makrophyten in Fließgewässern in Nordrhein-Westfalen gemäß den Vorgaben der EU-Wasser-Rahmen-Richtlinie. Lanuv-Arbeitsblatt 3: 77 S.
- 28 BAFU 2009: Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässer – Wasserpflanzen: Anleitung zur Probenahme, Anhang 9. <http://www.modul-stufen-konzept.ch>

Anhang

A1 Material für die Felderhebung

Folgendes Material wird für die Felderhebung benötigt:

- Landeskarte 1:25'000 als Übersicht
- Pläne in einem dem Untersuchungszweck angepassten Massstab zum Eintrag der kartierten Untersuchungsstrecken (z.B. 1:5000)
- Ev. GPS
- Protokollblätter mit Schreibunterlage, Schutzhülle, Bleistifte
- Kamera zur Dokumentation der Untersuchungsstrecken
- Bestimmungsliteratur
- Handlupe (10-fache Vergrößerung)
- Wathosen/ Fischerstiefel
- Schwimmweste
- Pflanzenhaken oder Rechen mit langem Stiel zur Entnahme von Pflanzen an tieferen Gewässerstellen
- ev. Sichthilfe (Eimer oder Rohr mit Plexiglasboden)
- wasserdichte Plastiktüten für Proben von Gefässpflanzen und Armleuchteralgen
- Papierumschläge (Couverts) für Proben von Moosen
- Kühlboxen für den Transport der Pflanzenproben zum Labor

A2 Feldprotokoll Makrophyten

Gewässer:		Abschnitt:		Kanton:	
BearbeiterIn:		Datum/Zeit:	/	Nr. Fotos:	

Koordinaten:	X:	Y:	Höhe ü. M.:	Länge [m]:
--------------	----	----	-------------	------------

Breite	
Sohle ÖkF:	m
Benetzt:	m
Variabilität:	<input type="checkbox"/> Ausgeprägt <input type="checkbox"/> Eingeschränkt <input type="checkbox"/> Keine

Tiefe	
Mittlere:	cm
Maximale:	cm
Variabilität:	<input type="checkbox"/> Ausgeprägt <input type="checkbox"/> Mässig <input type="checkbox"/> Keine

Abfluss	
<input type="checkbox"/> Wert aus GIS:	l/s
<input type="checkbox"/> Schätzung Feld:	<input type="checkbox"/> < 200 <input type="checkbox"/> 200-500 <input type="checkbox"/> 500-1000 <input type="checkbox"/> > 1000

Wasserstand	
<input type="checkbox"/> Niedrig	
<input type="checkbox"/> Mittel	
<input type="checkbox"/> Hoch	

Gefälle	
<input type="checkbox"/> Wert aus GIS:	%
<input type="checkbox"/> Schätzung Feld:	<input type="checkbox"/> < 0.5 <input type="checkbox"/> 0.5-2 <input type="checkbox"/> 2-5 <input type="checkbox"/> > 5

Beschattung	
Vollsonnig (0-25%)	<input type="checkbox"/>
Sonnig (25-50%)	<input type="checkbox"/>
Halbschattig (50-75%)	<input type="checkbox"/>
Schattig (75-100%)	<input type="checkbox"/>

Strömung	m/s	Anteil
Fast stehend oder Kehrströmung	< 0.03	%
Sehr langsam fließend	0.03-0.1	%
Langsam fließend, Wasser fast glatt	0.1-0.3	%
Schnell fließend, wenig turbulent	0.3-1	%
Sehr schnell fließend, turbulent	>1	%

Substratstabilität	
Unbeweglich	<input type="checkbox"/>
Begrenzt beweglich	<input type="checkbox"/>
Beweglich	<input type="checkbox"/>

Substrat	cm	Anteil
Blöcke	> 40	%
Grosse Steine	20-40	%
Steine	6.3-20	%
Grobkies	2-6.3	%
Fein-/Mittelkies	0.2-2	%
Sand	0.063-0.2	%
Schluff/ Ton	< 0.063	%
(Faul)Schlamm		%
Humus/ Torf		%
Anderes:		%

Verbauung Sohle	
Verbauungsgrad	Verbauungsart/ Material
Keine (0%)	<input type="checkbox"/> Steinschüttung / Rauhbett <input type="checkbox"/>
Vereinzelt (< 10%)	<input type="checkbox"/> Holz <input type="checkbox"/>
Mässig (10-30%)	<input type="checkbox"/> Betongittersteine <input type="checkbox"/>
Grössere (30-60%)	<input type="checkbox"/> Undurchlässig / Beton <input type="checkbox"/>
Überwiegend (> 60%)	<input type="checkbox"/> Andere / dicht <input type="checkbox"/>
Vollständig (100%)	<input type="checkbox"/>

Verbauung Böschungsfuss			
links		rechts	
Verbauungsgrad		Verbauungsart/ Material	
Keine (0%)	<input type="checkbox"/>	Lebendverbau	<input type="checkbox"/>
Punktuell (< 10%)	<input type="checkbox"/>	Natursteine locker	<input type="checkbox"/>
Mässig (10-30%)	<input type="checkbox"/>	Holz	<input type="checkbox"/>
Grössere (30-60%)	<input type="checkbox"/>	Betongittersteine	<input type="checkbox"/>
Überwiegend (> 60%)	<input type="checkbox"/>	Natursteine dicht	<input type="checkbox"/>
Vollständig (100%)	<input type="checkbox"/>	Mauer	<input type="checkbox"/>
		Anderer / undurchlässig	<input type="checkbox"/>

Uferbereich		
	links	rechts
Breite Uferbereich	m	m
Dominanter Typ pro Seite		
Kies, Geröll, Fels	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wald	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Röhricht, Ried	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bäume/Sträucher + ext. Wiese	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Monotone Hochstaudenflur	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Extensive Wiese, unbestockt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Alleeähnliche Bestockung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vegetationslos / künstlich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Anderes:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Umland		
	links	rechts
Dominante Nutzung pro Seite		
Mischwald	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nadelwald (> 75% Nadelholz)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Laubwald (> 75% Laubholz)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fettwiese, Acker, Weide	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Magerwiese, Hochstauden	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Röhricht, Riedwiesen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Auen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Siedlungsgebiet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Anderes:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Äusserer Aspekt				
	Kein(e)	Leicht/ mittel	Viel/ stark	Bemerkung
Kolmation	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Heterotroph. Bewuchs	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Trübung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

☞: Standortparameter für die Typisierung nach der ZH-Methode
 ÖkF: Parameter der Ökomorphologie Stufe F des Modul-Stufen-Konzepts
 ÄÄ: Parameter des Äusseren Aspekts des Modul-Stufen-Konzepts

A3 Visuelle Abschätzung der Gesamtdeckung der Makrophyten

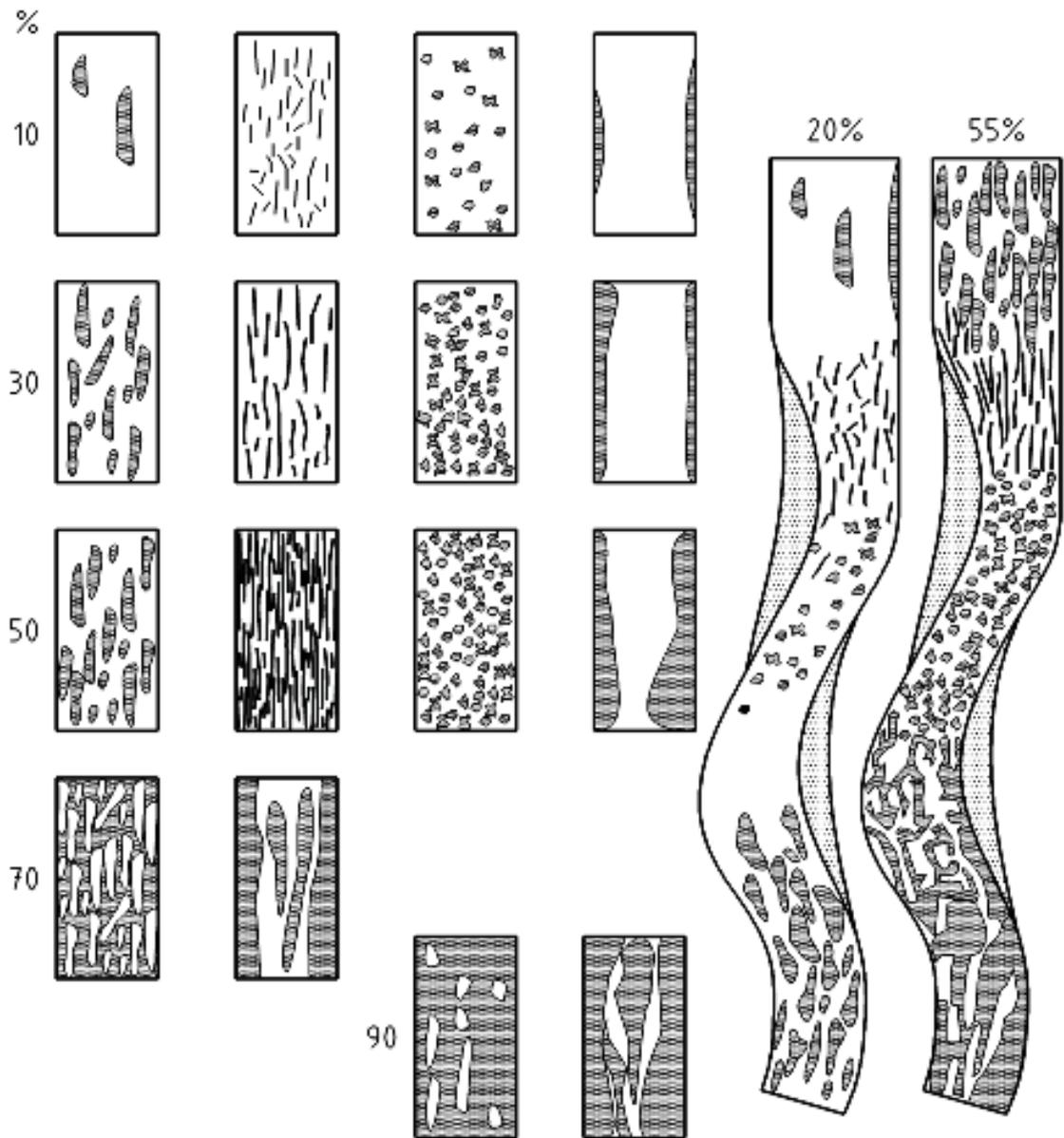
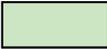
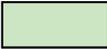
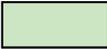


Figure D.1

Visuelle Hilfe zur Schätzung der Gesamtdeckung. Nach X. Bourrain, Agence de l'Eau Seine-Normandie (aus der französischen IBMR-Bewertungsmethode⁶).

A4 Zusätzliche vegetationsspezifische Parameter

Parameter	Beschreibung																
Verkrautung	Stehen bei der Untersuchung Fragen in Zusammenhang mit Gewässerverkrautungen und allfälligen Unterhaltsmassnahmen im Vordergrund, kann es sinnvoll sein, neben dem Gesamtdeckungsgrad der Pflanzen weitere Parameter zur Quantifizierung und Charakterisierung der Vegetation zu erheben. Als Mass für die Verkrautung kann die Profilfüllung verwendet werden.																
Erfassung der Profilfüllung	<p>Anteil des Gewässerquerschnittes, der von Pflanzen eingenommen wird [%], gemittelt über den gesamten Untersuchungsabschnitt (nach Jorga & Weise 1981*, modifiziert). Die Profilfüllung wird in 6 Klassen erfasst:</p> <p>1: Ideal sauber (0 - 5 %) 2: Sehr sauber (5 - 10 %) 3: Sauber bis mässig verkrautet (10 - 25 %) 4: Mässig bis stark verkrautet (25 - 50 %) 5: Stark verkrautet (50 - 75 %) 6: Sehr stark verkrautet (>75 %)</p>																
Bewertung der Profilfüllung	Die Profilfüllung wird mit einem dreistufigen Bewertungsschlüssel beurteilt.																
<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Verkrautung</th> <th>Profilfüllung</th> <th>Zustand</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>keine - mässig</td> <td>0 – 25 %</td> <td>gut</td> </tr> <tr> <td></td> <td>mässig - stark</td> <td>25 – 50 %</td> <td>genügend</td> </tr> <tr> <td></td> <td>stark – sehr stark</td> <td>50 – 100 %</td> <td>schlecht</td> </tr> </tbody> </table>			Verkrautung	Profilfüllung	Zustand		keine - mässig	0 – 25 %	gut		mässig - stark	25 – 50 %	genügend		stark – sehr stark	50 – 100 %	schlecht
	Verkrautung	Profilfüllung	Zustand														
	keine - mässig	0 – 25 %	gut														
	mässig - stark	25 – 50 %	genügend														
	stark – sehr stark	50 – 100 %	schlecht														

* Jorga, W. und Weise, G. 1981: Verfahren zur Abschätzung der Verkrautung von Wasserläufen. Acta hydrochimica et hydrobiologica. 9(2): 189-202.

Entwicklungszustand	<p>Die verschiedenen Taxa unterscheiden sich in ihrer jahreszeitlichen Entwicklung und durchlaufen je nach Güte des Habitats nicht immer alle Entwicklungsstadien im Gewässer. Je nach Fragestellung kann es deshalb Sinn machen, den Entwicklungszustand der Pflanzen zu erfassen. Sollen Untersuchungsabschnitte über mehrere Jahre beobachtet werden, sollte die Kartierung nach Möglichkeit immer zur selben Zeit durchgeführt werden. Dabei ist nicht das absolute Datum, sondern der Entwicklungszustand der häufigsten Taxa ausschlaggebend. Für alle Taxa ist der dominierende Entwicklungszustand in 7 Klassen anzugeben:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1: <u>Keimend</u>: Einzelpflanze mit wenigen submersen Blättern 2: <u>Submers</u>: Gut ausgebildete Einzelpflanzen bis flächige Bestände von Pflanzen unterhalb oder bis zur Wasseroberfläche 3: <u>Emers</u>: Gut ausgebildete Einzelpflanzen bis flächige Bestände von Pflanzen, die auch über das Wasser herausragen 4: <u>Knospen</u>: Knospen unter- oder oberhalb der Wasseroberfläche vorhanden 5: <u>Blüten</u>: Blüten unter- oder oberhalb der Wasseroberfläche vorhanden 6: <u>Früchte</u>: Früchte unter- oder oberhalb der Wasseroberfläche vorhanden 7: <u>Absterbend/ kümmerlich</u>: Zerfall des Pflanzenkörpers setzt ein oder das Wachstum der Pflanze ist kümmerlich
Verkrautungsform	<p>Die dominierende vertikale Entwicklung der Pflanzenbestände (nach Niemann 1980*, modifiziert) wird in 5 Klassen angegeben:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1: Der Gewässersohle mehr oder weniger anliegend 2: Den Wasserkörper von der Sohle bis zur Wasseroberfläche erfüllend, mit mehr oder weniger starker Konzentration an der Wasseroberfläche; höchstens Blüten und Fruchtstände die Wasseroberfläche überragend 3: Auch mit vegetativen Pflanzenteilen bis 20 cm über die Wasseroberfläche ragend 4: Auch mit vegetativen Pflanzenteilen 20 bis 60 cm über die Wasseroberfläche ragend 5: Auch mit vegetativen Pflanzenteilen > 60 cm über die Wasseroberfläche ragend

* Niemann E. 1980: Zur Ansprache des „Verkrautungszustandes“ in Fließgewässern. Acta hydrochimica et hydrobiologica 8 (1): 45-57.

A5 Eingabemaske Typisierung und Bewertung

Anhang 5 zeigt auf, welche Rohdaten und daraus berechnete Grössen für die Typisierung (Abb. 15) und Bewertung (Abb. 23 - 26) zusammengestellt werden müssen. Falls die Typisierung und Bewertung per Makro erfolgen soll, müssen die Daten an entsprechender Stelle in das Excel-File „Eingabemaske Typisierung und Bewertung“ übertragen werden. Anschliessend kann die Typisierung und Bewertung automatisch per Makro durchgeführt werden.

Parameter	Erläuterungen
Identifikation Untersuchungsabschnitt	
Gewässer	
Abschnitt	
Koordinate Ost (X)	
Koordinate Nord (Y)	
Datum	
BearbeiterIn	
Kanton	
Länge	
Typbestimmende Schlüsselgrössen	
Gefälle (mittleres Gefälle via GIS)	
Beschattung	
mittlere Wassertiefe	
Abfluss (mittlerer Abfluss via GIS)	
Dominantes Substrat	Substrat < 6.3 cm dominiert = 7; Substrat ≥ 6.3 cm dominiert = 8

Kriterien Bewertung

Absolute Deckung Submerse in % (ADSu)	ADSu = berechnet aus Submerse an Gesamtdeckung (RHSu) und der im Feld erhobenen Gesamtdeckung (GD). Dazu muss die Gesamtdeckung, welche in Klassen erhoben wird, zuerst in % umgerechnet werden. Anschliessend wird die absolute Deckung der Submersen (ADSu) wie folgt berechnet: $ADSu = (RHSu * GD) / 100$
	Umrechnung "Gesamtdeckung in Klassen" in "Gesamtdeckung in %" Klasse 0 = 0 % Klasse 1 = 0.5 % Klasse 2 = 4.5 % Klasse 3 = 18 % Klasse 4 = 38 % Klasse 5 = 63 % Klasse 6 = 88 %
Submerse an Gesamtdeckung in % (RHSu)	Summe der relativen Häufigkeiten aller Submersen-Taxa (gemäss Taxaliste)
Absolute Deckung Schwimmblattpflanzen in % (ADSb)	analog absolute Deckung Submerse in %
Schwimmblattpflanzen an Gesamtdeckung in % (RHSb)	Summe der relativen Häufigkeiten aller Schwimmblatt-Taxa (gemäss Taxaliste)
Absolute Deckung Helophyten in % (ADHe)	analog absolute Deckung Submerse in %
Helophyten an Gesamtdeckung in % (RHHe)	Summe der relativen Häufigkeiten aller Helophyten-Taxa (gemäss Taxaliste)
Absolute Deckung Moose in % (ADMo)	analog absolute Deckung Submerse in %
Moose an Gesamtdeckung in % (RHMo)	Summe der relativen Häufigkeiten aller Moos-Taxa (gemäss Taxaliste) oder direkt die im Feld geschätzte relative Häufigkeit aller Moos-Taxa zusammen, falls die Moose im Feld nicht auf die Art bestimmt wurden
Absolute Deckung fädige Algen in % (ADFa)	analog absolute Deckung Submerse in %
fädige Algen an Gesamtdeckung in % (RHFa)	relative Häufigkeit aller fädigen Algen-Taxa zusammen
Anzahl Taxa	Anzahl Taxa gemäss Taxaliste; inkl. Armleuchteralgen, ohne fädige Algen
keine dominanten Taxa	Eine Art ist dominant, wenn ihre relative Häufigkeit mehr als 50 % beträgt. Dominante Art vorhanden = 1; keine dominante Art vorhanden = 0
Mindestdeckungsgrad = absolute Deckung höhere Wasserpflanzen	Summe von ADSu, ADSb, ADHe
Moos-Taxa	Anzahl Moos-Taxa gemäss Taxaliste

A6 Bestimmungsliteratur

Generelle Werke

Van de Weyer, K. und Schmidt, C. 2007: Bestimmungsschlüssel für die aquatischen Makrophyten (Gefäßpflanzen, Armeleuchteralgen und Moose) in Deutschland. Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg. 128 S. <http://www.mluv.brandenburg.de/cms/detail.php/bb2.c.416666.de>

Gefäßpflanzen

Lauber, K. und Wagner, G. 2007: Flora Helvetica. Haupt- und Ergänzungsband. 4. Auflage. Haupt, Bern. 1631 S. resp. 275 S.

Binz, A. 1990: Schul- und Exkursionsflora für die Schweiz mit Berücksichtigung der Grenzgebiete: Bestimmungsbuch für die wildwachsenden Gefäßpflanzen. 19. Auflage. Schwabe, Basel. 659 S.

Casper, S. J. und Krausch, H.-D. 1980/ 1981: Süßwasserflora von Mitteleuropa (Band 23 und 24) - Pteridophyta und Anthophyta. Gustav Fischer Verlag, Jena. 403/ 533 S.

Eggenberg, S. und Möhl A. 2007: Flora Vegetativa: ein Bestimmungsbuch für Pflanzen der Schweiz im blütenlosen Zustand. Haupt, Bern. 680 S.

Fitter, R., Fitter, A. und Farrer, A. 1991. Guide des graminées, carex, joncs, fougères. Neuchâtel, Delachaux et Niestlé. 255 S.

Hess, H.E., Landolt, E., Hirzel, R. und Baltisberger, M. 2006: Bestimmungsschlüssel zur Flora der Schweiz und angrenzender Gebiete. 5. Auflage. Birkhäuser, Basel. 697 S.

Krausch, H.-D. 1996. Farbatlas Wasser- und Uferpflanzen. Ulmer, Stuttgart. 315 S.

Krause, W. 1997: Süßwasserflora von Mitteleuropa - Charales (Charophyceae). Band 18. Gustav Fischer Verlag, Jena. 202 S.

Meriaux, J.C. 2003: Guide pratique de détermination des plantes aquatiques à l'état végétatif du bassin artois-picardie. Douai, Agence de l'Eau Artois-Picardie. 93 S.

Rothmaler, W. 2005: Exkursionsflora von Deutschland (Band 2)- Gefäßpflanzen: Grundband. 19. Auflage. Elsevier Spektrum Akad. Verlag, Heidelberg. 640 S.

Rothmaler, W. 2007: Exkursionsflora von Deutschland (Band 3)- Gefäßpflanzen: Atlasband. 11. Auflage. Elsevier Spektrum Akad. Verlag, Heidelberg. 753 S.

Moose

- Bailly, G., Vadam, J.C. und Vergon, J.P. 2004: Guide pratique d'identification des bryophytes aquatiques. Besançon, Diren Franche-Comté. 158 S.
- Coudreuse, J., Haury, J., Bardat, J. und Rebillard, J.P. 2005: Clé d'identification des bryophytes aquatiques (et supra aquatiques) pour la mise en oeuvre de l'Indice Biologique Macrophytique en Rivière (I.B.M.R.) accompagnée d'un répertoire des principales espèces et d'un glossaire illustré. Toulouse, Agence de l'Eau Adour-Garonne. 133 S. <http://www.tela-botanica.org/page:375>
- Frahm, J.-P. 1998: Moose als Bioindikatoren. Quelle & Meyer, Wiesbaden. 187 S.
- Frahm, J.-P. und Frey, W. 2004: Moosflora. Ulmer, Stuttgart. 538 S.
- Schnyder, N. 1997: Bestimmungshilfe für einige häufige, leicht verwechselbare pleurokarpe Wassermoose. Meylania 12: 32 -33.

Algen

- Gutowski, A. und Foerster, J. 2007: Benthische Algen ohne Kieselalgen und Armleuchteralgen – Feldführer. LANUV-Arbeitsblatt 2. Recklinghausen, Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen. 87 S. <http://www.lanuv.nrw.de/veroeffentlichungen/arbeitsblatt/arbla2/lanuvarbla2.pdf>
- Krause, W. 1997: Süßwasserflora von Mitteleuropa (Band 18) - Charales (Charophyceae). Gustav Fischer Verlag, Jena. 202 S.
- Pfister, P. und Pipp, E. 2008: Feld-Bestimmungsschlüssel für Makroalgen. In: Leitfaden zur Erhebung der biologischen Qualitätselemente. Teil A3 – Phytobenthos. Wien, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft BMLFUW. 89 S. <http://wasser.lebensministerium.at/article/articleview/52972/1/1469/>
- Rodriguez, S. und Vergon J.-P. 1996: Guide pratique de détermination générique des algues macroscopiques d'eau douce. Ministère de l'environnement DIREN Franche-Comté. 110 S.

A7 Weiterführende Links

Gefässpflanzen

Zentrum des Datenverbundnetzes der Schweizer Flora (ZDSF/ CRSF):
<http://www.crsf.ch/>

Swiss Web Flora: <http://www.wsl.ch/land/products/webflora/welcome-de.ehtml>

Umfangreiche Liste mit Bestimmungsliteratur: <http://www.lanaplan.de/public/index/rubrik/Makrophyten/artikel/Bestimmungsliteratur%20>

Tela Botanica (flore électronique du réseau de la botanique francophone):
<http://www.tela-botanica.org/page:eflore>

Bilder-Datenbank „Flora von Deutschland“: <http://www.rz.uni-karlsruhe.de/~db111/flora/D/index.php>

Bild-Datenbank der Wildpflanzen Österreichs: <http://flora.nhm-wien.ac.at/Index.htm>

Schweizerische Kommission für die Erhaltung von Wildpflanzen (SKEW):
<http://www.cps-skew.ch>

Moose

Nationales Inventar der Schweizer Moosflora: <http://www.nism.uzh.ch/index.php>