

Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fließgewässer

Makrophyten – Stufe F (flächendeckend) und Stufe S (systembezogen)

Entwurf zur Vernehmlassung



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Umwelt BAFU

Impressum

Herausgeber

Bundesamt für Umwelt, BAFU

Autoren

Barbara Känel *Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft des Kantons Zürich (AWEL ZH)*
Christian Michel *Eawag: Das Wasserforschungs-Institut des ETH-Bereichs*
Peter Reichert *Eawag: Das Wasserforschungs-Institut des ETH-Bereichs*

Fotos

AWEL ZH, Eawag, Mitglieder der Begleitgruppe

Begleitung

Katrin Guthruf *Amt für Wasser und Abfall des Kantons Bern*
Daniel Küry *Life Science AG, Basel*
Adrian Möhl *Info Flora, Bern*
Pascal Mulattieri *Biol'Eau, Sàrl*
Niklaus Müller *Forschungsstelle für Umweltbeobachtung, Rapperswil*
Ernst Roth *AquaPlus AG, Zug*
Sabine Zeller *Bundesamt für Umwelt*

Dank

Begleitung Kartieranleitung 2009: Christine Weber, Werner Göggel, Alain Demierre, Fredy Elber, Vinzenz Maurer, Jean Perfetta, Ulrich Sieber, Kurt Wächter, Simone D. Langhans
Spezifische Fragestellungen: Regula Billeter, Francis Cordillot, Pascale Derleth-Sartori, Stefan Eggenberg, Brigitte Lods-Crozet, Stephan Lussi, Lionel Sager, Emilie Sandoz, Jaqueline Schlosser, Arno Schwarzer

Zitierung

Känel, B., Michel, C., Reichert, P. 2017: Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fließgewässer. Makrophyten - Stufe F (flächendeckend) und Stufe S (systembezogen). Entwurf. Bundesamt für Umwelt, Bern. 119 S.

Rechtliche Bedeutung

Diese Publikation ist eine Vollzugshilfe des BAFU als Aufsichtsbehörde und richtet sich primär an die Vollzugsbehörden. Sie konkretisiert die bundesumweltrechtlichen Vorgaben (bzgl. Unbestimmten Rechtsbegriffen und Umfang/Ausübung des Ermessens) und soll eine einheitliche Vollzugspraxis fördern. Berücksichtigen die Vollzugsbehörden diese Vollzugshilfe, so können sie davon ausgehen, dass sie das Bundesrecht rechtskonform vollziehen; andere Lösungen sind aber auch zulässig, sofern sie rechtskonform sind. Bei der vorliegenden Methode handelt es sich um einen Entwurf, die Methode wird zunächst in der Praxis erprobt.

Titelbild

Chriesbach Dübendorf

Bezug PDF-Download

<http://www.modul-stufen-konzept.ch/fg/module/wasserpflanzen>

Eine gedruckte Fassung kann nicht bestellt werden. Die Publikation ist auch in französischer Sprache verfügbar.

© BAFU 2018

Inhalt

1	Einleitung	9
1.1	Das Modul-Stufen-Konzept	9
1.2	Rechtliche Grundlagen	10
1.3	Beurteilung von Fließgewässern anhand von Makrophyten	10
2	Gefährdung und Ökologie von Makrophyten	15
2.1	Gefährdung von Makrophyten	15
2.1.1	Gefährdete Gefäßpflanzen	15
2.1.2	Gefährdete Moose	16
2.1.3	Gefährdete Algen	17
2.2	Ökologie von Makrophyten	17
2.2.1	Lichtverhältnisse	18
2.2.2	Strömung	18
2.2.3	Substrat	19
2.2.4	Wasserchemie	19
2.2.5	Biotische Faktoren	20
2.3	Wuchsformen von Makrophyten	21
3	Ziel, Anwendungsbereich und Anforderungen der Methode	27
3.1	Allgemeine Zielsetzungen	27
3.2	Zweck und Fragestellung der Methode auf Stufe F und S	27
3.3	Anwendungsbereich und Grenzen der Methode	28
3.4	Anforderungen der Methode	29
4	Durchführung der Erhebung	31
4.1	Überblick über den Ablauf der Erhebung	31
4.2	Vorarbeiten vor der Erhebung im Feld	31
4.3	Festlegung der Untersuchungsabschnitte im Feld	32
4.4	Taxaliste	33
4.4.1	Umfang der Taxaliste	33
4.4.2	Klassierung der Taxa in Hinblick auf ihre Bestimmbarkeit	33
4.5	Berücksichtigte Taxa, Bestimmungstiefe und Konservierung von Pflanzenmaterial	34
4.5.1	Gefäßpflanzen	35
4.5.2	Moose	35
4.5.3	Armleuchteralgen	35
4.5.4	Grün gefärbte Fadenalgen oder polsterbildende Algen	36
4.6	Kartierung der Vegetation	36
4.7	Kartierung der Standortverhältnisse	41
4.8	Zusammenstellung der Rohdaten	49
5	Typisierung	51
5.1	Überblick über den Ablauf der Typisierung	51
5.2	Ziel der Typisierung	51
5.3	Entwicklung der Typisierung	52
5.4	Typisierung und ihre Grenzen	53
5.4.1	Endprodukte der Typisierung und Darstellung der Resultate	55
5.5	Die Vegetations-Flusstypen	56
5.5.1	Die Submersen-Typen (KS, MS, GS, SGS)	58

5.5.2	Die Helophyten-Typen (KH, MH)	61
5.5.3	Die Moos-Typen (KM, MM, GM, SGM)	63
5.5.4	Die Submersen-Helophyten-Übergangstypen (KS-KH, MS-MH)	65
5.5.5	Die Helophyten-Moos-Übergangstypen (KH-KM, MH-MM)	68
5.5.6	Die vegetationsarmen Typen (VA)	70
6	Bewertung	73
6.1	Überblick über den Ablauf der Bewertung	73
6.2	Bewertungsgrundsätze	73
6.3	Entwicklung der Bewertung	74
6.4	Zielhierarchie	74
6.5	Bewertung	78
6.5.1	Bereinigung Taxa-Daten	78
6.5.2	Bewertung mittels Zielhierarchie und Wertefunktionen	79
6.5.3	Endprodukte der Bewertung und Darstellung der Resultate	80
7	Plausibilitätsprüfung	81
7.1	Überblick über den Ablauf der Plausibilitätsprüfung	81
7.2	Überprüfung der Plausibilität	82
7.2.1	Regeln zur Überprüfung der Plausibilität	82
7.2.2	Gründe für einen Wechsel des Typs oder der Bewertung	83
7.2.3	Abschliessende Beurteilung durch den Bearbeiter oder die Bearbeiterin	87
7.3	Endprodukte	88
Anhang		91
A1	Datensatz Schweiz	91
A2	Material für die Felderhebung	92
A3	Feldprotokoll Makrophyten	
A4	Bestimmungsliteratur	95
A5	Häufige Makrophytentaxa: Gefässpflanzen	97
A6	Häufige Makrophytentaxa: Moose	98
A7	Vergleich der Vegetations-Kenngrössen von Referenzabschnitten mit den am stärksten belasteten Abschnitten	99
A8	Bewertungsziele und Attribute der Endknoten	100
A9	Wertefunktionen für die Bewertungsziele der untersten Ebene („Endknoten“)	104
A10	Aggregationsfunktionen zur Bewertung der übergeordneten Bewertungsziele	110
A11	Endprodukt: Stellenblatt	114
Digitaler Anhang		119
DA1	Taxaliste	
DA2	Vorlagen Datenzusammenstellung Standort- und Artdaten	
DA3	Auswertungs-Tool für die Typisierung, Bewertung und Plausibilitätsprüfung inklusive Bedienungsanleitung und Dokumentation der Endprodukte	
DA4	Standardabweichungen und Fehlerbereiche der Standortparameter und Klassengrenzen für die Typisierung	
DA5	Charakterisierung der Vegetations-Flusstypen anhand von Referenz- und belasteten Abschnitten	
DA6	Vergleich Vegetations-Kenngrössen, Standort- und menschlicher Belastungs-Parameter zwischen Referenzabschnitten und anthropogen am stärksten belasteten Abschnitten	

Zusammenfassung

Stichwörter:

**Modul-Stufen-Konzept,
Stufe F & S, Gewässer-
bewertung, Typisierung,
Makrophyten**

Im Rahmen des Modul-Stufen-Konzepts (MSK) werden Methoden zur Untersuchung und Bewertung der Fliessgewässer für die Bereiche Hydrodynamik und Morphologie, Chemie und Ökotoxikologie sowie Biologie erarbeitet. Es sind Methoden auf zwei Stufen vorgesehen, die sich in ihrer Bearbeitungsintensität und ihrem räumlichen Bezug unterscheiden. Der vorliegende Bericht beschreibt, wie die aquatische Vegetation der Fliessgewässer flächendeckend in einem grösseren Gebiet (Stufe F) oder systembezogen, mittels eines höher aufgelösten Messstellennetzes, in einem Einzugsgebiet (Stufe S) erfasst und beurteilt werden kann. Bei der Kartierung von Gewässerabschnitten mit einheitlichen Standortverhältnissen werden alle Gefässpflanzen, Armleuchterlagen, Moose und grün gefärbten Fadenalgen sowie polsterbildenden Algen auf der Gewässersohle erfasst. Von der Ufervegetation werden nur Arten berücksichtigt, die ihre Hauptverbreitung im regelmässig überfluteten Uferbereich haben. Die Gewässerabschnitte werden aufgrund von abiotischen Standortfaktoren (Beschattung, Gefälle, Abfluss, Wassertiefe, Substratzusammensetzung) einem von sechs verschiedenen Vegetations-Flusstypen unterschiedlicher Abflussklassen zugewiesen. Die Vegetation wird anschliessend durch Vergleich des Istzustandes mit einer möglichst naturnahen Referenz für den jeweiligen Vegetations-Flusstyp typspezifisch beurteilt. Die Bewertung, die sich an den ökologischen Zielen in Anhang 1 der Gewässerschutzverordnung (GSchV) orientiert, erfolgt mittels typspezifischer Zielhierarchien und Wertefunktionen in fünf Beurteilungsklassen. Bewertet werden die Bereiche Diversität (Anzahl typgerechte Arten und Wuchsformen), Zusammensetzung (Anteile typgerechter Wuchsformen und Neophyten sowie Dominanzstruktur) und Biomasse (absolute Deckung höherer Makrophyten und Algen) im Abschnitt. Ergänzend zu dieser gewässerökologischen Bewertung erfolgt eine Bewertung aus Sicht Naturschutz, anhand der nationalen Prioritätseinstufung der vorhandenen Arten sowie ihrem Beitrag zur Biodiversität, anhand von Leitwerten. Im Anschluss an die Typisierung und Bewertung, die durch ein elektronisches Auswertungs-Tool erfolgt, prüfen die Bearbeitenden die Resultate auf Plausibilität. Als Endprodukte werden einerseits Datentabellen mit allen Informationen zu den kartierten Untersuchungsabschnitten generiert, andererseits erfolgt eine Zusammenstellung der wichtigsten Informationen pro Untersuchungsabschnitt.

Vorwort

Der vorliegende Methoden-Entwurf zeigt auf, wie der Zustand der Makrophyten in den Fliessgewässern der Schweiz flächendeckend (Stufe F) oder systembezogen (Stufe S) untersucht und beurteilt werden kann. Als Makrophyten gelten alle Wasserpflanzen, die von blossen Auge erkennbar sind. Da sie meist standortgebunden und mehrjährig sind, widerspiegeln sie die Gesamtheit aller auf sie einwirkenden Umgebungsfaktoren über einen längeren Zeitraum. Im Gegensatz zum benachbarten Ausland, wo Makrophyten schon seit längerem bei der Qualitätsüberwachung der Fliessgewässer eingesetzt werden, hat die Untersuchung der Fliessgewässer-Makrophyten in der Schweiz bisher kaum Tradition. Die Kenntnisse über die Verbreitung der Makrophyten, von welchen mehr als die Hälfte auf der Roten Liste der gefährdeten Gefässpflanzen steht, sind deshalb spärlich. Die vorliegende Anleitung legt den Grundstein für ein harmonisiertes Vorgehen bei der Beurteilung der Fliessgewässer mittels der aquatischen Vegetation und ermöglicht damit auch die Beobachtung der weiteren Entwicklung. Zusätzlich trägt sie dazu bei, das Wissen über die Verbreitung von gewässertypischen sowie gefährdeten und prioritären Arten zu erhöhen.

Bei der vorliegenden Anleitung handelt es sich um einen Entwurf, der nun von den Anwendern auf Praxistauglichkeit geprüft werden soll. Nach einer ein- bis zweijährigen Erprobungsphase werden die Rückmeldungen gesammelt, der Entwurf überarbeitet und anschliessend publiziert.

1 Einleitung

1.1 Das Modul-Stufen-Konzept

Vielfältige Funktionen von Oberflächengewässern

Die stehenden Gewässer und die Fliessgewässer der Schweiz sind Teil einer vielfältig und intensiv genutzten Landschaft. Sie sind von Siedlungen, Landwirtschaftsland und Strassen umgeben, sie dienen der Energiegewinnung, sie werden zur Sicherung gegen Hochwasser verbaut, und sie nehmen gereinigtes Abwasser aus Kläranlagen auf. Diese Nutzungen beeinflussen die vielfältigen Funktionen der Gewässer, als Lebensraum für eine reiche Tier- und Pflanzenwelt etwa, aber auch für den Menschen wichtige Ökosystemleistungen wie die Versorgung mit Trinkwasser oder den Hochwasserrückhalt.

Ganzheitliche Bewertung von Gewässern

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 (MSK) bildet die Grundlage für eine solche ganzheitliche Untersuchung und Bewertung der Gewässer¹.

Aufbau des Modul-Stufen- Konzepts

Im Rahmen des Modul-Stufen-Konzepts erarbeitet das Bundesamt für Umwelt BAFU zusammen mit der Eawag und den kantonalen Fachstellen Methoden, mit welchen der Zustand der Gewässer in der Schweiz einheitlich untersucht und beurteilt werden kann. Die Methoden zur Beurteilung der Fliessgewässer erfassen chemisch-physikalische, hydromorphologische, biologische sowie ökotoxikologische Aspekte der Gewässerqualität. Sie sind in zwei Stufen gegliedert, die sich in ihrer Bearbeitungsintensität und ihrem räumlichen Bezug unterscheiden:

- *Flächendeckend*: Flächendeckende Untersuchungen mit geringer Untersuchungstiefe, um einen Überblick über die Verbreitung der Organismen und den Zustand der Lebensgemeinschaften in einem grösseren Gebiet zu erlangen. Biologische Defizite und die Notwendigkeit vertiefter Untersuchungen sollen erkannt werden.
- *Systembezogen*: Detailliertere Untersuchungen ausgewählter Gewässersysteme in einem Einzugsgebiet und differenziertere Interpretation der Untersuchungsergebnisse im Vergleich mit dem unbeeinträchtigten Zustand (naturnahe Referenzbedingungen).

Im ursprünglichen Konzept war zudem die Entwicklung von standardisierten Methoden zur Bearbeitung spezifischer Probleme in einzelnen Gewässerabschnitten vorgesehen (Stufe A – abschnittsbezogen). Auf diese Stufe wird jedoch verzichtet, da in solchen Fällen projektspezifische Untersuchungsansätze zur Anwendung kommen.

¹ Liechti, P. et al. 1998: Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässer: Modul-Stufen-Konzept. Vollzug Umwelt, Mitteilungen zum Gewässerschutz Nr. 26, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern, 43 S. (http://www.modul-stufen-konzept.ch/download/konzept_nr26_d.pdf)

1.2 Rechtliche Grundlagen

Ökologische Ziele für oberirdische Gewässer

Das Bundesgesetz über den Schutz der Gewässer vom 24. Januar 1991 (GSchG, SR 814.20) bezweckt, die Gewässer vor nachteiligen Einwirkungen zu schützen und sie insbesondere als natürliche Lebensräume für die einheimische Tier- und Pflanzenwelt, als Fischgewässer und als Landschaftselemente zu erhalten (Art. 1 GSchG). Die Gewässerschutzverordnung vom 28. Oktober 1998 (GSchV, SR 814.201) enthält unter anderem ökologische Ziele für oberirdische Gewässer (Anhang 1 GSchV) und definiert Anforderungen an die Wasserqualität (Anhang 2 GSchV).

Pflicht zur Untersuchung und Beurteilung des Zustandes von Fliessgewässern

Die Lebensgemeinschaften von Pflanzen, Tieren und Mikroorganismen oberirdischer Gewässer und der von ihnen beeinflussten Umgebung sollen naturnah und standortgerecht sein, sich selbst reproduzieren und regulieren sowie eine Vielfalt und eine Häufigkeit der Arten aufweisen, die typisch sind für nicht oder nur schwach belastete Gewässer des jeweiligen Gewässertyps (Anhang 1, Ziffer 1, Absatz 1 GSchV).

Das GSchG verpflichtet Bund und Kantone, die Öffentlichkeit über den Gewässerschutz sowie den Zustand der Gewässer zu informieren (Art. 50 GSchG). Grundlage dafür sind umfassende Kenntnisse der Zusammenhänge zwischen den Einflussgrößen und dem Gewässerzustand. Auch für den Vollzug der Gewässerschutzgesetzgebung sind Untersuchungen über den Zustand der Gewässer nötig. Deshalb verpflichtet Artikel 57 Absatz 1 GSchG den Bund und Artikel 58 Absatz 1 GSchG die Kantone, gezielte Erhebungen unter anderem über den ökologischen Zustand der Gewässer durchzuführen. Die vorliegende Publikation zeigt auf, wie untersucht werden kann, ob die aquatische Vegetation die ökologischen Ziele erfüllt.

1.3 Beurteilung von Fliessgewässern anhand von Makrophyten

Definition Makrophyten

Als Makrophyten gelten in Anlehnung an die Europäische Norm EN 14184² alle Wasserpflanzen, die von blossen Auge erkennbar sind. Eingeschlossen sind Gefäßpflanzen, Moose und makroskopische Algen.

Makrophyten als biologische Indikatoren

Biologische Indikatoren zur Beurteilung des Gewässerzustandes sind ein wichtiger Bestandteil für die Erfolgskontrolle im Gewässerschutz. Die meisten aquatischen Pflanzen sind standortgebunden und mehrjährig. Sie widerspiegeln damit die Gesamtheit aller auf sie einwirkenden Umgebungsfaktoren über einen längeren Zeitraum. Dazu gehören nicht nur die Wasserqualität, sondern auch die morphologischen und hydrologischen Bedingungen sowie die Dynamik im Gewässer. Entsprechend stellt die Artengemeinschaft, welche ein Gewässer besiedelt, ein Abbild des Gesamtzustandes des Ökosystems Fliessgewässer dar und kann als integrierendes Überwachungsinstrument für dessen ökologischen Zustand verwendet werden^{3, 4}.

² CEN: EN 14184 2014: Wasserbeschaffenheit - Anleitung für die Untersuchung aquatischer Makrophyten in Fliessgewässern. Brüssel. https://standards.cen.eu/dyn/www/f?p=204:110:0:::FSP_PROJECT,FSP_ORG_ID:36147,6211&cs=1F1BAB0D3174537208608E2DE93403B2E

³ Fennessy, S. et al. 2015: Biological indices based on macrophytes: an overview of methods used in Catalonia and the USA to determine the status of rivers and wetlands, in: Experiences from surface water quality monitoring. Springer International Publishing, 81-99.

⁴ Schneider, S. et al. 2016: The "forgotten" ecology behind ecological status evaluation: Reassessing the roles of aquatic plants and benthic algae in ecosystem functioning, in: Progress in Botany, 78. Lüttge, U., Cánovas, F.M. und Matyssek, R. S. 285 – 304.

Biologische Indikatoren integrieren Auswirkungen verschiedenster Belastungen

Die Stärke der biologischen Indikatoren, nämlich die Auswirkungen verschiedenster Beeinträchtigungen auf die Lebensgemeinschaften aufzuzeigen, hat allerdings zur Folge, dass Rückschlüsse auf einzelne Belastungsfaktoren schwierig sind. Befindet sich die aquatische Vegetation in einem guten Zustand, deutet dies darauf hin, dass die für Pflanzen relevanten Prozesse und Standortbedingungen im Gewässer durch anthropogene Einflüsse kaum beeinträchtigt werden. Zeigen sie aber schlechte Verhältnisse an, bleibt häufig unklar, ob die Ursache im Bereich der Morphologie, der Wasserführung oder der Wasserqualität liegt. Erst die Kombination mit anderen Untersuchungsergebnissen ermöglicht eine Zuordnung von Ursache und Wirkung. Eine umfassende Bewertung des Gewässerzustandes kombiniert daher Methoden der direkten Beurteilung und chemischer Analysen mit biologischen Indikatoren.

Methoden zur Gewässeruntersuchung in Europa

Viele europäische Nachbarländer verwenden Makrophyten schon seit längerem zur Qualitätsüberwachung. 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. Im Rahmen der überblicksweisen Überwachung („surveillance monitoring“) werden sie regelmässig erhoben, um langfristige Veränderungen des Gewässerzustands festzuhalten. Dabei fordert die WRRL eine typspezifische Bewertung der biologischen Qualitätselemente, d.h. ihre aktuelle Ausprägung wird mit einer für den Gewässertyp charakteristischen naturnahen Referenzgemeinschaft verglichen.

Für die Makrophyten-Bewertung wird keine einheitliche europäische Methode, sondern eine Reihe von verschiedenen WRRL-konformen Methoden verwendet (z. B. für Grossbritannien⁵, Deutschland⁶ oder Österreich⁷). Eine länderübergreifende Vergleichbarkeit wird mittels Interkalibrierung der verschiedenen Bewertungsmethoden erreicht. Um die Situation der schweizerischen Fliessgewässer im europäischen Rahmen einordnen zu können, braucht auch die Schweiz eine vergleichbare biologische Methodik zur Gewässerbeurteilung.

Verbreitung der Makrophyten in der Schweiz

Für die Schweiz existierte bisher keine einheitliche Methode zur Untersuchung und Bewertung der aquatischen Vegetation in Fliessgewässern. Im Gegensatz zu vielen europäischen Nachbarländern, wo Makrophyten ein unbestrittener und fester Bestandteil verschiedenster Monitoring-Programme sind⁸, wurden Makrophyten bis an-

⁵ UKTAG 2014: River Assessment Methods: Macrophytes and Phytobenthos - Macrophytes (LEAFACS v2.0). Water Framework Directive - United Kingdom Technical Advisory Group. 27 S.

⁶ Van de Weyer, K. 2015: NRW-Verfahren zur Bewertung von Fließgewässern mit Makrophyten - Fortschreibung und Metrifizierung. LANUV-Arbeitsblatt 30. Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz, Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf (141 S.), www.lanuv.nrw.de

⁷ Pall, K. und Maierhofer, V. 2013: Leitfaden zur Erhebung der biologischen Qualitätselemente. Teil A4 – Makrophyten. Wien, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft BMLFUW. 65 S.

⁸ Birk, S. et al. 2012: Three hundred ways to assess Europe's surface waters: an almost complete overview of biological methods to implement the Water Framework Directive. Ecological Indicators, 18, 31-41.

hin in der routinemässigen Fliessgewässerüberwachung der kantonalen Fachstelle kaum erfasst. Einzig in den Kantonen Zürich^{9, 10, 11} und Genf¹² bestehen grössere Datensätze, die mit kantonsspezifischen Bewertungsansätzen beurteilt wurden. Auch bei den koordinierten biologischen Untersuchungen an Aare und Hochrhein wurden Makrophyten berücksichtigt¹³. In neuster Zeit kamen Untersuchungen aus der Nationalen Beobachtung Oberflächengewässerqualität (NAWA)¹⁴ dazu. Abgesehen von diesen Arbeiten ist wenig über die aktuelle und frühere Verbreitung von Makrophyten in schweizerischen Fliessgewässern bekannt. Insbesondere fehlen Aufnahmen von Makrophyten in vom Menschen unbeeinflussten Gewässern, welche als Referenzabschnitte dienen könnten.

Anleitung zur Probenahme und Methodenvergleich

Im Jahr 2009 erarbeitete das Bundesamt für Umwelt BAFU zusammen mit der Eawag und kantonalen Fachstellen eine Anleitung zur Probenahme für Makrophyten-Erhebungen¹⁵. Damit wurde die methodische Grundlage zu Verfügung gestellt, um zukünftige Untersuchungen nach einem standardisierten Vorgehen durchführen zu können. Gleichzeitig wurden vier Bewertungsansätze aus Deutschland⁶, Österreich⁷, Frankreich¹⁶ und dem Kanton Zürich¹⁷ miteinander verglichen¹⁸. Der Ansatz aus dem Kanton Zürich wurde als am besten geeignet beurteilt, um als Grundlage für die Entwicklung einer schweizweit gültigen Methode zu dienen.

Neue, einheitliche Methode für die Schweiz

Die Anleitung zur Probenahme aus dem Jahr 2009¹⁵ und die Bewertungsmethode aus dem Kanton Zürich¹⁷ wurden zusammengeführt, überarbeitet und erweitert. Mit der vorliegenden Methode steht nun ein einheitliches Verfahren für die Kartierung und Bewertung von Makrophyten in Fliessgewässern zu Verfügung. Es gliedert sich in 9 Schritte (Abbildung 1).

⁹ 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.

¹⁰ AWEL 2006: Wasserqualität der Seen, Fliessgewässer und des Grundwassers im Kanton Zürich. Statusbericht 2006. AWEL Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft.

¹¹ AWEL 2012: Zürcher Gewässer 2012: Entwicklung – Zustand – Ausblick. AWEL Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft.

¹² GREN 2003: Etude de la végétation rivulaire des cours d'eau genevois. Mandat du Service de l'écologie de l'eau (DT - Genève).

¹³ Rey, P. et al. 2016: Koordinierte biologische Untersuchungen an Hochrhein und Aare 2001 bis 2013. Zusammenfassender Kurzbericht. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Zustand Nr. 1619: 72 S.

¹⁴ BAFU 2013: NAWA – Nationale Beobachtung Oberflächengewässerqualität. Konzept Fliessgewässer. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Wissen Nr. 1327: 72 S.

¹⁵ BAFU 2009: Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässer. Wasserpflanzen: Anleitung zur Probenahme. 60 S.

¹⁶ 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.

¹⁷ Känel, B. 2010: Methode zur Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässervegetation im Kanton Zürich. Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft (AWEL), Baudirektion Kanton Zürich, 102 S.

¹⁸ GREN 2008: Auswertung und Bewertung Minimaldatensatz Makrophyten. Interner Bericht.

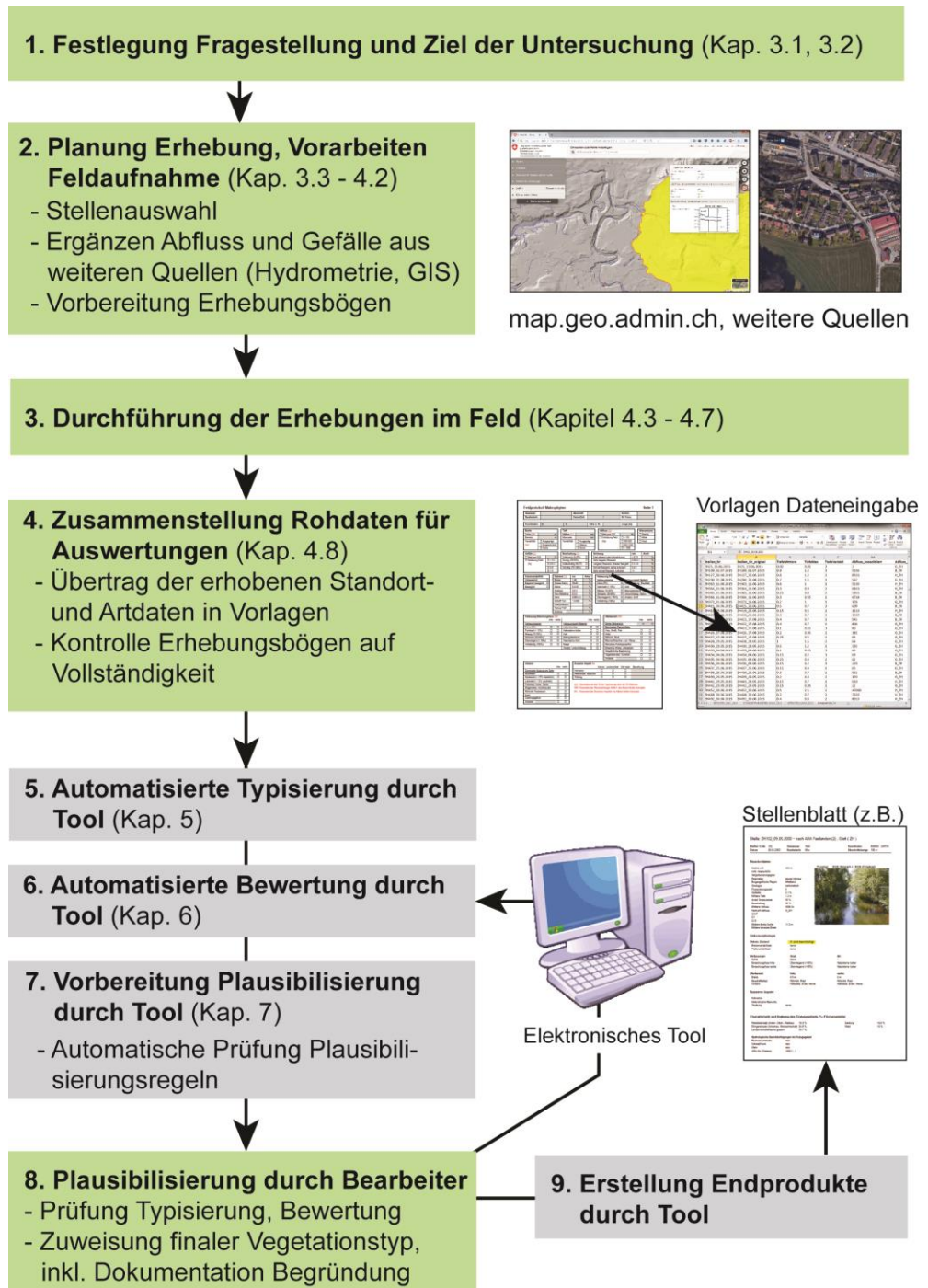


Abbildung 1 Übersicht über den Ablauf von Makrophyten-Untersuchungen. Arbeitsschritte in grünen Boxen werden durch Personen, solche in grauen Boxen durch ein elektronisches Tool ausgeführt.

Zusätzlich zum vorliegenden Methodenhandbuch steht ein digitaler Anhang zu Verfügung:

- DA1 Taxaliste, welche die berücksichtigten Taxa und das erforderliche Bestimmungsniveau festlegt sowie Hinweise zur Bestimmung, zu den ökologischen Ansprüchen, zur Gefährdung/Priorität und dem Beitrag der Arten zur Biodiversität (Leitwerte) gibt.
- DA2 Vorlagen für die Zusammenstellung der Standort- und Artdaten aus den Feldprotokollen. Nur gemäss diesen Vorlagen zusammengestellte Daten können anschliessend in das elektronische Auswertungs-Tool zur Typisierung und Bewertung eingelesen werden.
- DA3 Elektronisches Auswertungs-Tool für die automatisierte Typisierung, Bewertung und Plausibilitätsprüfung inklusive Bedienungsanleitung und Dokumentation der Endprodukte.
- DA4 Erläuterung der Standardabweichungen und Fehlerbereiche der für die Typisierung verwendeten Standortparameter und Klassengrenzen.
- DA5 Charakterisierung der Vegetations-Flusstypen anhand von ausgewählten Referenzabschnitten und belasteten Abschnitten: tabellarische Zusammenstellung statistischer Werte für die Standortparameter, Vegetations-Kenngrössen und menschliche Belastungs-Parameter.
- DA6 Vergleich der Standortparameter, Vegetations-Kenngrössen und menschlicher Belastungs-Parameter zwischen Referenzabschnitten und anthropogen stark belasteten Abschnitten.

2 Gefährdung und Ökologie von Makrophyten

2.1 Gefährdung von Makrophyten

2.1.1 Gefährdete Gefässpflanzen

Hoher Anteil an gefährdeten Arten in wasser-geprägten Lebensräumen

53 % aller Gefässpflanzen der offenen Fliess- und Stillgewässer sowie der Quellen und 65 % aller Gefässpflanzen der Ufer von Still- und Fliessgewässern sind in ihrem Vorkommen gefährdet und in der Roten Liste der gefährdeten Farn- und Blütenpflanzen der Schweiz¹⁹ aufgeführt. Damit ist der Anteil an gefährdeten Arten deutlich höher als in anderen Lebensraumbereichen (Abbildung 2).

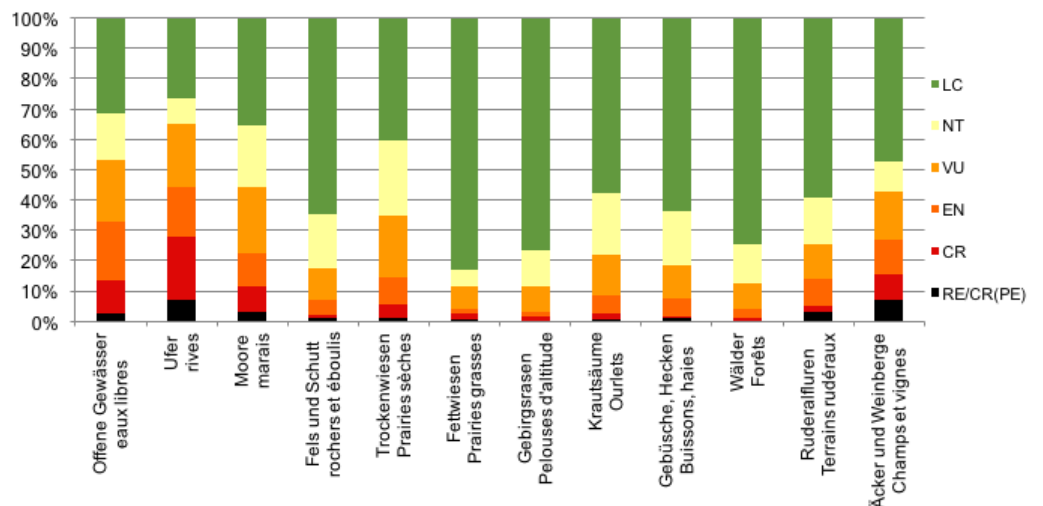


Abbildung 2 Prozentualer Anteil der Gefährdungskategorien pro Lebensraumbereich¹⁹. Die „Anteile Rote Liste“ entsprechen der Summe aus EX/RE/CR(PE), CR, EN und VU.

LC: nicht gefährdet (least concern)
 NT: potentiell gefährdet (near threatened)
 VU: verletzlich (vulnerable)
 EN: stark gefährdet (endangered)
 CR: vom Aussterben bedroht (critically endangered)
 RE/CR(PE): in der Schweiz ausgestorben oder verschollen

Gefährdete Arten in allen Lebensräumen

Viele gefährdete Arten sind in den Laichkrautgesellschaften (Potamion), den Wasserlinsengesellschaften (Lemnion) und den Schwimmblattgesellschaften (Nymphaeion) beheimatet. Bei den Uferpflanzen sind es vor allem die Arten schlammiger Ufer (Bidention) und der Strandrasen (Litorellion), die sehr stark gefährdet sind. Aber auch in den Röhrichten der Gräben, Fluss- und Bachufer (Phalaridion) und der Seeufer (Phragmition) sind mehr als die Hälfte aller Arten gefährdet. Einzig die Bachufergesellschaft (Glycerio-Sparganion) ist etwas weniger gefährdet als die anderen Uferfluren. Doch auch hier sind artenreiche Bestände selten geworden.

¹⁹ Bornand, C. et al. 2016: Rote Liste Gefässpflanzen. Gefährdete Arten der Schweiz. Bundesamt für Umwelt, Bern und Info Flora, Genf. Umwelt-Vollzug Nr. 1621: 178 S.

**Anthropogene Nutzung
gefährdet Lebensraum für
Wasserpflanzen**

Die starke Gefährdung der ans Wasser gebundenen Gefässpflanzen ist einerseits auf den Verlust und die Fragmentierung ihres Lebensraums zurückzuführen, der mit dem Verbau, der Begradigung und der Korrektur der Schweizer Fliessgewässer in den vergangenen Jahrzehnten einherging. So gehören die aquatischen Lebensräume zu den am stärksten gefährdeten Lebensräumen in der Schweiz²⁰. Aber auch die fehlenden Schwankungen des Wasserspiegels in den häufig regulierten Seen und grösseren Flüssen, auf die viele Arten angewiesen sind, haben zum Rückgang der Arten beigetragen. Zudem sind Arten, die auf nährstoffarme Verhältnisse angewiesen sind, praktisch aus allen Lebensräumen verschwunden. In besonderem Masse treffen diese Aussagen für die Gewässer des Mittellandes zu, wo viele höhere Wasserpflanzen ihren Verbreitungsschwerpunkt haben.

**Fundmeldungen an Info
Flora**

Die Rote Liste der Gefässpflanzen wird regelmässig aktualisiert. Die Datenbasis dazu unterhält das nationale Daten- und Informationszentrum der Schweizer Flora (Info Flora). Da von Wasserpflanzen bisher deutlich weniger Beobachtungen vorliegen als von anderen Pflanzen-Gruppen, sollten alle Vorkommen gemeldet werden. Fundmeldungen können mit einem elektronischen Fundmeldeformular direkt via Internet übermittelt werden²¹.

2.1.2 Gefährdete Moose

**Gefährdung aquatischer
Moose vergleichsweise
gering**

38 % 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 Schweiz²² aufgeführt. 98 Arten konnten aufgrund ungenügender Datengrundlage nicht eingestuft werden. Der Anteil gefährdeter Arten ist je nach Habitatsklasse unterschiedlich (Abbildung 3). Trockenrasen und offenerdige Flächen wie Äcker weisen den grössten Anteil gefährdeter Arten auf (71 % resp. 49 %). In Nassstandorten (Moore und Fliessgewässer) ist er dagegen vergleichsweise gering (33 %). Zwar werden aquatische Moose in der Roten Liste nicht explizit ausgewiesen, aber 30 % der im Rahmen dieser Methode berücksichtigten Moostaxa stehen auf der Roten Liste.

**Fundmeldungen an
Swissbryophytes**

Die Rote Liste der Moose wird regelmässig überarbeitet. Das nationale Daten- und Informationszentrum der Schweizer Moose (Swissbryophytes)²³ nimmt gerne Fundmeldungen entgegen, die auch mit einem elektronischen Fundmeldeformular direkt via Internet übermittelt werden können²¹.

²⁰ Delarze, R. et al. 2016: Rote Liste der Lebensräume der Schweiz. Aktualisierte Kurzfassung zum Technischen Bericht 2013 im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU), Bern. 33 S. http://www.unine.ch/files/live/sites/cscf/files/Actualit%c3%a9s/Rote_Liste_Lebensraeume.pdf

²¹ <https://obs.infoflora.ch/app/observations/de/index.html>

²² Schnyder, N. et al. 2004: Rote Liste der gefährdeten Moose der Schweiz. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern; Forschungsstelle für Umweltbeobachtung, Rapperswil; Naturräumliches Inventar der Schweizer Moosflora. Vollzug Umwelt. 99 S.

²³ www.swissbryophytes.ch

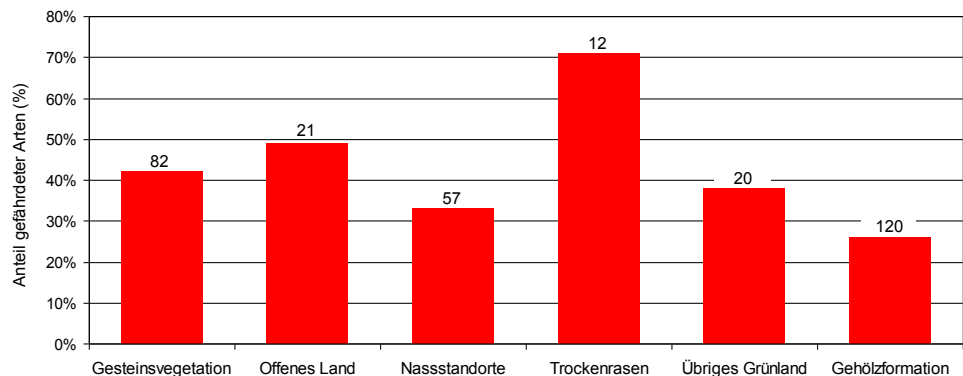


Abbildung 3 Prozentualer Anteil gefährdeter Moosarten in verschiedenen Habitatklassen²². Die Ziffern über den Balken geben die Anzahl betroffener Arten an.

2.1.3 Gefährdete Algen

Rote Liste Characeen

Über die Gefährdung der aquatischen Algen ist in der Schweiz relativ wenig bekannt. Einzig für die Armleuchteralgen (Characeen) besteht seit 2012 eine nationale Rote Liste²⁴ in welcher 20 von 23 (87%) Arten als bedroht eingestuft werden. Armleuchteralgen haben ihre Hauptverbreitung in verschiedenen Typen von Stillgewässern. In kleinen und mittelgrossen Fliessgewässern gedeihen nur wenige Arten. Ursachen ihres Rückgangs sind wie bei den Gefässpflanzen die Gewässereutrophierung und der Verlust an Lebensraum und Gewässerdynamik durch den Verbau der Gewässer und Wasserstandsregulierungen.

Fundmeldungen an Info Flora

Die Rote Liste der Characeen soll in Zukunft regelmässig aktualisiert werden. Das nationale Daten- und Informationszentrum der Schweizer Flora nimmt die Fundmeldungen entgegen, die auch mit einem elektronischen Fundmeldeformular direkt via Internet übermittelt werden können²¹.

2.2 Ökologie 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. Das Vorkommen und die Verbreitung von Makrophyten sind von den chemisch-physikalischen und morphologischen Verhältnissen im Fliessgewässer abhängig, von Strömung und Substrat, Lichtverhältnissen und Wassertiefe, Temperatur und Verfügbarkeit von Nährstoffen. Makrophyten beeinflussen ihrerseits die abiotischen Verhältnisse in ihrem

²⁴ Auderset, J. D. und Schwarzer A. 2012: Rote Liste Armleuchteralgen. Gefährdete Arten der Schweiz, Stand 2010. Bundesamt für Umwelt, Bern, und Laboratoire d'Ecologie et de Biologie Aquatique der Universität Genf. Umwelt-Vollzug Nr. 1213: 72 S.

Lebensraum und andere aquatische Lebensgemeinschaften. Weiterführende Informationen zur Ökologie von Makrophyten sind u.a. in den aufgeführten Übersichtsartikeln zu finden^{25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34}.

2.2.1 Lichtverhältnisse

**Beschattung als
Schlüsselgrösse**

Sonnenlicht ist als Energiequelle für das Pflanzenwachstum essentiell und bestimmt als zentraler Faktor das Vorkommen und die Verbreitung von Makrophyten. Die Lichtverhältnisse in einem Gewässer sind von der Ufervegetation, der Wassertiefe, und von im Wasser gelösten und suspendierten Stoffen abhängig. Zudem wird die Dauer der Sonneneinstrahlung von der Ausrichtung des Gewässerlaufs zur Sonne beeinflusst. In stark beschatteten Waldbächen kommen kaum Gefässpflanzen, sondern nur Moose und Algen vor. In tiefen Flüssen beschränken sich die Gefässpflanzen auf den Uferbereich und die Flachwasserzonen, weil das Licht mit zunehmender Wassertiefe stark abnimmt. In watbaren Fließgewässern, für welche diese Methode konzipiert ist, hat die Beschattung durch die Ufervegetation oder Bauten am Ufer die grössten Auswirkungen auf die Lichtverhältnisse.

**Artspezifische Lichtbe-
dürfnisse beeinflussen
Artenzusammensetzung**

Verschiedene Arten und Wuchsformen (Kapitel 2.3) unterscheiden sich bezüglich ihrer Lichtbedürfnisse, was die Zusammensetzung der Makrophytengesellschaften an einem Standort stark prägt. Gefässpflanzen mit grundständigen Blattrosetten werden nur in wenig tiefem Wasser mit genügend Licht versorgt, während Pflanzen mit Schwimmblättern oder mit emerser Wuchsform auch in tieferem oder stark trübem Wasser noch ausreichend Licht erhalten.

2.2.2 Strömung

**Fließgeschwindigkeit be-
einflusst Verbreitung und
Artenzusammensetzung**

Die mechanische Belastung durch das fließende Wasser sowie durch mitgeführte Feststoffe limitiert das Wachstum und die Verbreitung von Wasserpflanzen in Fließgewässern. Aufgrund ihrer Wuchsform (Kapitel 2.3) unterscheiden sich verschiedene

-
- ²⁵ Butcher, R. W. 1933: Studies on the ecology of rivers I. On the distribution of macrophytic vegetation in the rivers of Britain. *Journal of Ecology* 21. 58-91.
- ²⁶ Hynes, H. B. 1970: The ecology of running waters. Liverpool, University of Liverpool Press, 555 S.
- ²⁷ Haslam, S. M. und Wolseley, P. A. 1987: River plants of western Europe. The macrophytic vegetation of watercourses of the European Economic Community. Cambridge University Press. 526 S.
- ²⁸ Dawson, F. H. 1988: Water flow and the vegetation of running waters, in: *Vegetation of inland waters. Handbook*
- ²⁹ Fox, A.F. 1992: Macrophytes, in: *The river handbook*. P. Calow and G. E. Petts Eds. Oxford, Blackwell Scientific Publications, 216-233.
- ³⁰ Biggs, B. J. F. 1996: Hydraulic habitat of plants in streams. *Regulated Rivers: Research and Management* 12, 131-144.
- ³¹ Janauer, G. und Dokulil, M. 2006: Macrophytes and algae in running waters, in *Biological monitoring of rivers*. G. Ziglio, M. Siligardi and G. Flaim. John Wiley & Sons, Ltd. 89-109.
- ³² Bornette, G. und Puijalon, S. 2009: Macrophytes: Ecology of aquatic plants, in: *Encyclopedia of life science*. Chichester, John Wiley & Sons, Ltd. 1-9.
- ³³ Caffrey, J. M. et al. (Eds.) 2009: Macrophytes in aquatic ecosystems: from biology to management: Proceedings of the 11th International Symposium on Aquatic Weeds, European Weed Research Society (Vol. 190). Springer Science & Business Media 263 S.
- ³⁴ Bornette, G., und Puijalon, S. 2011: Response of aquatic plants to abiotic factors: a review. *Aquatic Sciences*, 73(1), 1-14.

**Makrophyten verändern
Strömungsverhältnisse**

Arten von Wasserpflanzen in ihrer Toleranz gegenüber mechanischer Belastung. Daher beeinflussen die Strömungsverhältnisse die Zusammensetzung der Makrophytengesellschaft an einem Standort. Bei Fließgeschwindigkeiten über 1 m/s sind Gefäßpflanzen selten. Das Vorkommen von Makrophyten in solch schnell fließenden Gewässern beschränkt sich in der Regel auf Algen und Moose.

Makrophyten verändern ihrerseits die Strömungsverhältnisse in einem Gewässer. Innerhalb ausgedehnter Bestände von Wasserpflanzen ist die Fließgeschwindigkeit verringert und in den strömungsberuhigten Zonen können sich im Wasser transportierte Feststoffe ablagern, was zu Ansammlungen von Feinsedimenten führen kann. Zwischen den Pflanzenbeständen bilden sich Kanäle mit deutlich erhöhter Strömungsgeschwindigkeit, wodurch es lokal zu Erosionserscheinungen kommen kann. Stark wuchernde Pflanzenbestände können die Abflusskapazität eines Gerinnes stark reduzieren. Hochwasserschutz ist daher auch der Hauptgrund für das Entfernen von Makrophyten aus besonders gefährdeten Gewässerabschnitten.

2.2.3 Substrat

**Struktur und Stabilität des
Substrats beeinflussen
Verbreitung und Arten-
zusammensetzung**

Die Zusammensetzung des Substrats beeinflusst das Artenspektrum und die Verteilung von Makrophyten in einem Fließgewässer. Während höhere Wasserpflanzen mit Wurzeln und Armleuchterlagen mit wurzelähnlichen Strukturen (Rhizoiden) im feinen Sediment (Feinkies, Sand, Schluff) verankert sind, haften Moose meist auf der Oberfläche von Hartsubstrat, z. B. auf Steinen, die auch bei erhöhtem Abfluss nicht bewegt werden. Die Korngrößenverteilung und Stabilität des Substrats sind von der Geologie im Einzugsgebiet, dem Gefälle und dem Abflussregime abhängig. Wasserpflanzen können ihrerseits die Zusammensetzung des Substrates verändern, da sich in dichten Makrophytenbeständen Feinsedimente ansammeln. Am Ende der Vegetationsperiode, nach dem Absterben der Makrophyten, können die akkumulierten Feinsedimente wieder mobilisiert werden.

2.2.4 Wasserchemie

**Makrophyten im
Nährstoffkreislauf**

Makrophyten sind wichtige Primärproduzenten im Gewässer. Sie bauen innerhalb weniger Monaten eine grosse Biomasse auf und binden dabei bedeutende Mengen an Nährstoffen und CO₂. Im Herbst wird ein Grossteil davon mit dem Abbau der Pflanzenbiomasse wieder freigesetzt.

**Sauerstoffkonzentration
und pH im Gewässer
durch Photosynthese von
Makrophyten beeinflusst**

Durch Photosynthese und Respiration produzieren und konsumieren Makrophyten Sauerstoff, was zu den täglichen Sauerstoffschwankungen im Gewässer beiträgt. In sehr langsam fließenden Gewässern mit dichter Vegetation kann die Respiration der Makrophyten in Kombination mit dem mikrobiellen Abbau organischen Materials zu einer kritischen Verringerung des Sauerstoffgehaltes während der Nacht führen. Durch die Photosynthese werden dem Wasser zudem CO₂ und Hydrogencarbonat (HCO₃⁻) 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 10 steigt. In mit Ammonium (NH₄⁺) belasteten Gewässern verschiebt sich dadurch das Ammonium/Ammoniak-Gleichgewicht zugunsten des fischtoxischen Ammoniaks (NH₃).

**Nährstoffangebot in
Fließgewässern meist
nicht limitierend für
Pflanzenwachstum**

In der Regel sind in Fließgewässern genügend Nährstoffe für ein optimales Pflanzenwachstum verfügbar, da die Nährstoffe mit dem fließenden Wasser ständig nachgeliefert werden. Zudem scheint bei Konzentrationen ab 1 mg NO₃-N/l (Nitrat) bzw. 30 µg PO₄-P/l (bioverfügbarer Phosphor, Orthophosphat) das Wachstum nicht durch Nährstoffe limitiert zu sein. Diese Werte werden in den meisten Gewässern des Schweizer Mittellandes, in denen Makrophyten verbreitet sind, in der Regel erreicht. Die den Makrophyten zugeordneten Gefäßpflanzen können die benötigten Nährstoffe sowohl über die Blätter aus dem Wasser wie auch über die Wurzeln aus dem Sediment aufnehmen. Dies dürfte erklären, weshalb in verschiedenen Untersuchungen kein klarer Zusammenhang zwischen Nährstoffgehalt im Wasser und Häufigkeit resp. Artenzusammensetzung von Gefäßpflanzen festgestellt werden konnte. Im Gegensatz dazu nehmen Armleuchteralgen die Nährstoffe nur aus dem Wasser auf und sind damit als Indikatoren für die Trophieverhältnisse besser geeignet als die Gefäßpflanzen.

2.2.5 Biotische Faktoren

**Funktionen von Makro-
phyten 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. Vertebraten und Invertebraten dienen Wasserpflanzen als Substrat, z. B. zur Eiablage, sowie als Schutz vor starker Strömung und vor Räubern oder als Baumaterial für Gehäuse. Besonders den Invertebraten bieten sie Nahrung in verschiedener Form: Weider profitieren von Epiphyten (mikroskopische Algen, die auf Makrophyten wachsen), 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. Fische nutzen den Pflanzenbewuchs als Deckung, Rückzugsraum vor starker Strömung, Kinderstube oder zu Eiablage 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 gebietsfremder Neophyten wird auch die Konkurrenzsituation verändert, was im Fall von invasiven Neophyten (z. B. *Elodea nuttallii*, Nuttalls Wasserpest) zum Rückgang einheimischer Arten beitragen kann³⁵.

³⁵ <http://www.cabi.org/isc/datasheet/20761>

2.3 Wuchsformen von Makrophyten

Definition Wuchsform

Unter Wuchsformen 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 ein Zusammenhang zwischen der Wuchsform und den ökologischen Ansprüchen einer Art^{36, 37}.

Unterscheidung von 25 Wuchsformen in 4 Wuchsformen-Gruppen

Für die Einteilung in Wuchsformen existieren verschiedene Klassifizierungen^{36, 37, 38, 39, 40}. Ausgehend davon wurde ein für die vorliegende Methode geeignetes eigenes Wuchsformensystem entwickelt (Tabelle 1). Die Wuchsformen lassen sich in vier Wuchsformen-Gruppen zusammenfassen.

Gruppe Helophyten

Alle helophytischen Wuchsformen gehören zu den Gefäßspflanzen. Sie wurzeln im Gewässergrund und zeichnen sich durch einen aufrechten Wuchs aus, wobei der Vegetationskörper über die Wasseroberfläche hinausragt.



Magnomonocotyle: *Sparganium erectum*



Herbide: *Nasturtium officinale*

Abbildung 4 Beispiele für Wuchsformen der Gruppe Helophyten

-
- ³⁶ Den Hartog, C. und Van Der Velde, G. 1988: Structural aspects of aquatic communities. in: Vegetation of inland waters. Handbook of vegetation science. J.J. Symoens, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. 113-182.
- ³⁷ Wiegleb, G. 1991: Die Lebens- und Wuchsformen der makrophytischen Wasserpflanzen und deren Beziehungen zur Ökologie. Verbreitung und Vergesellschaftung der Arten. Tuexenia 11; 135-147.
- ³⁸ Zander, B. et al. 1992: Typisierung und Bewertung der Fließgewässervegetation der Bundesrepublik Deutschland. Unveröffentlichtes Gutachten. In Garniel, A. 1999: Schutzkonzept für gefährdete Wasserpflanzen der Fließgewässer und Gräben Schleswig-Holsteins, Teil A, Wasserpflanzen. Kieler Institut für Landschaftsökologie. 46-48.
- ³⁹ 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.
- ⁴⁰ Van de Weyer, K. 2008: Fortschreiben des Bewertungsverfahrens für Makrophyten in Fließgewässern in Nordrhein-Westfalen gemäß den Vorgaben der EG-Wasser-Rahmen-Richtlinie. LANUV-Arbeitsblatt 3, Landesamt für Natur, Umwelt- und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen, Recklinghausen. 77 S.

Gruppe Aquatische

Die Gruppe der Aquatischen umfasst alle Wuchsformen, bei welchen sich der Pflanzenkörper flutend unter oder schwimmend auf der Wasseroberfläche befindet. Einige Wuchsformen sind im Untergrund verankert, andere sind freischwimmend. Armleuchteralgen werden als einzige Nicht-Gefäßpflanzen aufgrund ihres Baus ebenfalls zu dieser Wuchsformen-Gruppe gezählt.



Myriophyllide: *Ranunculus fluitans*



Parvopotamide: *Groenlandia densa*



Lemnide: *Lemna minor*



Magnonymphaeide: *Potamogeton natans*

Abbildung 5 Beispiele für Wuchsformen der Gruppe Aquatische

Gruppe Moose

Bei den Moosen aquatischer Standorte erfolgt keine Differenzierung in unterschiedliche Wuchsformen, diese Gruppe umfasst deshalb nur eine einzige Wuchsform.



Bryide: *Hygroamblystegium tenax*



Bryide: *Fontinalis antipyretica*

Abbildung 6 Beispiele für die Wuchsform der Moose

Gruppe Algen

Im Rahmen der vorliegenden Methode werden nur Armleuchteralgen und grün gefärbte Faden- sowie polsterbildenden Algen berücksichtigt (Kapitel 4.5.3, 4.5.4). Die Armleuchterlagen werden aufgrund ihres Baus der Wuchsformen-Gruppe der Aquatischen zugeordnet. Fadenalgen wie *Cladophora* sp. und polsterbildende Algen wie *Vaucheria* sp. werden in der Wuchsformen-Gruppe der Algen vereint, die damit nur eine einzige Wuchsform umfasst.



Cladophoriden: *Vaucheria* sp.



Cladophoriden: *Cladophora* sp.

Abbildung 7 Beispiele für die Wuchsform der Algen

Tabelle 1 Wuchsformen der berücksichtigten Taxa

Wuchsform	Wuchsformen-Gruppe	Erläuterung
Cladophoriden	Algen	Fädige oder polsterbilde grün gefärbte Makroalgen
Bryide	Moose	Wassermoose
Batrachide	Aquatische	Makrophyten mit Schwimm- und Unterwasserblättern, letztere zerteilt oder unzerteilt.
Ceratophyllide	Aquatische	Grosse, unter der Wasseroberfläche schwimmende Makrophyten mit grossen, zerteilten Unterwasserblättern, gelegentlich mit Rhizoiden
Charide	Aquatische	Makroalgen mit wirteligen Ästen, mit Rhizoiden im Sediment verankert
Elodeide	Aquatische	Untergetauchte Makrophyten mit wirtelig beblätterten Sprossen, Blätter klein und unzerteilt
Hydrocharide	Aquatische	Grössere, auf der Wasseroberfläche schwimmende Makrophyten mit grösseren Schwimmblättern
Isoetide	Aquatische	Niederwüchsige, untergetauchte Makrophyten mit einem kurzen Spross und kurzen, starren Blattrosetten
Lemnide	Aquatische	Kleine, auf der Wasseroberfläche schwimmende Makrophyten mit kleinen, blattähnlichen Schwimmsprossen
Magnonymphaeide	Aquatische	Schwimblattgewächse mit breiten, mittelgrossen bis grossen Schwimmblättern, submerse Blätter fehlen oder nur schwach ausgebildet
Magnopotamide	Aquatische	Untergetauchte Makrophyten mit unzerteilten, breiten, ganzrandigen Blättern (Grosslaichkrautartige)
Myriophyllide	Aquatische	Untergetauchte Makrophyten mit zerteilten Blättern
Parvopotamide	Aquatische	Untergetauchte Makrophyten mit unzerteilten, linealischen, ganzrandigen Blättern (Kleinlaichkrautartige)
Peplide	Aquatische	Untergetauchte Makrophyten mit länglichen oder spatelförmigen Blättern, letztere können eine endständige Rosette bilden
Ricciellide	Aquatische	Kleine, unter der Wasseroberfläche schwimmende Makrophyten mit kleinen, blattähnlichen Schwimmsprossen
Stratiotide	Aquatische	Freischwimmende Makrophyten, vegetative Teile teilweise über Wasseroberfläche herausragend, Wurzeln fakultativ im Sediment verwurzelt
Vallisneride	Aquatische	Untergetauchte Makrophyten mit grundständigen, flutenden Blättern, oft ohne Spross
Equisetide	Helophyten	Schachtelhalme
Herbide	Helophyten	Dicotyle, krautige Röhrcharten
Juncide	Helophyten	Niederwüchsige Makrophyten mit unzerteilten, schmalen, ganzrandigen, gekammerten Blättern (Binsengewächse)
Magnocyperiden	Helophyten	Hochwüchsige Sauergräser
Magnomonocotyle	Helophyten	Monocotyle, schmalblättrige, hochwüchsige Röhrchartbildner
Parvocyperiden	Helophyten	Niederwüchsige Makrophyten mit unzerteilten, schmalen, ganzrandigen, gekammerten Blättern (Binsengewächse)
Parvograminoide	Helophyten	Monocotyle, niederwüchsige Röhrchart- bzw. Flut-Süssgräser
Sagittaride	Helophyten	Breitblättrige, kleinwüchsige monocotyle Helophyten

Taxa, die mehrere Wuchsformen bilden können

Die meisten Taxa kommen in den untersuchten Fließgewässern der Schweiz nur in einer Wuchsform vor, welche eindeutig einer der vier Wuchsformen-Gruppen zugewiesen werden kann (Tabelle 1, digitaler Anhang DA1). Einige Taxa können jedoch je nach Standortverhältnissen unterschiedliche Wuchsformen ausbilden (Tabelle 2).

Tabelle 2 Taxa der Taxaliste, die mehrere Wuchsformen ausbilden können

- *Butomus umbellatus*
- *Oenanthe aquatica*
- *Oenanthe fistulosa*
- *Oenanthe* sp.
- *Sagittaria* sp.
- *Schoenoplectus* sp.
- *Sium latifolium*
- alle *Sparganium*-Taxa

Taxa, die in mehreren Erscheinungsformen vorkommen können

Einige wenige Taxa können zudem bei gleicher Wuchsform in einer helophytischen oder aquatischen Erscheinungsform vorkommen (Tabelle 3)³⁶.

Tabelle 3 Taxa der Taxaliste, die bei gleicher Wuchsform in einer helophytischen als auch aquatischen Erscheinungsform auftreten können

- *Alisma lanceolatum* oder *A. plantago-aquatica*
- *Berula erecta*
- *Nasturtium* sp. oder *Cardamine amara*
- *Veronica anagallis-aquatica* oder *catenata*

3 Ziel, Anwendungsbereich und Anforderungen der Methode

3.1 Allgemeine Zielsetzungen

Untersuchungen von Makrophyten in Fliessgewässern haben zum Ziel:

- Die Zusammensetzung der Lebensgemeinschaft des Fliessgewässers zu beurteilen und in Hinblick auf den biologischen Gewässerzustand und die ökologischen Ziele gemäss Anhang 1 GSchV zu bewerten.
- Bei einem ungenügenden Zustand zusammen mit anderen Modulen Hinweise auf mögliche Ursachen von Beeinträchtigungen zu geben.
- Standorte mit prioritären und gefährdeten Arten zu lokalisieren um diese entsprechend ihrer Bedeutung zu schützen und/oder zu fördern.
- Kenntnisse über die Vielfalt und Verbreitung von aquatischen Makrophyten in Fliessgewässern zu gewinnen.

3.2 Zweck und Fragestellung der Methode auf Stufe F und S

Anforderungen Stufe F und S erfüllt

Die vorliegende Anleitung umfasst alle Parameter, die für eine umfassende Erhebung und Bewertung von Makrophytengemeinschaften relevant sind. Sie eignet sich somit zur Bearbeitung von Fragestellungen mit unterschiedlichem räumlichen Bezug oder Bearbeitungsintensität. Je nach räumlicher Verteilung und Dichte der Untersuchungsabschnitte entsprechen die Untersuchungen eher einer flächendeckenden Übersicht (Stufe F, flächendeckend) oder einer detaillierteren, systembezogenen Auswertung (Stufe S, systembezogen). Die Bewertung erfolgt typspezifisch im Vergleich mit einer naturnahen Referenz und erfüllt damit auch die Anforderungen, die gemäss MSK Fliessgewässer¹ an eine Bewertung auf Stufe S gestellt werden.

Stufe F – flächendeckender Überblick

Flächendeckende Erhebungen auf Stufe F sollen mit geringem Aufwand einen groben Überblick über den Zustand der Makrophyten in einer Region geben. Dabei sollen folgende Zwecke erfüllt werden:

- Der Grad der Naturnähe der Zusammensetzung der Makrophytengemeinschaften wird abgeschätzt und auf einer Skala mit fünf Stufen bewertet. Deutliche Beeinträchtigungen der biologischen Gemeinschaften und Standorte mit vertieftem Untersuchungsbedarf werden erkannt.
- Es werden Kenntnisse über die Vielfalt und Verbreitung aquatischer Makrophyten in einer Region, insbesondere auch von prioritären und gefährdeten Arten gewonnen.

Für einen flächendeckenden Überblick (z. B. eines Kantons), genügt eine begrenzte Anzahl von Untersuchungsabschnitten pro Fläche bzw. Gewässerstrecke. Diese sollten alle für Makrophyten relevanten Fliessgewässertypen repräsentativ abdecken und möglichst gleichmässig über das ganze Gebiet verteilt sein. Bei der Wahl der Untersuchungsabschnitte ist darauf zu achten, dass neben morphologisch, chemisch oder hydrologisch beeinträchtigten auch anthropogen möglichst unbeeinflusste Gewässerabschnitte („Referenzstellen“) untersucht werden.

Stufe S - Überblick über ausgewählte Gewässersysteme

Mit systembezogenen Erhebungen auf Stufe S soll der Zustand der Makrophyten in ausgewählten Gewässersystemen analysiert und die Untersuchungsergebnisse differenzierter ausgewertet werden. Dazu ist eine grössere Zahl von Untersuchungsabschnitten im Fliessverlauf notwendig als beim regionalen Überblick. Alle für das Gewässersystem charakteristischen und für Makrophyten relevanten Abschnitte müssen

repräsentativ beprobt werden. Um eine systemhafte Erhebung sicherzustellen, sollte die aquatische Vegetation der wichtigsten Seitengewässer ebenfalls erhoben werden. Ursachen von Beeinträchtigungen können aufgrund des dichteren Probenahme-Rasters eher erkannt werden als aufgrund des flächendeckenden Überblicks. Die systembezogene Betrachtungsweise fördert zudem das Verständnis über die Verbreitung von Makrophyten in Fließgewässern.

Je nach Fragestellung kann es auch angebracht sein, die Makrophyten über eine längere Strecke lückenlos zu erfassen, z. B. wenn gezielt gefährdete Pflanzenarten oder Neophyten in einem Gewässersystem erfasst oder bei geplanten Wasserbaumassnahmen (z. B. Revitalisierungen) Wasserpflanzen zur späteren Erfolgskontrolle verwendet werden sollen.

3.3 Anwendungsbereich und Grenzen der Methode

Im Gegensatz zu Makroinvertebraten kommen Makrophyten nicht in allen Fließgewässern vor. Ihre Verbreitung hängt wie in Kapitel 2.2 beschrieben von verschiedenen Standortfaktoren ab. Der Datensatz Schweiz, der als Basis für die Entwicklung der Methode diente, enthält 839 Datensätze, die überwiegend aus dem Schweizer Mittelland und dem Jura (Anhang A1) stammen. Die meisten Untersuchungsabschnitte liegen in der kollinen und unteren submontanen Höhenstufe mit karbonatisch geprägten Einzugsgebieten. Mehr als zwei Drittel der Untersuchungsabschnitte liegen in kleinen bis mittelgrossen Gewässern mit einem Gefälle von 0-2 %. Aufgrund einzelner Untersuchungsabschnitte in anderen Regionen der Schweiz und ökologischen Überlegungen gehen wir jedoch davon aus, dass die Methode grundsätzlich in allen Fließgewässern der kollinen und submontanen Höhenstufe und einem Abfluss bis 10'000 l/s verwendet werden kann. In unbeschatteten Abschnitten ist die Methode bis zu einem Gefälle von 2 % anwendbar, für beschattete Abschnitte gibt es keine Einschränkung bezüglich Gefälle.

Für die Parameter Gefälle, mittlerer Abfluss und Höhenlage, welche zusammen mit der Beschattung die Verbreitung von Makrophyten stark beeinflussen, stehen als Teil des GIS-Datensatzes der Fließgewässertypisierung der Schweiz flächendeckende Abschätzungen zur Verfügung⁴¹ welche auch online durch Auswahl eines Gewässerabschnitts im Kartenportal des Bundes abgerufen werden können⁴². Während der Vegetationsperiode aufgenommene Luftbilder⁴³ zeigen zusätzlich die Bewaldung und erlauben damit eine Abschätzung der Beschattung. Aufgrund dieser Datengrundlagen können Fließgewässerabschnitte lokalisiert werden, in welchen mit hoher Wahrscheinlichkeit Makrophyten auftreten⁴⁴. Damit kann bereits bei der Planung einer Untersuchung eine auf die Standortfaktoren und die Fragestellung abgestimmte Vorauswahl von Untersuchungsabschnitten getroffen werden, wodurch Zeit und Kosten eingespart werden können.

⁴¹ <https://www.bafu.admin.ch/fgt>

⁴² <http://map.geo.admin.ch>: Thema Wasser, Typisierung Fließgewässer: <https://s.geo.admin.ch/7996a991ab>

⁴³ <http://map.geo.admin.ch>: Thema Luftbilder

⁴⁴ Rumpf, L. M. 2015: Charakterisierung des naturnahen Referenzzustandes ausgewählter Fließgewässer der kollinen und submontanen Stufe anhand aquatischer Makrophyten. ZHAW Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften, IUNR Institut für Umwelt und Natürliche Ressourcen, Grüental, Postfach, CH-8820 Wädenswil. 80 S.

**Fokus auf watbare
Gewässer**

Die Methode ist auf kleine bis mittelgrosse Fliessgewässer ausgerichtet. Die Untersuchungsstandorte müssen gefahrlos mit Watstiefeln begehbar sein. Nicht oder nicht vollständig watbare Gewässer können vom Ufer aus untersucht werden, wenn die gesamte Gewässersohle einsehbar ist und bei Bedarf Pflanzenproben entnommen werden können, z. B. mit einem Rechen mit Teleskoparm oder einer Wurfangel.

**Anwendung an besonde-
ren Gewässerstandorten**

Fliessgewässer mit langsam fliessendem oder stehendem Wasser, wie Altarme, Seeausflüsse, Staustrecken oder langsam fliessende Gräben, können gemäss Anleitung untersucht werden. Die Methode eignet sich jedoch nicht zur Erfassung und Bewertung der Vegetation stehender Gewässer wie Seen, Teiche oder Tümpel. Auch für Quellen, Quellfluren, Ried- und Sumpfwiesen, Moore und andere vernässte terrestrische Standorte ist die Methode nicht geeignet.

3.4 Anforderungen der Methode

**Häufigkeit der Probe-
nahme**

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

Zeitpunkt der Probenahme

Der ideale Zeitpunkt für die Erhebung 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 sicht- bzw. bestimmbar, da sie noch nicht weit entwickelt sind. Eine frühzeitige Absprache mit den für den Gewässerunterhalt zuständigen Stellen ermöglicht unter Umständen eine Optimierung des Aufnahmezeitpunkts.

**Artspezifische und
saisonale Vegetations-
entwicklung**

Verschiedene Makrophytenarten unterscheiden sich in ihrer saisonalen Entwicklung. Neben diesen artspezifischen Unterschieden wird die Entwicklung von weiteren Faktoren wie den klimatischen Bedingungen, der Wassertemperatur und den Abflussverhältnissen 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 grösseren jahreszeitlichen Schwankungen unterworfen sein. Bei Untersuchungen sind deshalb der Stand der Vegetationsentwicklung und die Saisonalität der vorkommenden Arten zu beachten. Dies gilt insbesondere für Erhebungen an identischen Untersuchungsabschnitten in mehreren aufeinanderfolgenden Jahren, die mehrjährige Vergleiche erlauben sollen. Für vergleichende Untersuchungen in einem Gewässersystem sollten verschiedene Abschnitte möglichst gleichzeitig bearbeitet werden.

**Anforderungen an die
Abflussbedingungen**

Die Untersuchungen sollen bei mittlerem bis niedrigem Wasserstand und klarem Wasser durchgeführt werden. Bei Hochwasser oder schlechten Sichtverhältnissen besteht die Gefahr, dass Taxa mit kleiner Deckung übersehen und die Parameter zur Charakterisierung des Standortes und der Pflanzengemeinschaften zu ungenau erfasst werden.

**Zeitlicher Aufwand und
Sicherheitshinweise**

Der Aufwand für die Kartierung ist von der Zugänglichkeit des Abschnittes, der Artenvielfalt und der Erfahrung der Kartierenden abhängig. Pro Untersuchungsabschnitt kann er zwischen 20 Minuten und einer Stunde variieren. Die Erhebung kann

Kombination verschiedener Untersuchungsmethoden

von einer Person durchgeführt werden; bei tiefen oder schnellfliessenden Gewässern müssen aus Sicherheitsgründen zwei Personen anwesend sein. Reicht die Wassertiefe über Kniehöhe muss eine Schwimmweste getragen werden. Die Erhebungen sind sorgfältig und möglichst schonend durchzuführen. Eine Beeinträchtigung der Makrophyten und anderer aquatischer Organismen ist möglichst zu vermeiden. Zutrittsbeschränkungen sind vorgängig abzuklären.

Falls es die Fragestellung erfordert, kann die Erhebung der Makrophyten zusammen mit anderen Untersuchungen des MSK durchgeführt werden. Der Anwendungszeitpunkt der vorliegenden Methode erlaubt eine Kombination mit Aufnahmen des ökomorphologischen Zustandes und des Äusseren Aspektes. Sämtliche Parameter zur Beurteilung des ökomorphologischen Zustandes⁴⁵ nach Stufe F des Modul-Stufen-Konzeptes sowie die Bewertung einzelner Parameter des Äusseren Aspekts⁴⁶ sind integrierende Bestandteile der Makrophyten-Kartierung und müssen bei jeder Aufnahme miterfasst werden.

⁴⁵ 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>

⁴⁶ BUWAL 2007: Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässer: Äusserer Aspekt. Umwelt-Vollzug Nr. 0701 Bundesamt für Umwelt, Bern. <http://www.modul-stufen-konzept.ch>

4 Durchführung der Erhebung

4.1 Überblick über den Ablauf der Erhebung

Vorarbeiten vor der Erhebung im Feld

Ein standardisiertes 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)².

Vor der Erhebung im Feld ist das Material für die Probenahme zu beschaffen (Anhang A2) und eine auf die Fragestellung der Untersuchung ausgerichtete Vorauswahl der Untersuchungsabschnitte zu treffen. Zusätzlich müssen für verschiedene Standortfaktoren GIS-basierte Werte oder Messwerte für die Untersuchungsabschnitte ermittelt werden (Kapitel 4.2).

Festlegung Untersuchungsabschnitt im Feld

Im Feld wird als erstes die Lage und Begrenzung des Untersuchungsabschnitts festgelegt. Dabei sind die Anforderungen an die Untersuchungsabschnitte (Kapitel 4.3) und die Taxaliste (Kapitel 4.4) zu beachten.

Erhebung der Makrophytenvegetation

Die Erhebung der Makrophyten erfolgt gemäss Kapitel 4.5 und 4.6 und dem Feldprotokoll (Anhang A3). Als erstes werden alle Makrophyten im Untersuchungsabschnitt erfasst und verschiedene Parameter zur Beschreibung der Pflanzengemeinschaft kartiert u.a. die absolute Deckung aller Makrophyten zusammen (d.h. Gesamtdeckung) sowie die absolute Deckung der einzelnen Taxa.

Erhebung der abiotischen Standortparameter

Nach der Kartierung der Vegetation werden verschiedene Standortparameter erhoben (Kapitel 4.7), um den Untersuchungsabschnitt zu charakterisieren, u.a. die Beschattung, die Wassertiefe, der Abfluss, das Gefälle sowie die Zusammensetzung des Substrats. Für Standortparameter, für welche GIS-Abschätzungen vorliegen, erfolgt eine Verifizierung der GIS-Daten im Feld. Sowohl die GIS-basierten als auch die Schätzwerte im Feld sollten auf dem Feldprotokoll dokumentiert werden.

Zusammenstellung der Rohdaten

Für die weitere Auswertung werden die Rohdaten aus den Feldprotokollen gemäss Kapitel 4.8 und den Vorlagen im digitalen Anhang „DA2 Vorlagen Datenzusammenstellung Standort- und Artdaten“ zusammengestellt und auf Vollständigkeit geprüft.

4.2 Vorarbeiten vor der Erhebung im Feld

Suche nach hydrologischen Messstationen in der Untersuchungsregion

Um die Lage der Untersuchungsabschnitte einzuzeichnen, wird Kartenmaterial in ausreichend detailliertem Massstab beschafft (1:5000, 1:10'000). Zusätzlich werden verschiedene Standortinformationen zusammengestellt.

Um die Abflussverhältnisse am Tag der Kartierung abschätzen zu können, verschafft man sich einen Überblick über die Lage der hydrologischen Messstationen im Untersuchungsgebiet. Ist die Lage der Untersuchungsabschnitte bereits genau bekannt, werden für jeden Untersuchungsabschnitt der Name der nächstgelegenen hydrologischen Messstation, der langjährige mittlere Abfluss und der Abfluss am Tag der Kartierung ins Feldprotokoll eingetragen. Liegt die hydrologische Messstation direkt im Untersuchungsabschnitt oder in unmittelbarer Nähe davon (d.h. keine relevanten Zuflüsse zwischen Untersuchungsabschnitt und hydrologischer Messstelle) können diese Werte zusätzlich unter „hydrologischer Messwert im Untersuchungsabschnitt“ ins Feldprotokoll eingetragen werden.

Beschaffung GIS-basierter Standortinformationen

Die Höhenlage am unteren Abschnittsende, das Gefälle und, falls keine hydrologische Messstelle im Untersuchungsabschnitt liegt, der mittlere Abfluss sind aus GIS-

basierten Abschätzungen zu ermitteln⁴². Da diese Abschätzungen nicht immer korrekt sind, müssen die modellierten Werte im Feld verifiziert werden. Erfolgt die Stellenauswahl erst im Feld sind die GIS-basierten Standortinformationen (Höhenlage, mittlerer Abfluss und Gefälle) unmittelbar nach der Felderhebung zusammenzustellen, im Feldprotokoll nachzutragen und aufgrund der erhobenen Angaben und der Erinnerung zu verifizieren.

4.3 Festlegung der Untersuchungsabschnitte im Feld

Einheitliche Morphologie

Die Standortbedingungen für Makrophyten sollten innerhalb eines Untersuchungsabschnittes möglichst einheitlich sein. Bei einem Wechsel der Sohlen- und Uferstruktur, der Wassertiefe, des Gefälles, der Substratzusammensetzung, der Strömungsgeschwindigkeit oder der Beschattung ist eine Abschnittsgrenze zu setzen. Bei Einleitungen, die eine Veränderung der aquatischen Vegetation verursachen und bei jedem einmündenden Gewässer ist ebenfalls eine Abschnittsgrenze zu setzen.

Länge der Untersuchungsabschnitte

Die Untersuchungsabschnitte müssen ausreichend lang sein, damit die charakteristische Vielfalt der Makrophytengemeinschaft und deren Zusammensetzung vollständig erfasst werden kann. Die minimale Länge eines Untersuchungsabschnittes liegt in kleinen Gewässern bei 30 m. In grösseren Gewässern muss die Streckenlänge mindestens die 20-fache Wasserspiegelbreite betragen (Tabelle 4). Eine einheitliche Länge der Untersuchungsabschnitte ist nicht nötig.

Tabelle 4 Mindestlängen der Untersuchungsabschnitte in Abhängigkeit von der Wasserspiegelbreite

Wasserspiegelbreite	minimale Länge der Untersuchungsabschnitte
Bis 1 m	30 m
1 – 10 m	30 – 200 m
> 10 m	200 m

Begrenzung der Untersuchungsabschnitte

Die Begrenzung des Untersuchungsabschnittes gegen das Ufer erfolgt aufgrund des mittleren Wasserstandes und bereitet bei ausgebauten Gewässern in der Regel keine Schwierigkeiten. Bei Gewässern mit einem natürlichen Uferbereich ist die Grenze zwischen Wasser und Land nicht als klare Linie erkennbar. In der Übergangszone wachsen ausschliesslich Helophyten und Moose. Arten mit unterschiedlichen Ansprüchen an die Feuchtigkeitsverhältnisse können hier zusammen vorkommen. Die Grenze zwischen Wasser und Land muss deshalb in solchen Fällen pragmatisch festgelegt werden. Die Taxaliste (Kapitel 4.4, digitaler Anhang DA1) hilft dabei, indem sie diejenigen Arten auflistet, die regelmässig im überfluteten Uferbereich vorkommen. Arten, die nicht auf der Taxaliste aufgeführt sind, stehen nur bei erhöhtem Wasserstand im Wasser und zeigen die ungefähre Lage der Uferlinie an. Innerhalb des so definierten Untersuchungsabschnittes werden alle Taxa kartiert. Für die spätere Bewertung werden nur die Taxa der Taxaliste berücksichtigt.

4.4 Taxaliste

4.4.1 Umfang der Taxaliste

Taxaliste Gefässpflanzen und Characeen

Die Taxaliste enthält alle Arten, die in Schweizer Fliessgewässern potentiell vorkommen können. Auf der Liste werden deshalb auch viele sehr seltene Arten aufgeführt. Arten, die bereits sehr lange ausgestorben sind und auch in den Nachbarländern nicht mehr vorkommen, sind dagegen nicht aufgelistet.

Bei den Gefässpflanzen und Characeen sind alle Arten aufgeführt, die in rein aquatischen Lebensräumen wachsen (Feuchtezahl ⁵⁴⁷, Lebensräume⁴⁸: 1.1.1, 1.1.2, 1.1.3, 1.1.4, 1.2.1, 1.2.2, 2.1.1, 2.1.3, 2.1.4). Auf eine Beschränkung auf die Fliessgewässer-Arten wurde verzichtet, weil viele Arten sowohl in stehenden als auch in fliessenden Gewässern vorkommen können. Von der Ufervegetation werden nur Arten berücksichtigt, die ihre Hauptverbreitung im regelmässig überfluteten Uferbereich haben (Lebensräume: 2.1.2.1, 2.1.2.2, 2.2.1.1). Arten, die nur im Uferbereich stehender Gewässer oder an wechselfeuchten Standorten wie in Mooren wachsen, sind nicht berücksichtigt. Zudem sind einige wenige Arten aufgeführt, die bei uns noch nicht gesichtet wurden, die aber bereits in unseren Nachbarländern vorkommen und deren Auftreten in der Schweiz daher in näherer Zukunft nicht ausgeschlossen werden kann. Die Auswahl umfasst 223 Arten und 54 Sammeltaxa und wurde basierend auf dem Datensatz Makrophyten Schweiz sowie Taxalisten von Bewertungsmethoden angrenzender Nachbarländer^{7, 16, 49} durch Expertendiskussion getroffen.

Taxaliste Moose

Moose kommen in verschiedenen aquatischen Lebensräumen und im Uferbereich von stehenden und fliessenden Gewässern vor. Das gleiche Auswahlverfahren zur Festlegung der Taxaliste wie bei den höheren Makrophyten ergab eine Liste mit über 400 Moosarten. Um diese zu reduzieren wählte eine Gruppe von Experten und Expertinnen diejenigen Taxa aus, die einen engen Bezug zu Fliessgewässern haben. Sie stammen aus den folgenden Lebensräumen: 1.1.3, 1.2.1, 1.2.2, 1.2.3, 1.2.4, 2.1.1, 1.3.2, 1.3.3, 2.2.1.1. Die Taxaliste für Moose enthält 93 Arten und 15 Sammeltaxa.

Taxaliste als Basis für die Bewertung

Nur Taxa der Taxaliste werden für die spätere Bewertung der Makrophytengemeinschaften berücksichtigt.

4.4.2 Klassierung der Taxa in Hinblick auf ihre Bestimmbarkeit

Morphologische Vari- abilität erschwert Artbe- stimmung

Eine Schwierigkeit bei der Bestimmung von aquatischen Makrophyten ist ihre hohe morphologische Variabilität. Einige Taxa bilden je nach Standortverhältnissen unterschiedliche Blattformen oder sogar Blatttypen aus. Bei anderen Taxa entstehen im Verlauf der zeitlichen Entwicklung unterschiedliche Blätter (Heterophyllie). Zudem können beim Trockenfallen spezielle Landformen ausgebildet werden^{37, 38}. Oft brei-

⁴⁷ Landolt, E. et al. 2010: Flora indicativa: Ökologische Zeigerwerte und biologische Kennzeichen zur Flora der Schweiz und Alpen. 2., völlig neu bearb. Aufl. Haupt, Bern 378 S.

⁴⁸ Delarze, R. et al. 2015: Lebensräume der Schweiz. Ökologie – Gefährdung – Kennarten. 3. Aufl. Ott Verlag. 456 S.

⁴⁹ Schaumburg, J. et al. 2005: Bewertungsverfahren Makrophyten & Phytobenthos. Fließgewässer- und Seen-Bewertung in Deutschland nach EG-WRRL. Informationsberichte Heft 1/05. Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft, München. 245 S.

	ten sich die Taxa zudem nur vegetativ aus und es werden keine sexuellen Fortpflanzungsorgane gebildet. Neuere Bestimmungsliteratur (Anhang A4) trägt diesen Umständen Rechnung und baut deshalb soweit möglich auf vegetativen Bestimmungsmerkmalen auf.
Klassierung der Taxa in Hinblick auf ihre Bestimmbarkeit	Alle Taxa der Taxaliste (digitaler Anhang DA1) sind bezüglich ihrer Bestimmbarkeit in vier Klassen eingeteilt. Taxa der Klassen 1 & 2 können in der Regel vegetativ angesprochen werden. Allerdings gibt es darunter Taxa, bei welchen die vegetativen Bestimmungsmerkmale häufig nicht eindeutig erkennbar sind. Für solche Arten werden zusätzlich Sammeltaxa aufgeführt. Gefässpflanzen der Klasse 3 können vegetativ nicht eindeutig angesprochen werden. Für diese Taxa werden ebenfalls Sammeltaxa angegeben. Moose mit einer Bestimmbarkeit von 3 können nur durch Experten mittels Spezialliteratur bestimmt werden. Bei Taxa der Klasse 4 handelt es sich entweder um Taxa, bei welchen eine Bestimmung auf Gattungsniveau genügt (seltene Arten, Neophyten, Characeen) oder um Unterarten, die im Rahmen der vorliegenden Methode nicht unterschieden werden müssen, da bei der Bewertung als tiefstes taxonomisches Niveau die Art berücksichtigt wird.
Sammeltaxa für schwierig bestimmbare Arten	In einem Sammeltaxon werden also verschiedene Arten zusammengefasst, welche den gleichen Standort besiedeln (d.h. alle Arten in Fließgewässern und im bei mittlerem Wasserstand überfluteten Uferbereich) und die entweder vegetativ nicht auseinandergehalten werden können oder deren Bestimmungsmerkmale häufig nicht eindeutig ausgebildet sind. Alle Arten eines Sammeltaxons werden zudem einzeln in der Taxaliste aufgeführt.
Zusätzliche Bestimmungshilfen	Zusätzliche Bestimmungshilfen in der Taxaliste präzisieren, welche Pflanzenteile für eine eindeutige Bestimmung vorhanden sein müssen. In Abhängigkeit der vorhandenen Bestimmungsmerkmale wird das tiefst mögliche taxonomische Niveau angegeben. Die Taxaliste weist auf ähnliche Arten hin und führt Arten auf, die je nach Standortverhältnissen unterschiedliche Wuchsformen (Tabelle 2) und Erscheinungsformen (Tabelle 3) bilden können. Sie empfiehlt Bestimmungsliteratur und Hilfsmittel (Lupe/Binokular/Mikroskop) und gibt an, ob Pflanzenmaterial für die Verifizierung durch Experten und Expertinnen gesammelt werden sollte.
Artspezifische Informationen	Die Taxaliste enthält zusätzlich Informationen zu den ökologischen Ansprüchen der Arten ⁴⁷ , ihrer Lebensraumzugehörigkeit ⁴⁸ , ihrer Priorität ⁵⁰ und Gefährdung ^{19, 22, 24} .

4.5 Berücksichtigte Taxa, Bestimmungstiefe und Konservierung von Pflanzenmaterial

Bei der Kartierung werden alle Gefässpflanzen, Moose und Armleuchteralgen innerhalb des Untersuchungsabschnittes aufgenommen. Zusätzlich wird das Vorkommen von grün gefärbten Fadenalgen (z. B. *Cladophora* sp., *Spirogyra* sp.) und polsterbildenden (z. B. *Vaucheria* sp.) Algen erfasst. Ein starkes Wachstum dieser Taxa weist in vielen Fällen auf eine anthropogene Belastung hin. Alle übrigen Algen (Krusten von Kiesalgen und Algenlager mit Rot-, Braun-, Blaualgen etc.) bleiben unberücksichtigt.

⁵⁰ BAFU 2017: Liste der National Prioritären Arten und Lebensräume. Prioritäre Arten und Lebensräume für die Förderung in der Schweiz. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Vollzug Nr. 1709: 89 S.

Bestimmungstiefe Alle Taxa werden auf das taxonomisch tiefst mögliche Niveau bestimmt. Arten mit einer Bestimmbarkeit von 1 & 2, für welche in der Taxaliste keine Sammeltaxa aufgeführt sind, müssen von den Kartierenden vegetativ eindeutig angesprochen werden können.

4.5.1 Gefässpflanzen

Bestimmung und absolute Deckung auf Artniveau Die Gefässpflanzen werden in der Regel direkt im Feld bis auf die Art, seltener auf Gattungsniveau (gemäss Taxaliste) bestimmt und ihre absolute Deckung erfasst (Kapitel 4.6). Ist eine Verifizierung der Bestimmung unter dem Binokular, dem Mikroskop oder durch einen Experten oder Expertin nötig, wird Pflanzenmaterial gesammelt. Dazu werden die Pflanzen einzeln, mit allen für die Bestimmung nötigen Teilen in Plastikbeutel ohne Wasser gegeben. Zur Identifikation wird der Probe ein mit Bleistift beschriftetes Papier mit der Belegnummer beigegeben. Die Proben werden gekühlt gelagert und möglichst schnell bestimmt. Für eine langfristige Aufbewahrung sind die Pflanzen zu herbarisieren. Submerse Taxa wie *Potamogeton* sp., *Ranunculus* sp. oder *Callitriche* sp. können auch in einer 80 %-Ethanol-Lösung konserviert werden. Eine Übersicht über die häufigsten in den Voruntersuchungen vorgefundenen höheren Makrophyten gibt Anhang A5.

4.5.2 Moose

Absolute Deckung der Wuchsform und Bestimmung auf Artniveau Moose sind im Mittelland vor allem in stärker beschatteten Gewässern häufig, kommen aber in vielen Gewässertypen nur mit sehr geringer Deckung vor. 11 Taxa der Taxaliste können von in Bryologie geschulten Biologen mit Hilfe einer Lupe und 79 Taxa mit mikroskopischen Untersuchungen bestimmt werden. Für 18 Taxa ist ein Spezialist beizuziehen. Im Feld wird bei den Moosen nur die absolute Deckung der Wuchsform „Bryide“ abgeschätzt (Kapitel 4.6). Eine Bestimmung auf die Art ist im Feld nicht zwingend notwendig. Für die spätere Nachbestimmung wird jedoch von allen Taxa Pflanzenmaterial möglichst mit Sporenkapseln entnommen und vorsichtig leicht ausgepresst. Jede Probe wird getrennt in einem mit der Belegnummer beschrifteten Umschlag gelagert (z. B. Briefcouvert). Die Probe kann im Umschlag getrocknet und für eine spätere Bestimmung wieder angefeuchtet werden. Im Labor werden die gesammelten Moose in der Regel auf die Art, seltener auf Gattungsniveau (gemäss Taxaliste) nachbestimmt. Eine Übersicht über die häufigsten in den Voruntersuchungen gefundenen Moostaxa gibt Anhang A6.

4.5.3 Armleuchteralgen

absolute Deckung der Wuchsform und Bestimmung auf Niveau Sammel-taxa Armleuchteralgen haben ihre Hauptverbreitung in stehenden Gewässern, kommen aber vereinzelt auch in Fliessgewässern vor. Einige wenige Armleuchteralgen können von geschulten Nicht-Spezialisten unterschieden und bestimmt werden. Die meisten Taxa sind dagegen nur von Spezialisten oder Spezialistinnen auf die Art bestimmbar. Im Feld wird bei Armleuchteralgen nur die absolute Deckung der Wuchsform „Charide“ abgeschätzt (Kapitel 4.6). Für die spätere Nachbestimmung unter

dem Mikroskop auf Niveau Sammeltaxa wird Pflanzenmaterial gesammelt und konserviert. Dabei kann gleich vorgegangen werden wie bereits bei den submersen Gefäßpflanzen beschrieben wurde (Kapitel 4.5.1). Das Herbarisieren von Belegexemplaren wird generell empfohlen.

4.5.4 Grün gefärbte Fadenalgen oder polsterbildende Algen

**Algen: Zusammenfassung
in einer Wuchsform-
gruppe**

Erhoben werden nur die grün gefärbten Fadenalgen (z. B. *Ulothrix*, *Cladophora*, *Stigeoclonium*, ...) und die polsterbildenden Algen (z. B. *Vaucheria*, ...). Diese beiden Wuchsformen werden zusammengefasst und als eine Wuchsformgruppe angesprochen. Auf eine Artbestimmung wird verzichtet. Erfasst wird die absolute Deckung des Taxons „fädige Grünalge“.

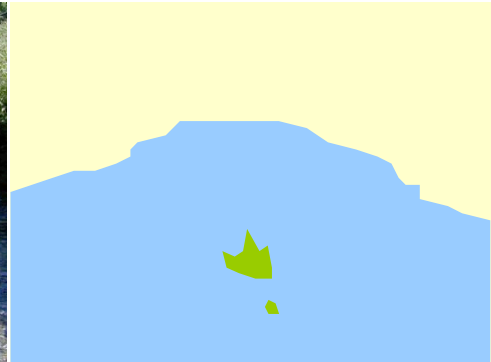
Krustenalgen (z. B. Blaualgen, Kieselalgen, Rotalgen), hautförmige Algen (z. B. Blaualgenlager *Phormidium* sp.) sowie nicht grün gefärbte Fadenalgen wie Goldalgen (*Hydrurus foetidus*), Kieselalgen (Kolonien von *Melosira*, *Diatoma*) oder Rotalgen (z. B. *Batrachospermum*, *Lemanea* etc.) werden bei der Bewertung nicht berücksichtigt. Ihr Vorkommen kann bei den Bemerkungen notiert werden.

4.6 Kartierung der Vegetation

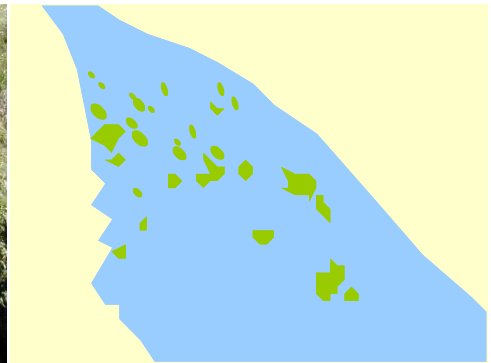
Im Feld werden verschiedene Parameter zur Beschreibung der Vegetation aufgenommen. Dazu wird der Untersuchungsabschnitt flussaufwärts im Zick-Zack begangen.

Parameter	Beschreibung
Gesamtdeckung	Die absolute Deckung aller Gefäßpflanzen, Moose, Armleuchteralgen sowie grün gefärbten Fadenalgen und polsterbildenden Algen zusammen wird als Flächenanteil an der Abschnittsfläche in Prozent kontinuierlich abgeschätzt. Als visuelle Hilfe zur Abschätzung der Gesamtdeckung dient Abbildung 8.
Anteil unbedecktes Substrat	Komplementär zur Gesamtdeckung wird der Anteil an unbedecktem Substrat im Abschnitt in Prozent kontinuierlich geschätzt.

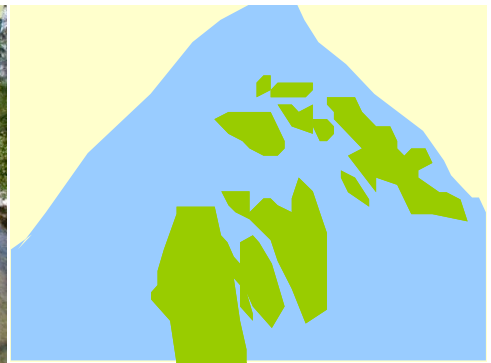
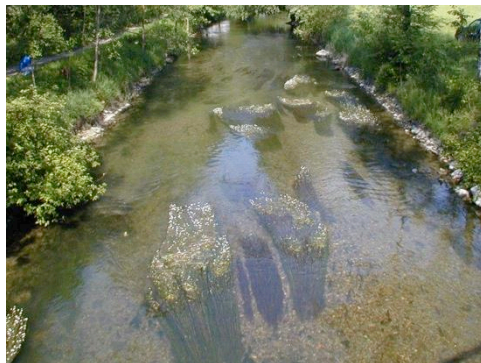
Die Gesamtdeckung und der Anteil unbedecktes Substrat ergeben zusammen 100 %.



Gesamtdeckung: zirka 1 %

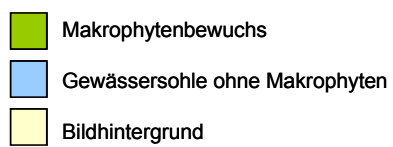


Gesamtdeckung: zirka 3 %



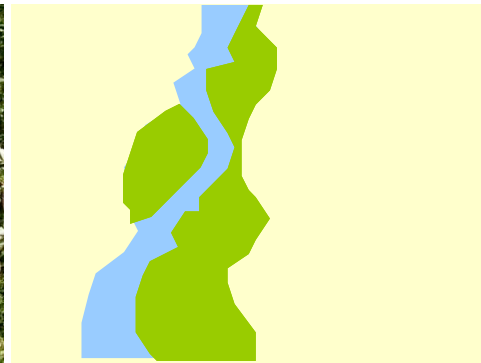
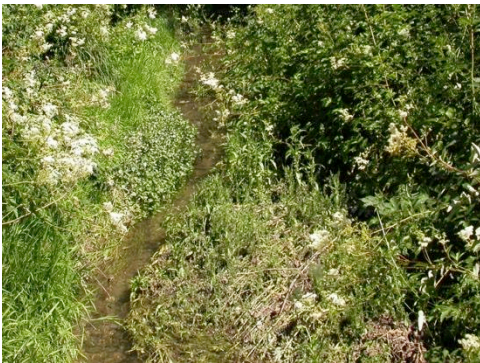
Gesamtdeckung: zirka 15 %

Abbildung 8 Abschätzung der Gesamtdeckung

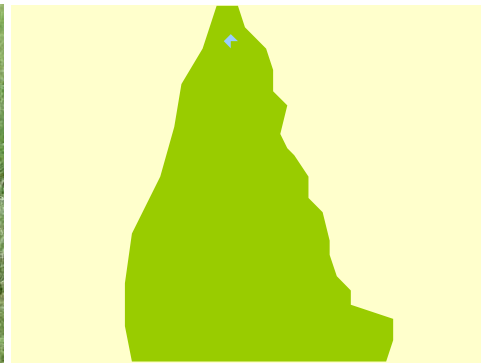




Gesamtdeckung: zirka 45 %



Gesamtdeckung: zirka 80 %



Gesamtdeckung: zirka 97 %

Abbildung 8 Abschätzung der Gesamtdeckung (Fortsetzung)

- Makrophytenbewuchs
- Gewässersohle ohne Makrophyten
- Bildhintergrund

Absolute Deckung der einzelnen Taxa pro Wuchs- und Erscheinungsform	<p>Die absolute Deckung der einzelnen Taxa wird als absoluter Flächenanteil an der Abschnittsfläche in Prozent kontinuierlich geschätzt (Abbildung 9):</p> <p><u>Gefässpflanzen</u>: für jedes einzelne Taxon pro Wuchs- und Erscheinungsform.</p> <p><u>Moose</u>: für alle Moose zusammen.</p> <p><u>Armleuchteralgen</u>: für alle Armleuchteralgen zusammen.</p> <p><u>Grün gefärbte Fadenalgen oder polsterbildende Algen</u>: für alle Algen zusammen.</p>
Erfassung Wuchs- und Erscheinungsform	<p>Die absoluten Deckungen aller Taxa ergeben zusammen den Gesamtdeckungsgrad.</p> <p>Für Taxa, die unterschiedliche Wuchsformen ausbilden können (Tabelle 2) oder sowohl in einer helophytischen als auch aquatischen Erscheinungsform auftreten können (Tabelle 3), muss die absolute Deckung für jede Wuchs- und Erscheinungsform getrennt abgeschätzt werden. Die Taxa von Tabelle 3 kommen in den Fließgewässern der Schweiz meist in ihrer helophytischen Erscheinungsform vor, erreichen also im Verlauf ihrer Entwicklung die Wasseroberfläche. In tieferen Gewässern können sie jedoch auch rein aquatische Bestände bilden, die während der gesamten Vegetationsperiode untergetaucht bleiben. Zum Zeitpunkt der Kartierung ist es manchmal schwierig, die Erscheinungsform am Ende der Vegetationsperiode vorherzusagen. Daher sollten nur flächig ausgebildete Bestände von rein untergetaucht wachsenden Herbitiden (<i>Nasturtium</i> sp., <i>Veronica</i> sp., <i>Berula</i> sp.) und gut entwickelte Einzelpflanzen der Sagittariden (<i>Alisma</i> sp.), die sich nicht nur im Uferbereich von Gewässern mit einer mittleren Tiefe von über 60 cm befinden, als aquatisch angesprochen werden. Im Zweifelsfall sollen die Taxa den Helophyten zugeordnet werden.</p>

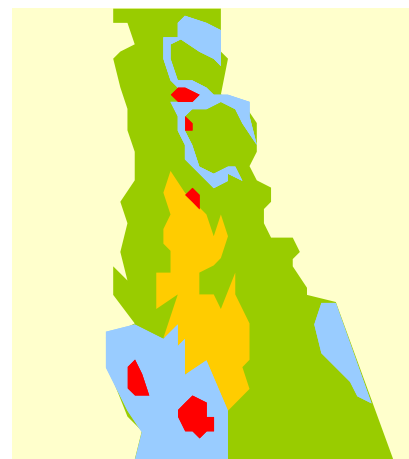
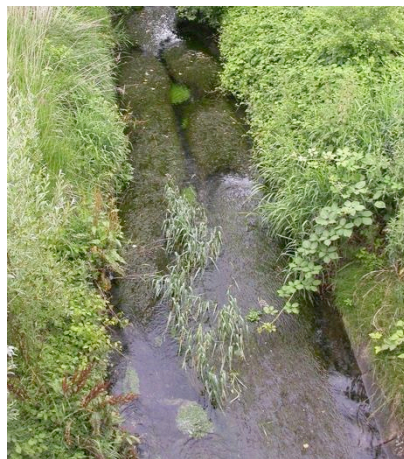


Abbildung 9 Schätzung der absoluten Deckung pro Taxa

absolute Deckung Art 1:	zirka 2 %	■ Art 1: <i>Callitriche</i> sp.
absolute Deckung Art 2:	zirka 10 %	■ Art 2: <i>Phalaris arundinaceae</i>
absolute Deckung Art 3:	zirka 70 %	■ Art 3: <i>Ranunculus trichophyllus</i>
Gesamtdeckung:	85 %	■ Gewässersohle ohne Makrophyten
		■ Bildhintergrund

Anteil von Moosen und Algen auf künstlich eingebrachtem Substrat	Die Substratzusammensetzung beeinflusst die Makrophytenzusammensetzung. Künstliches Substrat wird hauptsächlich von Moosen und Algen besiedelt. Für die Sammeltaxa „fädige Grünalgen“ und „Bryophyta“ wird in Prozent kontinuierlich abgeschätzt, wie hoch ihr 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.
Bestimmungstiefe und Sicherheit der Bestimmung	<p>Im Feld wird für jedes Taxon das taxonomisch tiefst mögliche Niveau angegeben. Der Kartierende gibt zusätzlich je Taxon mit vier Kategorien an, wie sicher die Bestimmung ist.</p> <p><u>1: Sichere Bestimmung:</u> Eine sichere Bestimmung liegt vor, wenn das Taxon von den Kartierenden eindeutig angesprochen werden kann, weil die relevanten Bestimmungsmerkmale vorhanden sind.</p> <p><u>2: Bestimmung durch Spezialisten oder Spezialistin:</u> Die Bestimmung wurde nicht durch den Kartierenden selbst, sondern durch einen Spezialisten oder eine Spezialistin durchgeführt.</p> <p><u>3: Bestimmung unsicher, aber wahrscheinlich:</u> Eine unsichere aber wahrscheinliche Bestimmung liegt vor, wenn das Taxon von den Kartierenden nicht mit 100 %-iger Sicherheit angesprochen werden kann, weil die relevanten Bestimmungsmerkmale undeutlich ausgebildet sind oder teilweise fehlen. Verschiedene Merkmale weisen jedoch auf das Taxon hin oder das Taxon wies am selben Standort bei einer früheren Kartierung die relevanten Bestimmungsmerkmale auf.</p> <p><u>4: Bestimmung unsicher:</u> Eine unsichere Bestimmung liegt vor, wenn die relevanten Bestimmungsmerkmale für die Artbestimmung undeutlich ausgebildet sind oder fehlen. Verschiedene Merkmale weisen zudem auf unterschiedliche Taxa hin und/oder die Kartierenden kennen das Taxon schlecht, z. B. weil sie es bisher noch nicht häufig bestimmt haben oder das Taxon sehr selten ist.</p> <p>Ein Abgleich des Bestimmungsniveaus mit den Vorgaben in der Taxaliste wird zu einem späteren Zeitpunkt vom automatisierten Auswertungs-Tool vorgenommen. Zur Qualitätssicherung und besseren Vergleichbarkeit der Erhebungen verschiedener Kartierender prüft es, ob für das angegebene taxonomische Niveau die zwingend erforderlichen Pflanzenteile gemäss Taxaliste vorhanden waren und nimmt allenfalls eine Zuweisung zu einem Sammeltaxon vor.</p>

Phänologischer Zustand und Habitus	<p>Die verschiedenen Taxa unterscheiden sich in ihrer jahreszeitlichen Entwicklung und zeigen zum Zeitpunkt der Kartierung unterschiedliche Entwicklungsstadien. Alle vorhandenen Entwicklungsstadien sind anzugeben, d.h. Mehrfachnennungen sind möglich. Diese Angaben werden benötigt, um das Bestimmungsniveau aufgrund der Vorgaben der Taxaliste zu überprüfen (via automatisiertes Auswertungs-Tool).</p> <p>1: <u>Keimend</u>: Einzelpflanzen mit wenigen submersen Blättern</p> <p>2: <u>Submers</u>: Gut ausgebildete Einzelpflanzen bis flächige Bestände von Pflanzen unterhalb oder bis zur Wasseroberfläche</p> <p>3: <u>Emers</u>: Gut ausgebildete Einzelpflanzen bis flächige Bestände von Pflanzen, die auch über das Wasser herausragen</p> <p>4: <u>Knospen</u>: Knospen unter- oder oberhalb der Wasseroberfläche vorhanden</p> <p>5: <u>Blüten</u>: Blüten unter- oder oberhalb der Wasseroberfläche vorhanden</p> <p>6: <u>Früchte</u>: Früchte unter- oder oberhalb der Wasseroberfläche vorhanden</p> <p>7: <u>Absterbend/ kümmerlich</u>: Zerfall des Pflanzenkörpers setzt ein oder das Wachstum der Pflanze ist kümmerlich</p>
Bemerkungen Arten	Hier können Bemerkungen zu einzelnen Arten gemacht werden.

4.7 Kartierung der Standortverhältnisse

Abiotische Bedingungen bestimmen Vegetations-Flusstyp

Die abiotischen Bedingungen bestimmen die Artenzusammensetzung und -vielfalt an einem Standort. Die Untersuchungsabschnitte werden aufgrund ausgewählter Standortbedingungen einem Vegetations-Flusstyp zugeordnet und anschliessend typspezifisch bewertet. Die abiotischen Parameter, welche für die Typisierung verwendet werden, sind in der untenstehenden Auflistung spezifisch gekennzeichnet (^T) und müssen besonders sorgfältig erhoben werden.

Die relevanten abiotischen Parameter sowie generelle Angaben zur Untersuchungsstrecke werden im Feld erhoben und/oder via GIS bestimmt. Die Erhebung erfolgt gemäss der nachfolgenden Auflistung sowie dem Feldprotokoll in Anhang A3. Bei der Abschätzung von Mittelwerten ist der gesamte Untersuchungsabschnitt zu betrachten und ein Mittelwert über die gesamte Länge und Breite des Untersuchungsabschnittes anzugeben. Bei Parametern, die auch im Rahmen des Moduls Ökomorphologie Stufe F (MSK ÖkF)⁴⁵ oder des Äusseren Aspekts (MSK ÄÄ)⁴⁶ erfasst werden, erfolgt die Aufnahme entsprechend den jeweiligen Methoden-Anleitungen.

Parameter	Beschreibung
Lage / Koordinaten	Auf einer mitgeführten Karte in geeignetem Massstab ist die Lage des Untersuchungsabschnittes einzutragen. Die Koordinaten des unteren Abschnittendes (flussabwärts) ist mittels GPS oder GIS zu ermitteln.
Höhe	Höhe ü. M. mittels GIS bestimmt ⁴²
Länge	Länge des Untersuchungsabschnittes geschätzt oder mit GIS bestimmt [m]
Breite	
Breite Sohle ÖkF	Geschätzte mittlere Breite der Sohle des Gewässers [m] → MSK ÖkF, S. 10
Breite benetzt	Geschätzte mittlere Breite der von Wasser bedeckten Sohle zum Zeitpunkt der Kartierung [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
Gefälle ^T	Das Gefälle wird über die gesamte Länge des Untersuchungsabschnittes bestimmt, d.h. vom unteren bis zum oberen Streckenende: a. <u>GIS-basierte Abschätzung des Gefälles [%]</u> ⁴² : erfolgt idealerweise vorgängig zur Erhebung im Feld (Kapitel 4.2) und ist anhand der Gefälleschätzung im Feld zu verifizieren. Die Datenherkunft ist auf dem Feldprotokoll zu vermerken. b. <u>Gefälleschätzung Feld [%]</u> : ist für jeden Untersuchungsabschnitt vorzunehmen und dient dazu, die GIS-basierte Gefälleschätzung direkt im Feld oder unmittelbar nach der Erhebung im Feld zu verifizieren.

Für jeden Untersuchungsabschnitt werden verschiedene Abflüsse ermittelt, einige davon idealerweise bereits vorgängig zur Kartierung (Kapitel 4.2):

- Hydrologischer Messwert [l/s]: Jedem Untersuchungsabschnitt wird eine hydrologische Messstation zugeordnet. Die Nummer der Messstation (z. B. CH-2419), der Mittelwert (langjährige Mittelwert und der Tageswert (Abfluss am Tag der Kartierung) sind auf dem Feldprotokoll einzutragen. Zudem ist anzugeben, ob die Abflussverhältnisse an der Messstation den Abflussverhältnissen im Untersuchungsabschnitt entsprechen (im Abschnitt = Messstelle innerhalb des Untersuchungsabschnittes oder keine relevanten Zuflüsse zwischen Untersuchungsabschnitt und hydrologischer Messstelle vorhanden) oder, ob sie nur als orientierende Grösse für die Abflussverhältnisse am Tag der Kartierung dienen (in Nähe). Liegt die Abflussmessstation im Untersuchungsabschnitt kann auf alle weiteren Abflussschätzungen (b-c) verzichtet werden.
- GIS-basierte Abschätzung des Abflusses⁴²[l/s]: Für alle Untersuchungsabschnitte ohne hydrologische Messstation wird ein GIS-basierter Abflusswert ermittelt, der anhand der Abflussschätzung im Feld zu verifizieren ist. Die Datenherkunft ist auf dem Feldprotokoll zu vermerken.
- Abflussschätzung im Feld [l/s]: Für alle Untersuchungsabschnitte ohne hydrologische Messstation wird der Abfluss im Feld abgeschätzt. Er dient dazu, die GIS-basierten Abflussschätzung direkt im Feld oder unmittelbar nach der Erhebung im Feld zu verifizieren.

Als Hilfestellung zur Abflussschätzung im Feld dient Abbildung 10.

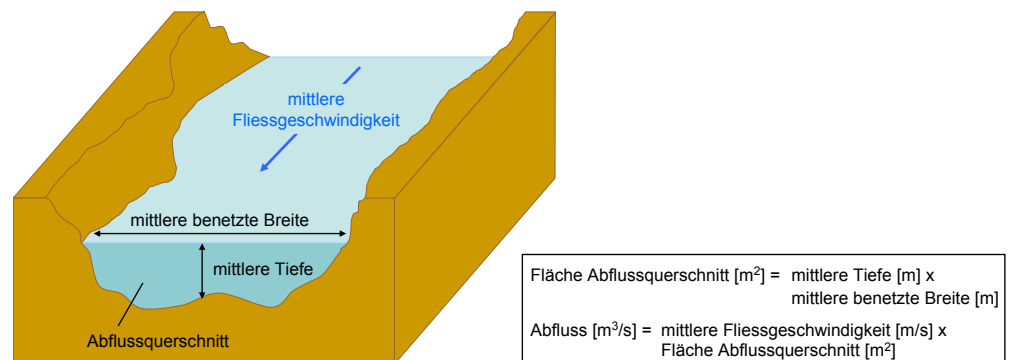
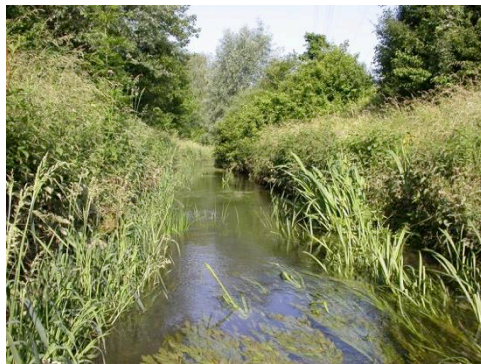


Abbildung 10 Hilfsgrößen zur Abschätzung des Abflusses im Feld.

Beschattung^T

Die Beschattung gibt an, wie stark und wie lange ein Untersuchungsabschnitt täglich beschattet wird. Die Beschattung wird anhand der Ausdehnung und Dichte der verholzten Ufervegetation und ihrer Ausrichtung zur Sonne kontinuierlich in Prozent abgeschätzt. Eine Beschattung durch krautige Pflanzen (z. B. Schilf oder Hochstauden) wird nicht berücksichtigt. Folgende verbale Beschreibungen helfen bei der Abschätzung der Beschattung:

- Vollsonnig: Sonne von deren Aufgang bis Untergang (Beschattung: 0 - 20 %)
- Sonnig: in der überwiegenden Zeit zwischen Sonnenauf- und Sonnenuntergang, immer jedoch in den wärmsten Stunden des Tages in voller Sonne (Beschattung: 20 - 40 %)
- Absonnig: überwiegend in der Sonne, in den heissten Stunden jedoch im Schatten (Beschattung: 40 - 60 %)
- Halbschattig: mehr als die Tageshälfte, und immer während der Mittagszeit beschattet (Beschattung: 60 - 80 %)
- Schattig: voller Schatten unter Bäumen (Beschattung >80 %)



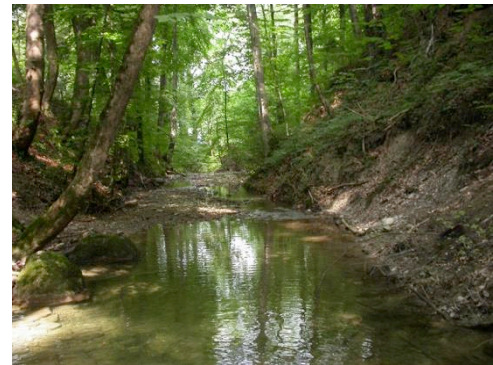
vollsonnig: Beschattung zirka 10 %



sonnig: Beschattung zirka 30 %



halbschattig: Beschattung zirka 60 %



schattig: Beschattung zirka 85 %

Abbildung 11 Beispiele zur Beschattung (bei identischer Ausrichtung der Bäche zur Sonne)

Tiefe ^T	
Mittlere Tages-Tiefe	Geschätzte mittlere Tiefe des Gewässers zum Zeitpunkt der Kartierung [m]
Maximale Tages-Tiefe	Geschätzte maximale Tiefe des Gewässers zum Zeitpunkt der Kartierung [m]
Mittlere Tiefe bei mittlerem Wasserstand ^T	Geschätzte mittlere Tiefe des Gewässers bei mittlerem Wasserstand [m]. Die aktuelle Abflusssituation ist vor der Felderhebung anhand der nächstgelegenen hydrologischen Messstation zu ermitteln (Kapitel 4.2) und ins Feldprotokoll einzutragen (siehe Abfluss, b.). Das Verhältnis von aktuellem zu mittlerem Abfluss hilft bei der Festlegung des mittleren Wasserstandes und damit der Abschätzung der mittleren Tiefe. Die Lage der Mittelwasserlinie ist häufig anhand der Ufermorphologie und/oder der Ufervegetation erkennbar.
Tiefenvariabilität	<p>Variabilität der Gewässertiefe im Längs- und Querprofil in 3 Klassen:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1: <u>Ausgeprägt</u>: Grosse Variabilität, ausgeprägte Kolke und Furten und/oder Tiefenunterschiede im Längs- oder Querprofil (natürliche Übergangszone Wasser-Land) 2: <u>Mässig</u>: geringe Variabilität, wenig ausgeprägte Kolke oder Furten und/oder Tiefenunterschiede im Querprofil Längs- oder Querprofil (natürliche Übergangszone Wasser-Land) 3: <u>Keine</u>: keine oder nur sehr geringe Tiefenunterschiede im Gewässer (Kanal)
Strömung	
	<p>Die mittlere Fliessgeschwindigkeit im Untersuchungsabschnitt wird kontinuierlich abgeschätzt [m/s]. Zusätzlich wird die Häufigkeit von 5 Fliessgeschwindigkeitsklassen⁵¹ im gesamten Abschnitt in Prozent angegeben. Die Gesamtheit der erfassten Geschwindigkeitsklassen ergibt 100 %.</p> <ol style="list-style-type: none"> 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	<p>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:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1: <u>Unbeweglich</u>: Auch bei erhöhten Abflüssen stabiles Substrat vorhanden, zudem kein bis nur vereinzelt bewegliches Geschiebe im Gewässer. 2: <u>Begrenzt beweglich</u>: Auch bei erhöhten Abflüssen stabiles Substrat vorhanden, aber zusätzlich bedeutende Mengen von beweglichem Geschiebe im Gewässer. 3: <u>Beweglich</u>: Substrat bei erhöhten Abflüssen instabil.

⁵¹ Wörlein, F. 1992: Pflanzen für Garten, Stadt und Landschaft. Taschenkatalog. Diessen am Ammersee.



Kategorie 1: unbeweglich



Kategorie 2: begrenzt beweglich



Kategorie 3: beweglich

Abbildung 12 Die drei Kategorien der Substratstabilität

Substratzusammensetzung^T

Die Zusammensetzung des mineralischen Substrates wird nach den gebräuchlichen 7 Korngrößenklassen⁵² abgeschätzt. Zusätzlich werden organische Substrate erfasst. Für jede Kategorie wird angegeben, welchen Anteil der Gewässersohle sie bedeckt. 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) (anorganisches Feinsediment)
- 8: Schlamm/ Faulschlamm (organisches Feinsediment)
- 9: Humus / Torf
- 10: Künstliche Substrate

Manchmal ist eine verbaute Sohle teilweise oder vollständig von natürlichem Substrat überdeckt. In solchen Fällen ist bei der Substratzusammensetzung die prozentuale Häufigkeit der sichtbaren Substratklassen anzugeben, die zusammen 100 % ergeben müssen.

Ergänzend zur Substratzusammensetzung ist der Verbauungsgrad und die Verbauungsart der Sohle so gut wie möglich zu erfassen und bei den Parametern „Verbauung Sohle“ und „Verbauungsart Sohle“ einzutragen. In solchen Fällen ist im Bemerkungsfeld anzugeben, welcher Anteil der verbauten Sohle von natürlichem Substrat überdeckt ist.

Schwierig ist die Unterscheidung von natürlichem Substrat und Sohlenschüttungen. Ein stark verbauter Böschungsfuss und eine Sohle mit unerwartet grobem und einheitlichem Sohlenmaterial können auf eine Sohlenschüttung hinweisen. Im Zweifelsfall werden Sohlenschüttungen als natürliches Substrat erfasst und bei den Bemerkungen entsprechend kommentiert.

⁵² Schachtschabel, P. et al. 1992: Lehrbuch der Bodenkunde. Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart, 491 S.

Verbauung Sohle ÖkF	Verbauungen der Gewässersohle beeinflussen das Vorkommen von Makrophyten massgeblich und werden deshalb erfasst → MSK ÖkF, S. 13 – 14.
Verbauungsgrad	<p>Abschätzen des Verbauungsgrads [%] in 6 Klassen:</p> <p>1: Keine (0 %)</p> <p>2: Vereinzelte/ punktuelle Verbauungen, Schwellen, Abstürze (< 10 %)</p> <p>3: Mässige Verbauungen (10 - 30 %)</p> <p>4: Grössere Verbauungen (30 - 60 %)</p> <p>5: Überwiegende Verbauungen (> 60 %)</p> <p>6: Vollständig verbaut (100 %)</p> <p>Bei der Abschätzung des Verbauungsgrades ist darauf zu achten, dass die Klassenschätzung mit den bei der Substratzusammensetzung erfassten Kategorie (10: künstliche Substrate) übereinstimmt.</p>
Verbauungsart	<p>Erfassung des flächenmässig dominierenden Verbauungsmaterials in 5 Klassen:</p> <p>1: Natursteine (Steinschüttung / Raubbett)</p> <p>2: Holz</p> <p>3: Betongittersteine</p> <p>4: Undurchlässig / Beton</p> <p>5: Andere / dicht</p>
Verbauung Böschungsfuss ÖkF	Verbauungen des Böschungsfusses beeinflussen das Vorkommen von Makrophyten massgeblich und werden deshalb erfasst → MSK ÖkF, S. 14 – 17.
Verbauungsgrad	<p>Abschätzen des Verbauungsgrads des Böschungsfusses [%] in 6 Klassen, für beide Gewässerseiten getrennt:</p> <p>1: Keine (0 %)</p> <p>2: Punktuelle Verbauungen (< 10 %)</p> <p>3: Mässige Verbauungen (10 - 30 %)</p> <p>4: Grössere Verbauungen (30 - 60 %)</p> <p>5: Überwiegende Verbauungen (> 60 %)</p> <p>6: Vollständig verbaut (100 %)</p>
Verbauungsart	<p>Erfassung des flächenmässig dominierenden Verbauungsmaterials in 7 Klassen, für beide Gewässerseiten getrennt:</p> <p>1: Lebendverbau</p> <p>2: Natursteine locker</p> <p>3: Holz</p> <p>4: Betongittersteine</p> <p>5: Natursteine dicht</p> <p>6: Mauer</p> <p>7: Andere / undurchlässig</p>

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: Röhricht, Ried 2: Wald 3: Bäume / Sträucher mit extensiver Wiese oder Hochstauden 4: Monotone Hochstaudenflur 5: Extensive Wiese ohne Bestockung 6: Alleeähnliche Bestockung 7: Vegetationslos / künstlich 8: Kies, Geröll, Fels 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
Äusserer Aspekt	
Kolmation ÄA	<p>Erhebung der Kolmation in 3 Klassen → MSK ÄA, 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</u> / <u>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.
Trübung ÄA	<p>Erhebung der Trübung in 3 Klassen → MSK ÄA, S. 14 - 15, Erhebung ohne Glasflasche:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1: Keine 2: Leicht / mittel 3: Stark
Fotos	<p>Der Abschnitt ist von der unteren (up) und oberen Abschnittsgrenze (down) aus zu fotografieren und die Fotos sind wie folgt abzuspeichern:</p> <p>NAWA-Stellen: CH_ID_KT_yyyymmdd_MP_UP z. B. CH_011_ZH_20170605_UP_1. Die ID (Identifikationsnummer) besteht bei NAWA-Stellen immer aus drei Ziffern.</p> <p>Projektstellen: KT_ID_yyyymmdd_MP_DOWN z. B. AG_011_20170712_DOWN_1.</p>

Bemerkungen	Verschiedene Informationen zum Untersuchungsabschnitt, z. B. zur Begehbarkeit, durchgeführten Entkrautungen oder zu terrestrischen Neophyten.
Gewässer watbar	Es ist anzukreuzen, ob das Gewässer im Untersuchungsabschnitt watbar ist (Ja = 1; Nein = 2). Wenn nein, ist weiter anzugeben, ob von beiden Ufern kartiert wird (Ja = 1; Nein = 2). Wenn <u>nicht</u> von beiden Ufern kartiert wird ist anzugeben, von welcher Seite die Kartierung erfolgt (links = 1; rechts = 2, in Fliessrichtung).
Entkrautung Sohle und Böschung	Es ist anzugeben, ob es Hinweise dafür gibt, dass die Sohle oder Böschung vor kurzem entkrautet wurde (Ja = 1; Nein = 2).
Terrestrische Neophyten	Es ist für beide Ufer getrennt anzugeben, ob terrestrische Neophyten vorkommen (Ja = 1; Nein = 2). Falls Neophyten vorkommen ist ihre Häufigkeit in drei Kategorien (Vereinzelt = 3; Häufig = 4; Massenhaft = 5) und im Bemerkungsfeld die Art anzugeben.
Kommentare	Kommentare zu Unregelmässigkeiten bei der Erhebung und zu Auffälligkeiten im Untersuchungsabschnitt, z. B. bei auffälligen Einleitungen, heterotrophem Bewuchs, auffälligen Algenarten wie z. B. Rotalgen, vermuteten Stau- oder Restwasserstrecken etc.

4.8 Zusammenstellung der Rohdaten

Für die weitere Auswertung werden die Rohdaten aus den Feldprotokollen gemäss den Vorlagen im digitalen Anhang „DA2 Vorlagen Datenzusammenstellung Standort- und Artdaten“ zusammengestellt und auf Vollständigkeit geprüft.

5 Typisierung

5.1 Überblick über den Ablauf der Typisierung

Überführung Daten in Auswertungs-Tool

Die gemäss Vorlagen (DA2) zusammengestellten Rohdaten werden in ein elektronisches Auswertungs-Tool überführt. Dieses sowie eine detaillierte Bedienungsanleitung sind Bestandteil des digitalen Anhangs DA3.

Auswertungs-Tool prüft Daten auf Vollständigkeit und Konsistenz

Das Auswertungs-Tool prüft die für die Typisierung und Bewertung zwingend erforderlichen Standort- und Vegetationsdaten auf Vollständigkeit und Konsistenz und stellt die kontrollierten Daten gemäss DA3 zusammen. Die durchgeführten Datenprüfungen sind in der Bedienungsanleitung des elektronischen Tools dokumentiert. Erhebungen mit fehlenden, falschen oder inkonsistenten Daten werden aufgelistet.

Ergänzung fehlender und Korrektur inkonsistenter Daten durch Kartierende

Untersuchungsabschnitte mit inkonsistenten oder fehlenden Daten müssen vom Bearbeiter oder der Bearbeiterin soweit möglich korrigiert oder aus dem Datensatz entfernt werden, wenn die für die Typisierung und Bewertung zwingend erforderlichen Parameter nicht nachträglich ergänzt werden können.

Typisierung und Zusammenstellung der Typisierungsgrössen durch Auswertungs-Tool

Anschliessend typisiert das Auswertungs-Tool die Untersuchungsabschnitte gemäss Typisierungsschema (Abbildung 13) und generiert für jeden Untersuchungsabschnitt eine Zusammenstellung verschiedener Typisierungsgrössen (Kapitel 5.4). Diese enthält den Vegetations-Flusstyp und zeigt auf, wie gut ein Untersuchungsabschnitt mit den anderen Vegetations-Flusstypen übereinstimmt.

5.2 Ziel der Typisierung

Weshalb eine Typisierung?

Makrophyten kommen nicht in allen Fließgewässern vor. Dort wo sie vorhanden sind, kann sich ihre Zusammensetzung zudem je nach Gewässertyp stark unterscheiden. Eine Bewertung der aquatischen Vegetation setzt deshalb Kenntnisse über die natürliche Vegetation in den verschiedenen Gewässertypen und damit eine Gewässertypisierung voraus.

Zusammenhang zwischen Standortfaktoren und Wuchsformenzusammensetzung

Die abiotischen Bedingungen in einem Gewässer bestimmen die Zusammensetzung, die Vielfalt und die Biomasse der aquatischen Vegetation an einem Standort ganz wesentlich. Nur Arten, deren ökologische Ansprüche erfüllt werden, können einen Standort besiedeln. Wasserpflanzen haben auf die herrschenden Umweltbedingungen mit morphologischen Anpassungen reagiert. Zwischen den ökologischen Ansprüchen einer Art^{36, 37} und der Wuchsform besteht ein Zusammenhang (Kapitel 2.3). Das Spektrum an Wuchsformen lässt entsprechend Rückschlüsse auf die vorherrschenden Standortbedingungen in einem Gewässer zu.

Ziel der Typisierung ist es, die Fließgewässer aufgrund weniger Standortfaktoren in Vegetations-Flusstypen zusammenzufassen, die eine vorhersagbare und möglichst einheitliche Vegetation haben.

Typisierung als Grundlage für die Bewertung

Die Vegetation in den unterschiedlichen Vegetations-Flusstypen wird mittels verschiedener vegetationsspezifischer Kenngrössen charakterisiert, welche ökologisch relevante Aspekte der Gemeinschaft widerspiegeln, z. B. die Artenzahl oder der absolute Deckungsgrad (=Biomasse). Diese Kenngrössen sollten innerhalb eines Typs möglichst konstant, d.h. unabhängig von natürlichen Umweltgradienten sein. Denn nur unter dieser Voraussetzung können durch anthropogene Einflüsse ausgelöste Veränderungen der vegetationsspezifischen Kenngrössen zur Beurteilung der Vegetation verwendet werden.

Herausforderungen

Je mehr Vegetations-Flusstypen gebildet werden, d.h. je feiner die Standortfaktoren unterteilt werden, desto einheitlicher wird die Vegetation innerhalb eines Typs. Gleichzeitig braucht es aber sehr viele Typen, um die Gesamtheit aller Standortfaktoren und Merkmalskombinationen abzudecken. Die Herausforderung bestand deshalb darin, so viele Vegetations-Flusstypen wie nötig und so wenige wie möglich zu bilden.

5.3 Entwicklung der Typisierung

Statistische Verfahren führen zu 5-9 Vegetations- Flusstypen

Arbeiten von Van de Weyer^{39, 40, 53} haben gezeigt, dass sich die Wuchsformenzusammensetzung zur Charakterisierung von Vegetationsaufnahmen eignet. Der Makrophyten-Datensatz Schweiz (Kapitel 3.3) wurde deshalb mittels multivariater Cluster-Analysen⁵⁴ basierend auf 1.) der Wuchsformenzusammensetzung und 2.) den Standortdaten nach Ähnlichkeit geordnet. Beide Analysen zeigten unabhängig voneinander, dass eine Auftrennung in 5 bis 9 Typen sinnvoll ist. Davon sind 3 bis 4 Typen reich an höheren Makrophyten, weisen eine charakteristische Wuchsformenzusammensetzung auf und sind meist auch im Feld eindeutig ansprechbar. Ebenfalls gut abgrenzbar sind von Moosen dominierte Typen. Typen mit heterogener Wuchsformenzusammensetzung und Typen mit wenig Vegetation sind dagegen schwieriger abzutrennen und zu charakterisieren. Wie zu erwarten zeigten die Analysen auch, dass fließende Übergänge zwischen den Gruppen bestehen.

Schlüsselgrößen der Typisierung

Die Auswertung der Zusammenhänge zwischen der Wuchsformenzusammensetzung und den verschiedenen Standortfaktoren zeigten, dass sich das **Gefälle**, der mittlere **Abfluss** und die mittlere **Wassertiefe**, die **Beschattung** und die **Substratzusammensetzung** sehr gut eignen, um die Vegetations-Flusstypen voneinander abzugrenzen.

Festlegung der Klassengrenzen

Die Klassengrenzen für die Standortfaktoren der verschiedenen Vegetations-Flusstypen wurden in einem iterativen Prozess festgelegt. Dabei wurde darauf geachtet, dass die Wuchsformenzusammensetzung innerhalb der verschiedenen Typen möglichst einheitlich ist und möglichst geringe Zusammenhänge zwischen vegetationsspezifischen Kenngrößen und Standortfaktoren auftreten.

Verifizierung Typisierung durch Fachleute

Die Entwicklung der Typisierung wurde von einer Gruppe von Fachleuten begleitet. Alle Vegetations-Flusstypen und insbesondere Typen mit schwacher Datenbasis, wurden in der Gruppe diskutiert und auf Plausibilität überprüft.

Bezug zur Fliessgewäs- sertypisierung der Schweiz

Bei der Entwicklung der vorliegenden Typisierung wurde zunächst überprüft, ob Zusammenhänge zwischen den 54 Gewässertypen der Fliessgewässertypisierung der Schweiz⁵⁵ und der Zusammensetzung der Vegetation erkennbar sind. Da dies nicht der Fall war, wurde die vorliegende Typisierung unabhängig von der Fliessgewässertypisierung der Schweiz entwickelt.

⁵³ 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.

⁵⁴ Wildi, O. 2010: Data analysis in vegetation ecology. John Wiley & Sons.

⁵⁵ Schaffner, M. et al. 2013: Fliessgewässertypisierung der Schweiz. Eine Grundlage für Gewässerbeurteilung und -entwicklung. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Wissen Nr. 1329: 63 S.

5.4 Typisierung und ihre Grenzen

Zuordnung zu einem Vegetations-Flusstyp

Das Typisierungsschema (Abbildung 13) zeigt, aufgrund welcher Kombinationen von Schlüsselgrössen und Klassengrenzen die Untersuchungsabschnitte den verschiedenen Vegetations-Flusstypen zugeordnet werden. Dabei wird zwischen Kerntypen, Übergangstypen und vegetationsarmen Typen unterschieden.

Beschattung	Beschattung < 50%			Beschattung ≥ 50%		
Substrat	Feinsubstrat (Korngrösse < 6.3 cm) in Abhängigkeit von Abfluss dominant			Grobsubstrat (Korngrösse > 6.3 cm) in Abhängigkeit von Abfluss dominant		Feinsubstrat
Gefälle	< 0.5 % wenig steil	mittel steil tief	≥ 0.5 - < 2 % mittel steil	0 - < 2 % wenig bis mittel steil	0 - X % wenig steil bis steil	0 - X % wenig steil bis steil
Tiefe	≥ 0.31 m tief	wenig steil wenig tief	< 0.31 m wenig tief	0 - X m wenig tief bis tief	0 - X m wenig tief bis tief	0 - X m wenig tief bis tief
Abfluss / Substrat 200 l/s < 40 % Grobsubstrat	KS	KS-KH	KH	KH-KM	KM	VA
≥ 200 - < 1000 l/s < 50 % Grobsubstrat	MS	MS-MH	MH	MH-MM	MM	VA
≥ 1000 - < 2000 l/s < 50 % Grobsubstrat	GS	VA	VA	VA	GM	VA
≥ 2000 - < 10'000 l/s < 60 % Grobsubstrat	SGS	VA	VA	VA	SGM	VA
	Kerntypen Submersen-Typen	Übergangs-Typen Submersen-Helophyten-Typen	Kerntypen Helophyten-Typen	Übergangs-Typen Helophyten-Moos-Typen	Kerntypen Moos-Typen	vegetationsarme Typen (VA)

Abbildung 13 Typisierungsschema

Die Namen der Vegetations-Flusstypen leiten sich aus der Grösse des Abflusses (K = klein; M = mittel; G = gross; SG = sehr gross) und den/r aspektbestimmenden Wuchsform/en ab (S = Submers; H = Helophyten; M = Moose); VA = vegetationsarme Typen.

Kerntypen

Die 10 Kerntypen sind in drei Gruppen zusammengefasst, in welchen jeweils eine Wuchsform (Kapitel 2.3) das Erscheinungsbild prägt: Submersen-Typen, die von aquatischen Wuchsformen dominiert werden, Helophyten-Typen und Moos-Typen. Die Wuchsformen-Zusammensetzung in den Kerntypen ist einheitlich und lässt sich aufgrund der herrschenden Standortbedingungen und den Ansprüchen der Wuchsformen relativ gut vorhersagen.

Übergangstypen

Die 4 Übergangstypen liegen bezüglich der Kombination von Standortfaktoren jeweils zwischen verschiedenen Kerntypen. Sie sind gute Lebensräume für verschiedene Wuchsformen, aber für keine Wuchsform optimal. Die Wuchsformen-Zusammensetzung lässt sich deshalb weniger präzise vorhersagen als in den Kerntypen.

Vegetationsarme Typen

Im Gegensatz zu den Kerntypen und Übergangstypen, wo aufgrund der vorherrschenden Standortfaktoren Wasserpflanzen erwartet werden, ist in vegetationsarmen Typen aufgrund ungünstiger Standortbedingungen nur wenig Vegetation zu erwarten, die kaum vorhersagbar ist.

Anwendungsbereich der Typisierung

Die Typisierung gilt grundsätzlich für Gewässer mit einem mittleren Jahresabfluss < 10'000 l/s (Kapitel 3.3). Bei unbeschatteten Gewässern werden Abschnitte bis zu einem Gefälle von 2 % berücksichtigt, bei beschatteten Gewässern wird nicht weiter nach Gefälle differenziert. Der Datensatz Schweiz, der für die Methodenentwicklung

	<p>verwendet wurde, enthielt eine stark unterschiedliche Anzahl Untersuchungsabschnitte pro Vegetations-Flusstyp (Anhang A1). Von grossen und sehr grossen Fliessgewässern lagen jeweils nur wenige Abschnitte vor. Die Abgrenzung der Vegetations-Flusstypen mit hohen Abflüssen ($> 1000 \text{ l/s}$) musste deshalb stärker auf Expertinnenwissen abgestützt werden als bei kleineren Gewässern, wo genügend Daten vorlagen.</p>
Typisierung versus fließende natürliche Übergänge	<p>Eine Typisierung mit festen Klassengrenzen wird den fließenden Übergängen in der Natur nie ganz gerecht. Untersuchungsabschnitte, die sich bezüglich einzelner Typisierungsparameter nahe an der Grenze zu einem benachbarten Typ befinden, können deshalb natürlicherweise eine andere Vegetation aufweisen als Untersuchungsabschnitte, die sich bezüglich der Standortfaktoren im Zentrum des Typs befinden. Eine Abweichung der Vegetation ist umso wahrscheinlicher, je näher ein Typisierungsparameter an der Grenze zu einem benachbarten Typ liegt.</p>
Ungenauere Schätzungen können zu falscher Typisierung führen	<p>Ungenauere Schätzungen der Typisierungsparameter können ebenfalls zu einer „falschen“ Einteilung führen. Dabei weisen sowohl die Schätzungen der Standortfaktoren im Feld als auch die GIS-basierten Werte (Abfluss, Gefälle) Fehlerbereiche auf. Die Fehlerbereiche für die im Feld erhobenen Parameter Wassertiefe, Anteil Steine und Beschattung wurden mittels einer Befragung der Experten und Expertinnen festgelegt. Die Fehlerbereiche für die GIS-basierten Werte mittlerer Abfluss und Gefälle wurden aufgrund eines Vergleichs verschiedener GIS-Modellen und unter Verwendung verschiedener Abschnittslängen abgeschätzt. Die modellierten Abfluss-Werte wurden zudem, wo vorhanden, mit hydrologischen Messwerten verglichen.</p>
Berechnung Typ-Wahrscheinlichkeiten nach Typisierungsschema	<p>Um den fließenden Übergängen in der Natur gerecht zu werden und die Ungenauigkeit der Schätzwerte zu berücksichtigen, werden sowohl die Typgrenzen als auch die gemessenen oder geschätzten Standortfaktoren als unsichere Grössen behandelt. Diese Unsicherheiten werden mittels abgeschnittenen Normal- oder Lognormalverteilungen quantifiziert. Für jeden Untersuchungsabschnitt resultiert dann anstelle eines eindeutigen Typs eine Wahrscheinlichkeitsverteilung über die Typen. Liegen alle Standortparameter im mittleren Bereich eines Typs, erhält dieser Typ eine hohe Wahrscheinlichkeit ($> 90 \%$). Falls aber einer oder mehrere Standortparameter nahe bei einer Typgrenze liegen, können relevante Wahrscheinlichkeiten ($> 10 \%$) für verschiedene Typen auftreten. Damit zeigen die Wahrscheinlichkeiten auf, wie gut ein Abschnitt aufgrund der Standortparameter und der Ungenauigkeit der Beobachtung mit den Vegetations-Flusstypen gemäss Typisierungsschema übereinstimmen. Details zu den verwendeten Standardabweichungen für die Typgrenzen und Beobachtungen sowie die Verteilungen zur Beschreibung der Unsicherheiten bei der Parameterschätzung und an den Klassengrenzen finden sich im digitalen Anhang DA4.</p>
Berechnung modifizierter Wahrscheinlichkeiten	<p>Als Hilfestellung für die Plausibilisierung und finale Typisierung werden die Wahrscheinlichkeiten für die einzelnen Typen gemäss Typisierungsschema (Abbildung 13) zu modifizierten Wahrscheinlichkeiten aggregiert. Diese modifizierten Wahrscheinlichkeiten zeigen auf, wie stark eine Untersuchungsstelle aufgrund der Standortfaktoren mit den Typen, denen eine Bewertungsfunktion zugewiesen ist, übereinstimmen. Dazu werden die Wahrscheinlichkeiten der Submersen-Helophyten-Übergangstypen den passenden Kerntypen zugeschlagen: beim Übergangstyp KS-KH wird je die Hälfte der Wahrscheinlichkeit des Übergangstyps zu den Wahrscheinlichkeiten der Kerntypen KS und KH addiert. Analog wird je die Hälfte der Wahrscheinlichkeit des Übergangstyp MS-MH zu den Kerntypen MS und MH addiert. Die berechneten modifizierten Typ-Wahrscheinlichkeiten weisen somit auf alternative</p>

Berechnung Wuchsformen-Wahrscheinlichkeiten

Vegetations-Flusstypen hin und werden als Hilfsmittel für die Plausibilisierung und endgültige Typeinteilung verwendet (Kapitel 7).

Zusätzlich werden die Wahrscheinlichkeiten für die Vegetations-Flusstypen pro Untersuchungsabschnitt auf Stufe Wuchsformen weiter zusammengefasst. Hierzu werden die Wahrscheinlichkeiten für Submersen-Kerntypen, Helophyten-Kerntypen und Moos-Kerntypen ohne Berücksichtigung der Abfluss-Grössenklasse aufsummiert. Für die Helophyten-Moos-Übergangstypen (KH-KM, MH-MM) erfolgt die Zuweisung der Wahrscheinlichkeiten zu den Kerntypen etwas differenzierter. Falls der Flussabschnitt wenig steil und wenig tief, oder steil und tief ist, wird die Wahrscheinlichkeit des Übergangstyps zu je einem Drittel den Kerntypen für Helophyten-, Submersen- und Moos-Typen derselben Grössenklasse zugewiesen (also je ein Drittel der Wahrscheinlichkeit für KH-KM wird zur Wahrscheinlichkeit für KS, KH und KM addiert und analog für MH-MM). Falls der Abschnitt tief und wenig steil ist, wird die Wahrscheinlichkeit je zur Hälfte den entsprechenden Kerntypen für Submersen- und Moostypen zugewiesen. Falls der Abschnitt wenig tief und steil ist, wird sie je zur Hälfte den entsprechenden Kerntypen für Helophyten- und Moosbäche zugewiesen. Eine detaillierte Auflistung der Intervallkombinationen und ihrer Zuteilung zu den verschiedenen Typen ist im digitalen Anhang DA4 gegeben. Die berechneten Wuchsformen-Wahrscheinlichkeiten zeigen somit auf, welche Wuchsform in einem Untersuchungsabschnitt auf Grund der Standortfaktoren am ehesten zu erwarten ist.

5.4.1 Endprodukte der Typisierung und Darstellung der Resultate

Die Typisierung und Wahrscheinlichkeitsberechnung erfolgt mit dem Auswertungstool. Als Endprodukt der Typisierung werden pro Untersuchungsabschnitt folgende Informationen gemäss DA3 zusammengestellt:

- T1. Vegetations-Flusstyp gemäss Typisierungsschema in Abbildung 13. Bei Typen mit eigener Wertfunktion wird dieser Typ standardmässig für die Bewertung verwendet.
- T2. Vegetations-Flusstyp gemäss Typisierungsschema, welcher die höchste Wahrscheinlichkeit aufweist.
- T3. Vegetations-Flusstyp der für die Bewertung verwendet wird. Bei Typen mit eigener Wertfunktion entspricht dies standardmässig dem Typ gemäss Typisierungsschema (T1). Bei den Helophyten-Submersen-Übergangstypen entspricht es dem angrenzenden Kerntyp mit der höchsten modifizierten Wahrscheinlichkeit.
- T4. Wahrscheinlichster Vegetations-Flusstyp aufgrund der berechneten modifizierten Typ-Wahrscheinlichkeiten.
- T5. In diesen Spalten werden die Wahrscheinlichkeiten für die Vegetations-Flusstypen pro Untersuchungsabschnitt auf Stufe Wuchsformen zusammengefasst.
- T6. In diesen Spalten werden für jeden Untersuchungsabschnitt die modifizierten Wahrscheinlichkeiten für alle Typen mit Wertfunktion angegeben.
- T7. In diesen Spalten werden für jeden Untersuchungsabschnitt die Wahrscheinlichkeiten für alle Typen nach Typisierungsschema angegeben.

Die Benennung der verschiedenen Vegetations-Flusstypen und ihre Darstellung erfolgen aufgrund Tabelle 5.

Tabelle 5 Name, Kürzel und Farben-Formen-Schema zur Darstellung der verschiedenen Vegetations-Flusstypen

Typ	Kürzel	Farbe Symbol	RGB-Werte
kleiner Submersen-Typ	KS	●	148/32/146
mittlerer Submersen-Typ	MS	●	148/32/146
grosser Submersen-Typ	GS	●	148/32/146
sehr grosser Submersen-Typ	SGS	●	148/32/146
kleiner Submersen-Helophyten-Typ	KS-KH	◆	117/83/194
mittlerer Submersen-Helophyten-Typ	MS-MH	◆	117/83/194
kleiner Helophyten-Typ	KH	◆	49/132/155
mittlerer Helophyten-Typ	MH	◆	49/132/155
kleiner Helophyten-Moos-Typ	KH-KM	■	139/139/139
mittlerer Helophyten-Moos-Typ	MH-MM	■	139/139/139
kleiner Moos-Typ	KM	▲	123/64/55
mittlerer Moos-Typ	MM	▲	123/64/55
grosser Moos-Typ	GM	▲	123/64/55
sehr grosser Moos-Typ	SGM	▲	123/64/55
vegetationsarmer Typ	VA	+	255/209/142

5.5 Die Vegetations-Flusstypen

Hauptverbreitung der Vegetations-Flusstypen

In den Kapiteln 5.5.1 bis 5.5.6 werden die verschiedenen Vegetations-Flusstypen anhand von Fotos, einer verbalen Beschreibung und den wichtigsten morphologischen und vegetationsspezifischen Kenngrössen charakterisiert. Zur Charakterisierung der Vegetations-Flusstypen wären morphologisch, hydrologisch und stofflich unbelastete Gewässerabschnitte notwendig. Solche sind jedoch für viele Vegetations-Flusstypen im vorliegenden Datensatz kaum vorhanden. Makrophyten haben ihre Hauptverbreitung in unbeschatteten Gewässern mit kleinem oder mittlerem Gefälle. Solche Gewässer befinden sich meist in Einzugsgebieten, die intensiv landwirtschaftlich genutzt werden und dicht besiedelt sind, weshalb unbeeinflusste Gewässerabschnitte selten sind.

Auswahl von Referenzabschnitten für die Charakterisierung

Die Auswertungen der vorhandenen Daten zeigten Zusammenhänge zwischen dem Zustand der Vegetation und dem ökomorphologischen Zustand. Zusammenhänge zwischen der Vegetation und Parametern, die eine stoffliche Belastung widerspiegeln, wurden kaum festgestellt. Für die Charakterisierung wurden deshalb in einem ersten Schritt jeweils die am wenigsten stark morphologisch beeinträchtigten Gewässerabschnitte eines Vegetation-Flusstyps ausgewählt. Diese Referenzabschnitte

Charakterisierung der Vegetations-Flusstypen anhand der Referenzabschnitte

Vergleich bester mit schlechtesten Abschnitten zeigt Zusammenhänge zwischen anthropogener Belastung und Zustand Vegetation

mussten einen mindestens guten ökomorphologischen Zustand und zugleich eine eingeschränkte respektive mässig bis ausgeprägte Breiten- und Tiefenvariabilität aufweisen. Wenn bei der Plausibilisierung Zweifel an der ökomorphologischen Beurteilung oder der Vollständigkeit der Kartierung aufkamen, wurden die Abschnitte ausgeschlossen. Um mindestens 10 Referenzabschnitte pro Vegetations-Flusstyp in der Auswahl zu haben, mussten bei einigen Typen vereinzelt auch Abschnitte mit stark beeinträchtigtem ökomorphologischem Zustand zugelassen werden.

Anschliessend wurden von diesen morphologisch besten Abschnitten 30 % der Abschnitte mit dem höchsten Anteil Landwirtschaft im Einzugsgebiet entfernt. Damit wurden nur die morphologisch besten Abschnitte mit der geringsten stofflichen Belastung durch die Landwirtschaft als Referenzabschnitte berücksichtigt.⁵⁶ Diese Referenzabschnitte wiesen dabei meist auch den geringsten Abwasseranteil innerhalb des Typs auf.

Die Charakterisierung beruht damit je nach Vegetations-Flusstyp auf einer unterschiedlichen Anzahl Gewässerabschnitte unterschiedlicher anthropogener Belastung und zeigt die mittlere Ausprägung der Kenngrössen anhand der ökomorphologisch besten und landwirtschaftlich möglichst gering belasteten Abschnitte auf. In den Tabellen 6 - 11 sind die wichtigsten Kenngrössen aufgeführt. Bei den Standortparametern, welche für die Typisierung verwendet werden, liegen die aufgeführten Minima und Maxima in Einzelfällen ausserhalb der Wertebereiche für die Vegetations-Flusstypen gemäss Typisierungsschema (Abbildung 13). Dies liegt daran, dass für die Charakterisierung der Referenzabschnitte die plausibilisierte Typzuweisung verwendet wurde (Kapitel 7). Umteilungen in einen alternativen Flusstyp haben zur Folge, dass der Untersuchungsabschnitt in Bezug auf einzelne Typisierungsparameter von der Einteilung gemäss Typisierungsschema abweicht. DA5 enthält eine Zusammenstellung aller Standortparameter, Vegetations-Kenngrössen und menschlicher Belastungsparameter für die Referenz- und die am stärksten anthropogen belasteten Abschnitte. Die Parameter für die ökomorphologische Beurteilung, die landwirtschaftliche Landnutzung im Einzugsgebiet und den Abwasseranteil erlauben einen Vergleich der anthropogenen Belastung der zur Charakterisierung verwendeten Abschnitte in den verschiedenen Vegetations-Flusstypen.

Um Zusammenhänge zwischen der anthropogenen Belastung und der Vegetation zu erkennen, wurden für jeden Vegetations-Flusstyp die Referenzabschnitte mit den anthropogen am stärksten beeinträchtigten Abschnitten verglichen. Letztere umfassen die 70 % landwirtschaftlich am stärksten belasteten Abschnitte, welche die Anforderungen an den ökomorphologischen Zustand für die Referenzabschnitte nicht erfüllen. Die digitalen Anhänge DA5 und DA6 zeigen den Vergleich der Standortparameter, Vegetations-Kenngrössen und menschlichen Belastungsparametern zwischen den Referenzabschnitten und den anthropogen am stärksten belasteten Abschnitten. Eine Zusammenfassung dieser Auswertungen auf Stufe Wuchsformen-Gruppen (Submersen-Typen, Helophyten-Typen, etc.) befindet sich in Anhang A7.

⁵⁶ Kunz, M. et al. 2016: Zustand der Schweizer Fliessgewässer. Ergebnisse der Nationalen Beobachtung Oberflächengewässerqualität (NAWA) 2011–2014. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Zustand Nr. 1620: 87 S.

5.5.1 Die Submersen-Typen (KS, MS, GS, SGS)



KS: Graben zwischen Schwendiseen (SG)



MS: Chriesbach (ZH)



GS: Urtenen (BE)



SGS: Rheintaler Binnenkanal (SG)

Abbildung 14 Beispiele von Submersen-Kerntypen

Charakterisierung Standortverhältnisse

Bei den Submersen-Typen handelt es sich um unbeschattete Gewässer mit geringem Gefälle und einer mittleren Wassertiefe (Tabelle 6, DA5). Das Sohlensubstrat besteht überwiegend aus feinkörnigen Fraktionen wie Kies und kleineren Steinen (< 6.3 cm Durchmesser) oder enthält hohe Anteile an organischen Feinsedimenten (Abbildung 15). Dabei steigen der Anteil Grobsubstrat, die Gewässerbreite und die Flussordnungszahl mit zunehmendem Abfluss. Aufgrund des Abflusses können vier verschiedene Typen unterschieden werden. Da vom grossen Submersen-Typ (GS) zu wenig Gewässerabschnitte im Datensatz vorhanden waren und diese bezüglich Abfluss näher beim mittleren als beim sehr grossen Submersen-Typ lagen, wird der grosse Submersen-Typ für die Charakterisierung und die spätere Bewertung mit dem mittleren Submersen-Typ (MS) zusammengefasst.

Charakterisierung Vegetation

Das Erscheinungsbild wird in allen Typen von aquatischen Pflanzen geprägt, die einen substantiellen Anteil der Sohle bedecken (Abbildung 15). Im Uferbereich wachsen im wenig tiefen und langsam fliessenden Wasser Helophyten, die im tieferen Wasser von aquatischen Pflanzen abgelöst werden. In den kleinen (KS), mittleren und grossen Submersen-Typen kann aufgrund der Tiefe und Strömungsverhältnisse der gesamte Gewässerquerschnitt von Pflanzen besiedelt werden, während im sehr grossen Typ (SGS) die Pflanzen meist nur noch entlang der Ufer wachsen. Moose kommen vereinzelt mit geringer Deckung auf lagestabilem Substrat vor. Die Gesamtdeckung im sehr grossen Submersen-Typ ist deutlich geringer als in den kleineren

Submersen-Typen. Die Submersen-Typen sind floristisch gesehen die interessantesten Vegetations-Flusstypen. Hier sind am meisten prioritäre Arten und die höchste Anzahl Taxa und Wuchsformen zu finden. Der kleine Submersen-Typ (KS) stellt unter den Submersen-Typen ein Spezialfall dar, da aufgrund natürlicher Gegebenheiten nicht immer aquatische Arten vorhanden sein müssen (Kapitel 7.2.2).

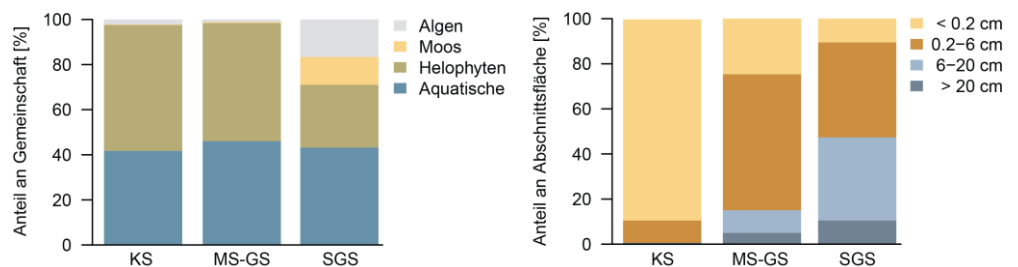


Abbildung 15 Mittlere (Median) relative Häufigkeit der Wuchsformen (links) und Substratzusammensetzung nach Korngrößenklassen (rechts) in den kleinen (KS), mittleren bis grossen (MS-GS) und sehr grossen Submersen-Typen (SGS).

Anthropogene Beeinträchtigungen der Submersen-Typen

Submersen-Typen finden wir hauptsächlich in den Talebenen des Mittellandes, aber auch in Talebenen von höher gelegenen Gebieten. Diese Täler werden meist landwirtschaftlich intensiv genutzt und sind dicht besiedelt. Submersen-Typen sind deshalb meist sowohl morphologisch wie auch in stofflicher Hinsicht belastet. Dies zeigt auch der ökomorphologische Zustand (Tabelle 6) der zur Charakterisierung verwendeten Abschnitte. Bei den Untersuchungsabschnitten in gutem ökomorphologischem Zustand handelt es sich häufig um revitalisierte Gewässerabschnitte. Grosse und sehr grosse Submersen-Typen waren im vorhandenen Datensatz nur mit wenigen Abschnitten in meist ungenügendem ökomorphologischem Zustand vertreten. Der Vergleich der zur Charakterisierung verwendeten Referenzabschnitte mit den stärker beeinträchtigten Abschnitten (Anhang A7) zeigt, dass:

- in den Referenzabschnitten die Anzahl Taxa und Wuchsformen von Helophyten und aquatischen Arten sowie die Artqualität der Makrophyten höher sind. Als Mass für die Artqualität dient dabei die Anzahl gewässertypischer Taxa im Abschnitt (Taxa, denen Leitwert zugeordnet ist).
- in den stärker belasteten Abschnitten einzelne Taxa vermehrt dominant auftreten.
- die relative Häufigkeit der Helophyten mit zunehmendem Verbau des Gewässers zurückgeht, und gleichzeitig in einigen Vegetations-Flusstypen die relative Häufigkeit aquatischer Makrophyten mit zunehmendem Verbau des Gewässers auf Kosten der Helophyten zunimmt.

Tabelle 6 Charakterisierung der Submersen-Typen (KS, MS-GS, SGS) anhand der wichtigsten Standort- und Vegetationsparameter sowie menschlichen Einflussfaktoren. Angegeben sind der Median, das Minimum und das Maximum der Referenz-Stellen (Anzahl Referenzstellen in Klammer hinter dem Vegetations-Flusstyp).

Parameter (Einheit)		Submersen-Typen								
		KS (7)			MS-GS (7)			SGS (7)		
Standortparameter		Med.	Min	Max	Med.	Min	Max	Med.	Min	Max
Beschattung	%	12.5	1.0	62.5	12.5	0.0	62.5	12.5	0.0	37.5
Steinanteil	%	5.0	0.0	70.5	19.2	4.0	56.0	50.0	40.0	60.0
Gefälle (GIS)	%	0.29	<0.01	0.87	0.43	0.05	0.46	0.04	<0.01	0.11
Tiefe Mittel	m	0.45	0.10	0.80	0.40	0.20	0.70	0.60	0.30	1.00
Tiefe Max	m	0.60	0.30	1.00	0.90	0.40	1.10	0.90	0.45	1.80
Abfluss	l/s	48	4	276	568	319	1189	7820	3100	8580
Sohlenbreite	m	2.5	2.0	4.0	7.0	3.0	10.0	10.0	4.0	20.0
FLOZ	-	2.5	1	3	3	1	4	6	4	6
Vegetation		Med.	Min	Max	Med.	Min	Max	Med.	Min	Max
Absolute Deckung										
Aquatische	%	21.3	7.4	38.7	33.0	14.1	59.5	17.5	4.0	34.8
Helophyten	%	30.0	6.5	58.2	21.1	6.1	45.8	5.7	0.0	28.4
Moose	%	0.1	0.0	1.5	0.2	0.0	0.8	5.0	0.2	12.6
Algen	%	1.8	0.0	39.6	0.5	0.0	38.2	3.1	0.2	23.3
Anzahl Arten										
Aquatische	-	2	1	6	3	1	5	3	2	6
Helophyten	-	9	4	13	7	3	11	3	0	7
Moose	-	2	0	2	1	0	2	1	1	3
Anzahl Wuchsformen										
Aquatische	-	2	1	6	3	1	4	2	2	5
Helophyten	-	4	3	7	4	2	5	2	0	4
Menschliche Einflüsse		Med.	Min	Max	Med.	Min	Max	Med.	Min	Max
Ökomorphologie ¹	-	0.75	0.66	0.85	0.81	0.71	0.90	0.53	0.40	0.95
Landwirtschaft EZG ²	%	38.8	21.5	49.5	31.2	0.4	44.0	38.7	34.0	46.5
Abwasseranteil ²	%	1.6	0.0	19.2	12.8	0.0	17.9	0.9	0.0	14.8

¹ Ökomorphologische Gesamtbewertung nach Modul Ökomorphologie Stufe F, 1 = sehr guter, 0 = ungenügender Zustand; ² Quelle: Bundesamt für Umwelt (BAFU), Gewässerabschnittsbasierte Einzugsgebietsgliederung der Schweiz GAB-EZGG-CH, Stand 2014

5.5.2 Die Helophyten-Typen (KH, MH)



KH: Ländenbach (ZH)

MH: Worble (BE)

Abbildung 16 Beispiele von Helophyten-Kerntypen

Charakterisierung Standortverhältnisse

Bei den Helophyten-Typen handelt es sich um unbeschattete Gewässer mit einem höheren Gefälle und einer kleineren Wassertiefe (Tabelle 7, DA5) als bei den Submersen-Typen. Das Sohlensubstrat besteht überwiegend aus Kies und Steinen (Abbildung 17) und ist damit etwas grobkörniger als in den Submersen-Typen der gleichen Abflussklasse während die Gewässerbreite und der Abfluss etwas kleiner sind. Aufgrund des Abflusses werden zwei verschiedene Typen unterschieden, die sich hinsichtlich der Vegetation graduell unterscheiden.

Charakterisierung Vegetation

Das Erscheinungsbild wird in beiden Typen von Helophyten geprägt (Abbildung 17). In den kleinen (KH) und weniger steilen Helophyten-Typen kann die Gewässersohle fast vollständig von Pflanzen bedeckt sein. In den steileren kleinen und mittleren Helophyten-Typen (MH) ist die Gesamtdeckung geringer, da die Helophyten nur den Uferbereich besiedeln wo die Strömungsgeschwindigkeiten gering sind. Aquatische Arten kommen in Helophyten-Typen nur vereinzelt und mit geringer Deckung vor, weil diese Standorte mit kleinerem Gefälle und höherer Wassertiefe bevorzugen. Die floristische Zusammensetzung ist an den meisten Standorten relativ einheitlich und artenarm und nur vereinzelt treten prioritäre Arten auf.

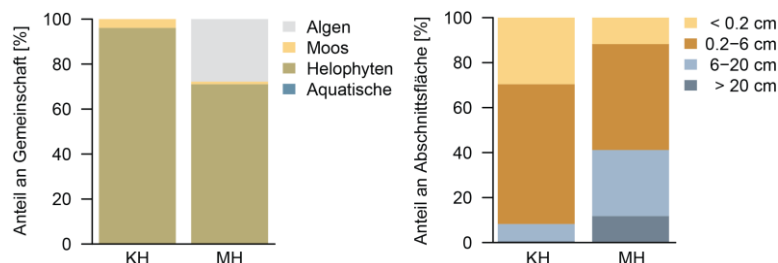


Abbildung 17 Mittlere (Median) relative Häufigkeit der Wuchsformen (links) und Substratzusammensetzung nach Korngrößenklassen (rechts) in den kleinen (KH) und den mittleren Helophyten-Typen (MH).

Anthropogene Beeinträchtigungen der Helophyten-Typen

Auch die Helophyten-Typen mit ihrem moderaten Gefälle haben ihre Hauptverbreitung in landwirtschaftlich genutzten und besiedelten Gebieten und sind deshalb sowohl morphologisch wie auch in stofflicher Hinsicht häufig belastet. Bei den mittleren Helophyten-Typen in gutem ökomorphologischen Zustand handelt es sich häufig

um revitalisierte Abschnitte, während bei den kleinen Helophyten-Typen vereinzelt auch nicht revitalisierte naturnahe Abschnitte vorkommen. Der Vergleich der Referenzabschnitte mit den stärker anthropogen belasteten Abschnitten (Anhang A7) zeigt, dass:

- in den Referenzabschnitten die Anzahl Taxa und Wuchsformen, die absolute und relative Häufigkeit von Helophyten sowie die Artqualität höher sind.
- die relative Häufigkeit der Helophyten, wie in den Submersen-Typen, mit zunehmendem Verbau zurückgeht.
- in den stärker belasteten Abschnitten die Anzahl Taxa und die Artqualität der Moose sowie ihr Anteil an der Gesamtdeckung höher sind. Verbauungen können den Anteil an lagestabilem Substrat erhöhen, wovon Moose profitieren.

Tabelle 7 Charakterisierung der Helophyten-Typen (KH, MH) anhand der wichtigsten Standort- und Vegetationsparameter sowie menschlichen Einflussfaktoren. Angegeben sind der Median, das Minimum und das Maximum der berücksichtigten Referenzstellen (Anzahl Referenzstellen in Klammer hinter dem Vegetations-Flusstyp).

Parameter (Einheit)		Helophyten-Typen					
		KH (16)			MH (13)		
Standort		Med.	Min	Max	Med.	Min	Max
Beschattung	%	25.0	0.0	70.0	12.5	0.0	40.0
Steinanteil	%	10.0	0.0	90.0	40.0	0.0	100.0
Gefälle (GIS)	%	1.31	0.60	4.98	0.74	<0.01	1.53
Tiefe Mittel	m	0.15	0.04	0.50	0.25	0.15	0.70
Tiefe Max	m	0.35	0.08	0.70	0.60	0.25	1.20
Abfluss	l/s	46	7	231	378	8	1700
Sohlenbreite	m	1.2	0.4	7.0	4.0	1.5	12.0
FLOZ	-	2	1	4	3	1	5
Vegetation		Med.	Min	Max	Med.	Min	Max
Absolute Deckung							
Aquatische	%	0.0	0.0	9.9	0.0	0.0	7.3
Helophyten	%	30.8	6.6	85.1	32.5	1.2	79.0
Moose	%	1.4	0.0	11.4	0.3	0.0	24.0
Algen	%	0.0	0.0	22.5	5.7	0.0	90.0
Anzahl Arten							
Aquatische	-	0	0	2	1	0	2
Helophyten	-	6	3	15	4	3	12
Moose	-	1	0	5	2	0	4
Anzahl Wuchsformen							
Aquatische	-	0	0	2	1	0	2
Helophyten	-	3	2	6	3	2	5
Menschliche Einflüsse		Med.	Min	Max	Med.	Min	Max
Ökomorphologie ¹	-	0.73	0.63	0.92	0.82	0.50	0.93
Landwirtschaft EZG ²	%	44.1	5.2	55.0	39.8	17.6	49.1
Abwasseranteil ²	%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.6

¹ Ökomorphologische Gesamtbewertung nach Modul Ökomorphologie Stufe F, 1 = sehr guter, 0 = ungenügender Zustand; ² Quelle: Bundesamt für Umwelt (BAFU), Gewässerabschnittsbasierte Einzugsgebietsgliederung der Schweiz GAB-EZGG-CH, Stand 2014.

5.5.3 Die Moos-Typen (KM, MM, GM, SGM)

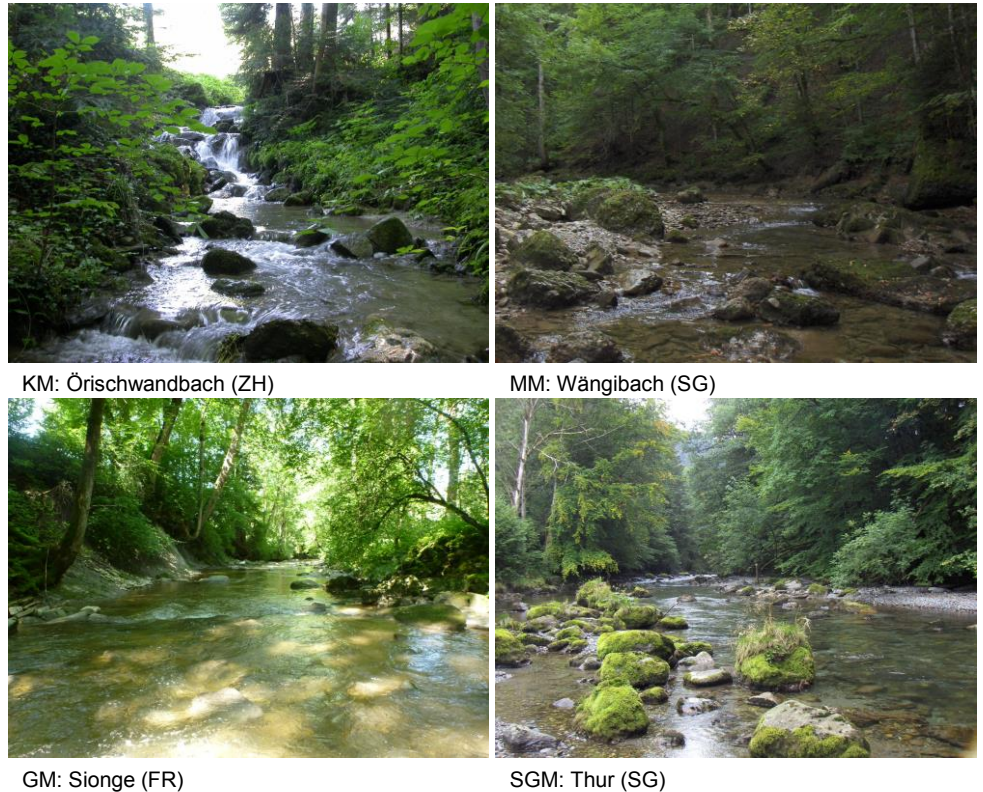


Abbildung 18 Beispiele von Moos-Kerntypen

Charakterisierung Standortverhältnisse

Bei den Moos-Typen handelt es sich um wenig tiefe, beschattete Gewässer mit einer von Grobsubstrat dominierten Gewässersohle (Tabelle 8, Abbildung 19). Der kleine Moos-Typ (KM) und insbesondere die zur Charakterisierung verwendeten Abschnitte mit dem besten ökomorphologischen Zustand haben ein deutlich höheres Gefälle (DA5) als die Typen mit höherem Abfluss (MM-GM-SGM). Moose wachsen auf lagestabilem Substrat. In regelmässig geschiebeführenden Gewässern sind sie nur an strömungsgeschützten Stellen zu finden, wo sie bei Geschiebetrieb nicht zermalmt oder abgerissen werden. Die Stabilität der Gewässersohle ist vom Gefälle, der Substratzusammensetzung und dem Abflussregime abhängig. Direkte Zusammenhänge zwischen diesen drei Grössen und der Moosverbreitung konnten nicht gefunden werden, jedoch hat sich der Anteil Steine (> 6.3 cm Durchmesser) zusammen mit der Beschattung als am besten geeignet erwiesen, um die Moos-Typen von den anderen Vegetations-Flusstypen abzugrenzen. Aufgrund des Abflusses können vier verschiedene Typen unterschieden werden. Mangels einer genügend hohen Anzahl Abschnitte für den mittleren, grossen und sehr grossen Moosbach (MM, GM, SGM) werden diese Typen für die Charakterisierung und die spätere Bewertung zusammengefasst (MM-GM-SGM).

Charakterisierung Vegetation

Das Erscheinungsbild wird in allen Typen von Moosen geprägt (Abbildung 19). Im Gegensatz zu den Submersen- und Helophyten-Typen, wo grosse Mengen von pflanzlicher Biomasse gebildet werden können, sind die Moos-Typen in der Regel

deutlich weniger produktiv. Moose bedecken meist nur einen kleinen Anteil der Gewässersohle. Die Anzahl Moostaxa steigt mit zunehmender Gewässergrösse. Neben Moosen, kommen regelmässig Helophyten vor, allerdings nur mit geringer Deckung.

Tabelle 8 Charakterisierung der Moos-Typen (KM, MM-GM-SGM) anhand der wichtigsten Standort- und Vegetationsparameter sowie menschlichen Einflussfaktoren. Angegeben sind der Median, das Minimum und das Maximum der Referenz-Stellen (Anzahl Referenzstellen in Klammer hinter dem Vegetations-Flusstyp).

Parameter (Einheit)		Moos-Typen					
		KM (14)			MM-GM-SGM (9)		
Standort		Med.	Min	Max	Med.	Min	Max
Beschattung	%	90.0	60.0	100.0	70.0	12.5	87.5
Steinanteil	%	67.5	25.0	82.5	60.0	40.0	73.0
Gefälle (GIS)	%	7.11	1.24	18.25	1.00	0.23	12.77
Tiefe Mittel	m	0.10	0.05	0.20	0.35	0.10	0.70
Tiefe Max	m	0.40	0.10	1.00	0.70	0.30	1.50
Abfluss	l/s	29	5	93	3280	283	5530
Sohlenbreite	m	2.8	1.0	9.0	12.0	8.0	30.0
FLOZ	-	2	1	4	4	1	7
Vegetation		Med.	Min	Max	Med.	Min	Max
Absolute Deckung							
Aquatische	%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6
Helophyten	%	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	6.5
Moose	%	4.5	0.5	18.0	4.1	1.8	21.6
Algen	%	0.0	0.0	4.5	0.3	0.0	15.2
Anzahl Arten							
Aquatische	-	0	0	0	0	0	1
Helophyten	-	0	0	1	0	0	4
Moose	-	3	3	8	7	4	9
Anzahl Wuchsformen							
Aquatische	-	0	0	0	0	0	1
Helophyten	-	0	0	1	0	0	3
Menschliche Einflüsse		Med.	Min	Max	Med.	Min	Max
Ökomorphologie ¹	-	1.00	0.85	1.00	0.83	0.74	1.00
Landwirtschaft EZG ²	%	31.3	0.0	46.9	34.7	25.5	44.8
Abwasseranteil ²	%	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	2.5

¹ Ökomorphologische Gesamtbewertung nach Modul Ökomorphologie Stufe F, 1 = sehr guter, 0 = ungenügender Zustand; ² Quelle: Bundesamt für Umwelt (BAFU), Gewässerabschnittsbasierte Einzugsgebietsgliederung der Schweiz GAB-EZGG-CH, Stand 2014.

Anthropogene Beeinträchtigungen der Moos-Typen

Die Moos-Typen haben ihre Hauptverbreitung im steileren Gelände, im Wald, in Tobeln und Schluchten. Wir finden in diesen Typen deshalb einen höheren Anteil an nicht revitalisierten und dennoch naturnahen Fließgewässern als bei den Helophyten- und Submersen-Typen. Die landwirtschaftliche Nutzung im Einzugsgebiet als Mass für die stoffliche Belastung dagegen ist vergleichbar. Der Vergleich der Referenzabschnitte mit den stärker anthropogen belasteten Abschnitten (Anhang A7) zeigt, dass:

- in den Referenzabschnitten die Anzahl und Artqualität der Moose sowie der Anteil Moose an der Gesamtdeckung höher sind.
- der Anteil Algen an der Gesamtdeckung und die absolute Deckung der Algen in den anthropogen stärker beeinträchtigten Abschnitten höher sind.

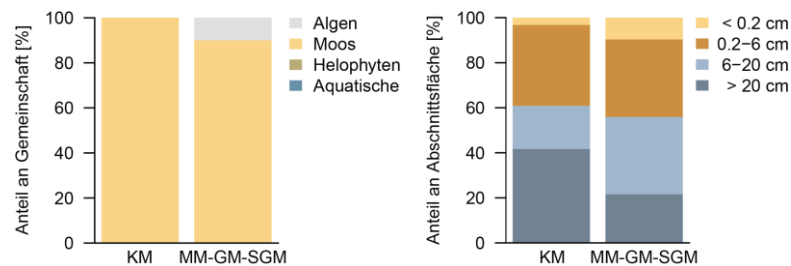


Abbildung 19 Mittlere (Median) relative Häufigkeit der Wuchsformen (links) und Substratzusammensetzung nach Korngrößenklassen (rechts) in den kleinen (KM) und den mittleren bis sehr grossen Moos-Typen (MM-GM-SGM).

5.5.4 Die Submersen-Helophyten-Übergangstypen (KS-KH, MS-MH)



KS-KH: Harberenbach (ZH)

MS-MH: Seegraben (SG)

Abbildung 20 Beispiele von Submersen-Helophyten-Übergangstypen

Charakterisierung Standortverhältnisse

Bei den Submersen-Helophyten-Übergangstypen handelt es sich um unbeschattete Gewässer mit einer von feinkörnigem Substrat dominierten Gewässersohle (Tabelle 9, Abbildung 21, DA5). 88 % der bisher untersuchten Abschnitte dieses Typs wiesen ein kleines Gefälle und eine kleine Wassertiefe, 12 % aller Abschnitte eine mittlere Wassertiefe und ein mittleres Gefälle auf. Die Charakterisierung erfolgt aufgrund der besten Abschnitte beider Merkmalskombinationen zusammen. Beide Kombinationen lassen ein Wachstum von Submersen und Helophyten zu. Weil die dominierende Wuchsform weniger gut vorhergesagt werden kann als bei den Submersen- oder Helophyten-Typen, werden sie Übergangstypen genannt. Aufgrund des Abflusses werden zwei verschiedene Typen unterschieden, die sich hinsichtlich der Vegetation graduell unterscheiden.

Charakterisierung Vegetation

Kommen aquatische Arten vor, sehen die Abschnitte den Submersen-Typen ähnlich, kommen nur Helophyten vor, entspricht die Erscheinungsform den Helophyten-Typen. Während in Abschnitten mit kleinem Gefälle und kleiner Wassertiefe Helophyten ideale Wachstumsbedingungen vorfinden, sind aquatische Arten aufgrund der geringen Wassertiefe nicht unbedingt zu erwarten. Dennoch treten in 45 % der Abschnitte aquatische Arten auf. Diese Abschnitte weisen eine höhere Wassertiefe (Median = 0.22 m) als die Abschnitte ohne aquatische Arten auf (Median 0.15) und zeigen einmal mehr die natürlichen Übergänge, die zwischen den verschiedenen Typen bestehen. Die Taxazahlen sowie der Anteil aquatischer Arten und Helophyten zeigen den intermediären Charakter ebenfalls. Diese Übergangstypen werden zwar als separate Typen ausgeschieden, werden aber bei der anschliessenden Bewertung (Kapitel 6.5.2) in Abhängigkeit der berechneten Typwahrscheinlichkeiten entweder als Submersen-Typen oder als Helophyten-Typen bewertet.

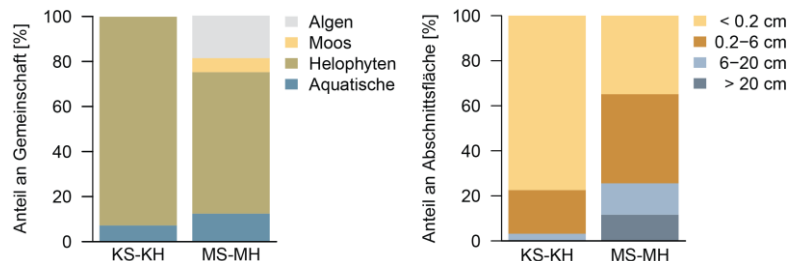


Abbildung 21 Mittlere (Median) relative Häufigkeit der Wuchsformen (links) und Substratzusammensetzung nach Korngrößenklassen (rechts) in den kleinen (KS-KH) und mittleren (MS-MH) Submersen-Helophyten-Typen.

Anthropogene Beeinträchtigungen der Submersen-Helophyten-Typen

Der Vergleich der Referenzabschnitte mit den stärker anthropogen belasteten Abschnitten (Anhang A7) zeigt ähnliche, aber weniger deutliche Zusammenhänge als bei den Submersen- und Helophyten-Typen:

- in den Referenzabschnitten sind die Anzahl Taxa und Wuchsformen der aquatischen Arten höher.
- die absolute Deckung der Helophyten sind in den Referenzabschnitten tendenziell höher als in den stärker belasteten Abschnitten.
- in den stärker belasteten Abschnitten ist die Dominanz einzelner Taxa höher.

Tabelle 9 Charakterisierung der Submersen-Helophyten-Typen (KS-KH, MS-MH) anhand der wichtigsten Standort- und Vegetationsparameter sowie menschlichen Einflussfaktoren. Angegeben sind der Median, das Minimum und das Maximum der Referenzstellen (Anzahl Referenzstellen in Klammer hinter dem Vegetations-Flusstyp).

Parameter (Einheit)		Submersen-Helophyten-Typen					
		KS-KH (10)			MS-MH (4)		
Standort		Med.	Min	Max	Med.	Min	Max
Beschattung	%	11.3	0.0	40.0	12.5	0.0	37.5
Steinanteil	%	7.5	0.0	30.0	15.0	0.0	40.0
Gefälle (GIS)	%	0.26	0.10	0.67	0.41	0.01	0.65
Tiefe Mittel	m	0.18	0.05	0.40	0.30	0.25	0.80
Tiefe Max	m	0.40	0.10	0.50	0.50	0.40	1.00
Abfluss	l/s	42	13	151	480	231	697
Sohlenbreite	m	2.0	0.5	3.0	3.0	2.0	6.0
FLOZ	-	2	1	2	3	2	4
Vegetation		Med.	Min	Max	Med.	Min	Max
Absolute Deckung							
Aquatische	%	5.9	0.0	23.8	6.6	0.0	54.6
Helophyten	%	59.3	10.0	85.5	22.9	1.8	72.6
Moose	%	0.0	0.0	2.7	0.9	0.0	3.5
Algen	%	0.5	0.0	13.3	4.4	0.3	26.4
Anzahl Arten							
Aquatische	-	1	0	4	1	0	3
Helophyten	-	6	1	11	4	2	7
Moose	-	0	0	2	1	0	2
Anzahl Wuchsformen							
Aquatische	-	1	0	4	1	0	3
Helophyten	-	3.5	1	5	2	2	4
Menschliche Einflüsse		Med.	Min	Max	Med.	Min	Max
Ökomorphologie ¹	-	0.77	0.50	0.93	0.64	0.47	0.93
Landwirtschaft EZG ²	%	32.7	18.6	56.0	37.2	31.2	46.2
Abwasseranteil ²	%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.0

¹ Ökomorphologische Gesamtbewertung nach Modul Ökomorphologie Stufe F, 1 = sehr guter, 0 = ungenügender Zustand; 2 Quelle: Bundesamt für Umwelt (BAFU), Gewässerabschnittsbasierte Einzugsgebietsgliederung der Schweiz GAB-EZGG-CH, Stand 2014.

5.5.5 Die Helophyten-Moos-Übergangstypen (KH-KM, MH-MM)



KH-KM: Eyreussli (UR)

MH-MM: L'Orbe (VD)

Abbildung 23 Beispiele von Helophyten-Moos-Übergangstypen

**Charakterisierung
Standortverhältnisse**

Bei den Helophyten-Moos-Typen handelt es sich um unbeschattete Gewässer mit einer von Grobsubstrat dominierten Gewässersohle (Tabelle 10, Abbildung 24, DA5). Mangels einer genügenden Anzahl Abschnitte erfolgt keine weitere Differenzierung aufgrund des Gefälles und der Wassertiefe, was vier verschiedene Merkmalskombinationen zur Folge hat. 60 % der bisher untersuchten Abschnitte wiesen ein kleines Gefälle und eine kleine Wassertiefe, 20 % eine hohe Wassertiefe und ein kleines Gefälle auf. In je 10 % der Abschnitte kam eine kleine Wassertiefe zusammen mit einem kleinen Gefälle oder eine hohe Wassertiefe mit einem hohen Gefälle vor. Die Charakterisierung erfolgt aufgrund der besten Abschnitte aller Merkmalskombinationen zusammen. Aufgrund des Abflusses werden zwei verschiedene Typen unterschieden, die sich hinsichtlich der Vegetation graduell unterscheiden.

**Charakterisierung
Vegetation**

Das Erscheinungsbild dieser Übergangstypen ist sehr heterogen. Aufgrund des hohen Steinanteils sind die Anzahl, die relative Häufigkeit und die absolute Deckung von Helophyten geringer, die Anzahl Moose, ihre relative Häufigkeit und absolute Deckung dagegen höher als in den Helophyten-Typen (Abbildung 24). In Abschnitten mit tiefem Gefälle und/oder mittlerer Wassertiefe können zusätzlich aquatische Arten vorkommen.

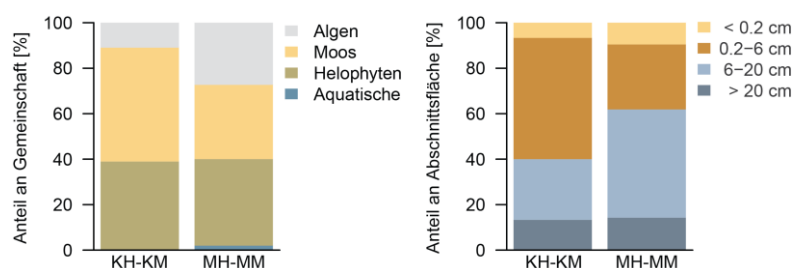


Abbildung 24 Mittlere (Median) relative Häufigkeit der Wuchsformen (links) und Substratzusammensetzung nach Korngrößenklassen (rechts) in den kleinen (KH-KM) und mittleren (MH-MM) Helophyten-Moos-Typen.

Tabelle 10 Charakterisierung der Helophyten-Moos-Typen (KH-KM, MH-MM) anhand der wichtigsten Standort- und Vegetationsparameter sowie menschlichen Einflussfaktoren. Angegeben sind der Median, das Minimum und das Maximum der Referenz-Stellen (Anzahl Referenzstellen in Klammer hinter dem Vegetations-Flusstyp).

Parameter (Einheit)		Helophyten-Moos-Typen					
		KH-KM (7)			MH-MM (7)		
Standort		Med.	Min	Max	Med.	Min	Max
Beschattung	%	37.5	26.0	90.0	30.0	12.5	87.5
Steinanteil	%	31.0	5.0	85.0	60.0	25.0	90.0
Gefälle (GIS)	%	0.43	0.08	5.08	0.70	0.11	1.41
Tiefe Mittel	m	0.15	0.10	0.75	0.35	0.15	0.70
Tiefe Max	m	0.30	0.20	0.85	0.80	0.30	1.20
Abfluss	l/s	69	40	198	930	211	4160
Sohlenbreite	m	1.8	1.0	5.0	7.0	4.0	15.0
FLOZ	-	2	1	3	3	3	5
Vegetation		Med.	Min	Max	Med.	Min	Max
Absolute Deckung							
Aquatische	%	0.0	0.0	4.7	1.4	0.0	7.0
Helophyten	%	19.5	0.0	41.6	11.8	9.2	57.9
Moose	%	9.3	4.0	34.0	12.0	0.0	54.4
Algen	%	1.0	0.0	15.7	8.8	0.6	16.0
Anzahl Arten							
Aquatische	-	0	0	1	1	0	4
Helophyten	-	3	0	4	5	1	10
Moose	-	1	1	3	2	0	4
Anzahl Wuchsformen							
Aquatische	-	0	0	1	1	0	4
Helophyten	-	2	0	3	3	1	4
Menschliche Einflüsse		Med.	Min	Max	Med.	Min	Max
Ökomorphologie ¹	-	0.68	0.63	0.93	0.79	0.61	0.92
Landwirtschaft EZG ²	%	40.3	14.8	52.2	35.7	21.2	51.8
Abwasseranteil ²	%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.2

¹ Ökomorphologische Gesamtbewertung nach Modul Ökomorphologie Stufe F, 1 = sehr guter, 0 = ungenügender Zustand; 2 Quelle: Bundesamt für Umwelt (BAFU), Gewässerabschnittsbasierte Einzugsgebietsgliederung der Schweiz GAB-EZGG-CH, Stand 2014.

Anthropogene Beeinträchtigungen der Helophyten-Moos-Typen

Eine Schwierigkeit bei diesen Typen besteht darin, dass die Herkunft des grobkörnigen Sohlensubstrates im Feld nicht immer eindeutig als natürlich oder künstlich angesprochen werden kann (Kapitel 4.7). Für die Typzuweisung ist das natürliche Substrat ausschlaggebend. Der Vergleich der Referenzabschnitte mit den stärker anthropogen belasteten Abschnitten (Anhang A7) zeigt, dass:

- in den weniger beeinträchtigten Abschnitten der Anteil Helophyten an der Gesamtdeckung, die absolute Deckung und die Artqualität der Helophyten höher sind. Ebenso ist die Anzahl Helophyten tendenziell höher.
- in den stärker belasteten Abschnitten die Anzahl und die Artqualität der Moose wie bei den Helophyten-Typen tendenziell höher sind, was auf den höheren Anteil an lagestabilem Substrat zurückgeführt werden kann.

5.5.6 Die vegetationsarmen Typen (VA)



VA-unbeschattet: Sense (BE)



VA-unbeschattet: L'Allondon (GE)



VA-beschattet: Boiron (VD)



VA-beschattet: Witerigbach (ZH)

Abbildung 25 Beispiele von vegetationsarmen Typen

Charakterisierung Standortverhältnisse

Vegetationsarm: beschattet, mit beweglicher Gewässersohle

Vegetationsarm: unbeschattet, mit beweglicher Gewässersohle

Viele Fliessgewässer sind natürlicherweise arm an Wasserpflanzen. Das Typisierungsschema (Abbildung 13) zeigt, dass zehn Kombinationen von Standortfaktoren vegetationsarme Typen zur Folge haben. Basierend auf der Beschattung werden sie in zwei Gruppen zusammengefasst.

Die beschatteten vegetationsarmen Typen umfassen gemäss Abbildung 13 kleine bis sehr grosse beschattete Gewässer mit kleinem bis sehr hohem Gefälle. Bei den untersuchten Abschnitten dieses Typs handelt es sich überwiegend um kleine Gewässer mit mittlerem bis hohem Gefälle und einer von Feinsubstrat dominierten Gewässersohle (Tabelle 11, Abbildung 26). Aufgrund der geringen Lichtintensität sind kaum Helophyten oder aquatische Arten zu finden. Moose haben zwar den höchsten Anteil an der Gemeinschaft, kommen aber aufgrund des beweglichen Sohlensubstrates mit deutlich weniger Arten und einer kleineren absoluten Deckung als in den Moos-Typen vor.

Bei den unbeschatteten vegetationsarmen Typen handelt es sich um grosse bis sehr grosse Gewässer mit kleinem bis mittlerem Gefälle. Die Moose haben den höchsten Anteil an der Gesamtdeckung, aber auch in diesem Typ ist die Anzahl und absolute Deckung kleiner als in den Moos-Typen der gleichen Grössenklasse. Die höhere Anzahl Moose als in den beschatteten vegetationsarmen Typen dürfte auf den höheren Anteil an Grobsubstrat zurückzuführen sein. Aufgrund der Lichtverhältnisse kommen mehr Helophyten und Algen vor als in den beschatteten vegetationsarmen Typen, allerdings ist ihre Gesamtdeckung gering (Tabelle 11).

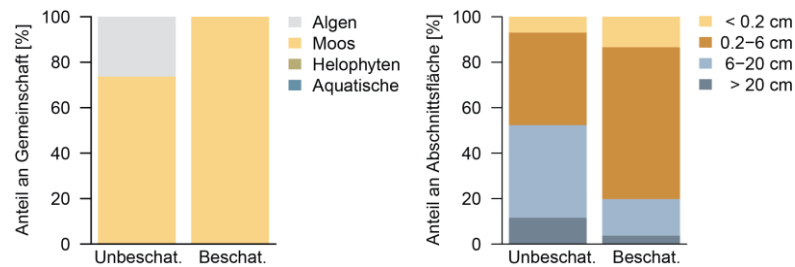


Abbildung 26 Mittlere (Median) relative Häufigkeit der Wuchsformen (links) und Substratzusammensetzung nach Korngrößenklassen (rechts) in den beschatteten (VA-B) und unbeschatteten (VA-UB) vegetationsarmen Typen.

**Vegetationsarm,
unbeschattet: Einfluss
von Abflussschwankungen**

Die Lichtverhältnisse würden in diesem Typ ein Wachstum von höheren Makrophyten zulassen. Weshalb sie nur in geringer Anzahl und mit kleiner absoluter Deckung vorhanden sind, konnte, u.a. auch aufgrund einer zu geringen Anzahl Untersuchungsabschnitte für diese Typen, nicht abschliessend geklärt werden. Eine mögliche Erklärung für das Fehlen höherer Makrophyten könnten periodisch hohe Abflussschwankungen oder geschiebeführende Hochwasser sein, die eine permanente Besiedlung verhindern. In Abschnitten vergleichbarer Grösse aber mit kleinerem Gefälle, die den Submersen-Typen (GS, SGS) zugeordnet sind, kommen aquatische Arten und Helophyten in höherer Anzahl und mit substantieller Deckung vor. Häufig handelt es sich dabei um Seeausflüsse, die natürlicherweise kleine Abflussschwankungen haben. Zudem dürften die Abflussschwankungen aufgrund des geringeren Gefälles in diesen Submersen-Typen generell tiefer sein.

Tabelle 11 Charakterisierung der unbeschatteten und beschatteten vegetationsarmen Typen anhand der wichtigsten Standort- und Vegetationsparameter sowie menschlichen Einflussfaktoren. Angegeben sind der Median, das Minimum und das Maximum der Referenz-Stellen (Anzahl Referenzstellen in Klammer hinter dem Vegetations-Flusstyp).

Parameter (Einheit)		Vegetationsarme Typen					
		Unbeschattet (7)			Beschattet (19)		
Standort		Med.	Min	Max	Med.	Min	Max
Beschattung	%	30.0	0.0	37.5	80.0	50.0	100.0
Steinanteil	%	60.0	16.0	77.5	17.5	0.0	45.0
Gefälle (GIS)	%	0.75	0.36	1.11	1.41	<0.01	8.58
Tiefe Mittel	m	0.20	0.15	0.40	0.10	0.05	0.80
Tiefe Max	m	0.70	0.30	1.50	0.30	0.15	1.00
Abfluss	l/s	3730	1680	8892	40	2	1141
Sohlenbreite	m	20.0	10.0	35.0	2.2	0.6	6.5
FLOZ	-	6	4	7	3	1	4
Vegetation		Med.	Min	Max	Med.	Min	Max
Absolute Deckung							
Aquatische	%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Helophyten	%	0.0	0.0	1.3	0.0	0.0	13.9
Moose	%	0.5	0.0	12.5	0.1	0.0	4.5
Algen	%	0.4	0.0	7.5	0.0	0.0	18.0
Anzahl Arten							
Aquatische	-	0	0	0	0	0	0
Helophyten	-	0	0	4	0	0	5
Moose	-	2	0	6	0	0	2
Anzahl Wuchsformen							
Aquatische	-	0	0	0	0	0	0
Helophyten	-	0	0	3	0	0	4
Menschliche Einflüsse		Med.	Min	Max	Med.	Min	Max
Ökomorphologie ¹	-	0.72	0.58	1.00	0.85	0.64	1.00
Landwirtschaft EZG ²	%	37.9	29.3	46.8	42.2	13.7	55.2
Abwasseranteil ²	%	0.9	0.0	9.7	0.0	0.0	8.3

¹ Ökomorphologische Gesamtbewertung nach Modul Ökomorphologie Stufe F, 1 = sehr guter, 0 = ungenügender Zustand; ² Quelle: Bundesamt für Umwelt (BAFU), Gewässerabschnittsbasierte Einzugsgebietsgliederung der Schweiz GAB-EZGG-CH, Stand 2014.

6 Bewertung

6.1 Überblick über den Ablauf der Bewertung

Bereinigung Taxadaten auf bewertungsrelevante Taxa

Im Anschluss an die Typisierung erfolgt die Bewertung durch das Auswertungs-Tool. Bei der Kartierung werden alle Taxa innerhalb eines Untersuchungsabschnitts erfasst (Kapitel 4.5). Für die Bewertung werden jedoch nur die Taxa der Taxaliste berücksichtigt, die je nach Unsicherheit der Bestimmung und des phänologischen Zustands auf unterschiedlichem taxonomischem Niveau in die Bewertung eingehen. In einem ersten Schritt bereinigt das Auswertungs-Tool die kartierten Taxa auf die bewertungsrelevanten Taxa (Kapitel 6.5.1).

Typspezifische Bewertung mittels Zielhierarchie, Werte- und Aggregations- funktionen

Anschliessend werden die Untersuchungsabschnitte typspezifisch bewertet. Die Bewertung basiert auf einer Zielhierarchie, den erhobenen Attributen mit ihren Ausprägungen (Anhang A8) und verschiedenen Werte- (Anhang A9) und Aggregationsfunktionen (Anhang A10).

Als Endprodukt gibt das Auswertungs-Tool für jeden Untersuchungsabschnitt die typspezifische Bewertung für die verschiedenen Attribute und übergeordneten Ziele der Zielhierarchie aus. Für die spätere Plausibilisierung (Kapitel 7) bewertet es die Untersuchungsabschnitte zusätzlich mit den Wertefunktionen für alle anderen Typen.

6.2 Bewertungsgrundsätze

Bewertung der Vegetation durch Vergleich von Ist- mit Referenzzustand

Die natürlichen Standortverhältnisse in einem Gewässer bestimmen die Zusammensetzung der aquatischen Vegetation. Anthropogene Einflüsse, welche die Lebensbedingungen verändern, wirken sich ebenfalls auf die Vegetation aus. Um den Zustand der Vegetation zu bewerten, wird die Abweichung der aktuellen Vegetation von der Vegetation in einem möglichst naturnahen Zustand (=Referenzzustand) betrachtet.

Referenz: naturnaher Zustand in vorgegebener Kulturlandschaft

Dieser Referenzzustand wird gemäss der Methode Ökomorphologie Stufe S⁵⁷ definiert. Er entspricht dem Zustand, der sich unter den heutigen landschaftlichen Bedingungen einstellen würde, wenn sämtliche menschlichen Nutzungen im unmittelbaren Umfeld des Gewässers aufgegeben würden. Damit zeigt er den naturnahen Zustand in der vorgegebenen Kulturlandschaft auf. Dieser Zustand stimmt nicht mit dem Zustand des Gewässers in der ursprünglichen Naturlandschaft überein, die in Mitteleuropa praktisch nirgendwo mehr existiert. Vielmehr schliesst der Referenzzustand grossräumige und irreversible Einflüsse des Menschen ein, wie z.B. grossflächige Waldrodungen, Siedlungen oder Trockenlegung von Feuchtgebieten.

Referenz: Festlegung aufgrund statistischer Auswertungen, ökologi- scher Kriterien und Fachwissen

Die Bewertung der Vegetation setzt somit Kenntnisse über die naturnahe Vegetation in verschiedenen Fliessgewässertypen voraus. Im dicht besiedelten Mittelland, wo höhere Wasserpflanzen ihre Hauptverbreitung haben, sind heute jedoch kaum mehr unbelastete Gewässerabschnitte vorhanden, die als Referenzabschnitte Auskunft über die natürliche Vegetation in verschiedenen Gewässertypen geben können. Ebenso gibt es kaum historische Daten um sich einem solchen Referenzzustand anzunähern. Der Referenzzustand für die verschiedenen Vegetations-Flusstypen wurde deshalb aufgrund statistischer Auswertungen der vorhandenen Daten und unter Einbezug von allgemeinen ökologischen Kriterien und dem Wissen der Expertinnen und Experten festgelegt.

⁵⁷ BAFU 2006: Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässer: Ökomorphologie Stufe S (systembezogen). Entwurf Juli 2006. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern, 72 S.

6.3 Entwicklung der Bewertung

Charakterisierung der Vegetations-Flusstypen mittels vegetationsspezifischer Kenngrößen

Die Charakterisierung der verschiedenen Vegetations-Flusstypen erfolgt mittels ausgewählter vegetationsspezifischer Kenngrößen, welche ökologisch relevante Aspekte der Gemeinschaft widerspiegeln. Dabei wurden die Vegetations-Flusstypen im Rahmen der Typisierung so festgelegt, dass diese Kenngrößen innerhalb der Vegetations-Flusstypen möglichst unabhängig von natürlichen Umweltgradienten sind (Kapitel 5.3).

Suche nach Bewertungsgrößen

Um zu prüfen, welche vegetationsspezifischen Kenngrößen auf anthropogene Einflüsse reagieren und sich damit als Bewertungsgrößen eignen, kamen multivariate Modellierungen, univariate Korrelationen und graphische Auswertungen zum Einsatz. Gesucht wurden Zusammenhänge zwischen vegetationsspezifischen Kenngrößen und Parametern zur Beschreibung des ökomorphologischen Zustandes gemäss Stufe F⁴⁵ sowie dem Anteil Landwirtschaftsfläche im Einzugsgebiet als Mass für die stoffliche Belastung.

Festlegung der Bewertungsgrößen

Zusammen mit den Experten und Expertinnen wurden diejenigen vegetationsspezifischen Kenngrößen ausgewählt, welche auf einen Zusammenhang zu anthropogenen Einflussfaktoren hinweisen oder die sich aufgrund des ökologischen Systemverständnisses oder aus Sicht Arten- und Naturschutz als Bewertungsgrößen eignen. Neben der Anzahl Taxa und Wuchsformen wurden die relative Häufigkeit der verschiedenen Wuchsformen und die Deckung als Bewertungsgrößen festgelegt. Zusätzlich gehen die Priorität und der Leitwert der Arten in die Bewertung ein. Details zu den einzelnen Bewertungsgrößen sind in Anhang A8 zu finden.

Zielhierarchie als integratives Bewertungssystem

Zur Bewertung der verschiedenen Vegetations-Flusstypen wurde eine Zielhierarchie als integratives Bewertungssystem entwickelt. Anhand der objektiv messbaren Vegetations-Kenngrößen (Bewertungsattribute) lässt sich die Erreichung vordefinierter Bewertungsziele mittels typspezifischer Wertefunktionen auf verschiedenen Aggregations-Stufen überprüfen^{58, 59}.

6.4 Zielhierarchie

Gesamtbeurteilung der Vegetation und Beurteilung von Unterzielen

Die Zielhierarchie (Abbildung 27, Abbildung 28) ermöglicht auf der obersten Aggregationsebene eine Gesamtbeurteilung der Vegetation, die sich am Referenzzustand orientiert. Die Gesamtbewertung wird hierarchisch in Unterziele aufgeschlüsselt, die möglichst komplementär sind und zusammen alle wesentlichen Aspekte für die Gesamtbewertung beinhalten. Auf dieser zweitobersten Aggregationsebene wird die Vegetation aus Sicht Naturschutz und aus Sicht Gewässerökologie bewertet. Die gewässerökologische Bewertung der guten typgerechten Gemeinschaft wird dann weiter differenziert in die Unterziele Diversität, Zusammensetzung und Deckung (d.h. Biomasse). Auf dieser Aggregationsebene lässt die Beurteilung der Vegetation am

⁵⁸ Langhans, S. D. und Reichert, P. 2011: Einbettung von Verfahren zur Fliessgewässerbewertung in ein übergeordnetes Gewässermanagementkonzept; Vorschläge am Beispiel des Modulstufenkonzepts. Wasser Energie Luft, 103 (3), 204-214.

⁵⁹ Schlosser, J. A. et al. 2013: Konzept für die Untersuchung und Beurteilung der Seen in der Schweiz. Anleitung zur Entwicklung und Anwendung von Beurteilungsmethoden. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Wissen Nr. 1326: 38 S.

**Bewertung der Vegetation
mittels Zielhierarchie und
Wertefunktion.**

ehesten Rückschlüsse auf mögliche gewässerökologische Defizite und deren Ursachen zu und weist damit auf mögliche Massnahmen hin.

Die Bewertung der Vegetation beginnt auf der tiefsten hierarchischen Ebene jedes Asts der Zielhierarchie („Endknoten“). Die Zielerreichungsgrade dieser Bewertungsziele werden direkt als Funktion der zugeordneten Vegetations-Kenngrössen („Attribute“) bewertet. Dabei wird mittels Wertefunktionen jeder Attributs-Ausprägung ein Wert zwischen 0 und 1 zugeordnet, welcher den Grad der Zielerreichung wiedergibt. Ein Wert von 1 stellt dabei die bestmögliche Bewertung dar. Die Wertefunktionen und Zielvorgaben für die Klassengrenzen der verschiedenen Bewertungsattribute wurden typspezifisch, aufgrund statistischer Auswertungen der anthropogen am wenigsten beeinflussten Abschnitte pro Vegetations-Flusstyp, einer Einschätzung der Spezialisten und Spezialistinnen und allgemeiner ökologischer Kriterien festgelegt (Anhang A9). Auf den übergeordneten hierarchischen Ebenen, d.h. oberhalb der Endknoten, wird der Grad der Zielerreichung der Bewertungsziele mittels Aggregation der zugeordneten Unterziele abgeleitet. Dabei können Unterziele individuell gewichtet werden, z.B. nach ihrer ökologischen Bedeutung und Indikatorstärke, und es können unterschiedliche Aggregationsfunktionen verwendet werden. Der Grad der Zielerreichung übergeordneter Bewertungsziele hängt damit von allen Attributen ab, welche die Zielerreichungsgrade der jeweiligen Unterziele beeinflussen. Die Aggregation der Unterziele erfolgt mittels Aggregationsfunktionen, die ebenfalls aufgrund von Expertendiskussionen und allgemeiner ökologischer Kriterien festgelegt wurden. Die Auswahl hängt z. B. davon ab, wie stark eine schlechte Bewertung eines Unterziels eine gute Bewertung eines anderen Unterziels kompensieren soll.

Die folgenden Aggregationsmethoden wurden angewandt:

- Additiv-Aggregation
- Maximum- und Minimum-Aggregation
- Additiv-Minimum-Aggregation
- Bonus- und Malus Aggregation

Abbildung 27 und Abbildung 28 zeigen, wo welche Aggregationsverfahren mit welchen Gewichtungen verwendet werden. Anhang A10 erklärt die verschiedenen Aggregationsfunktionen und die Motivation für deren Wahl.

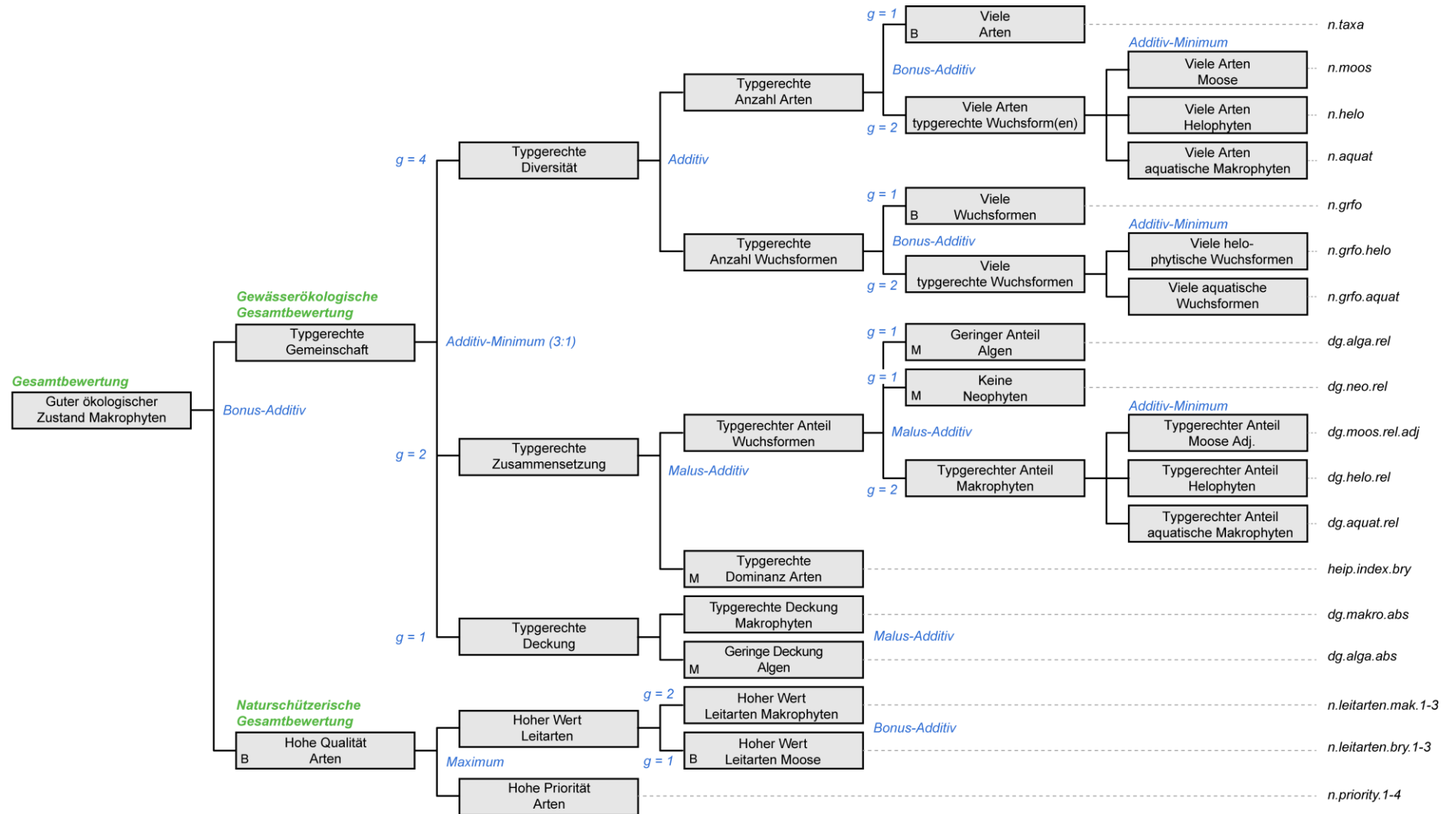


Abbildung 27 Zielhierarchie für die Bewertung aller Vegetations-Flusstypen mit höheren Makrophyten. An jedem Aggregationsknoten ist das angewandte Aggregations-Verfahren mit den Gewichtungen (g) der jeweiligen Unterziele angegeben, falls diese unterschiedlich gewichtet werden. Bei einer Bonus- oder Malus-Aggregation gibt der Buchstabe in der Box des jeweiligen Unterziels an, welches der Bewertungsziele bei der Aggregation als Bonus (B) oder Malus (M) einfließt. Bei jedem Bewertungsziel auf der untersten Ebene ist der Name des Attributs zugeordnet, welches für die Bewertung aus den Daten berechnet wird. (s. auch Anhang A9)

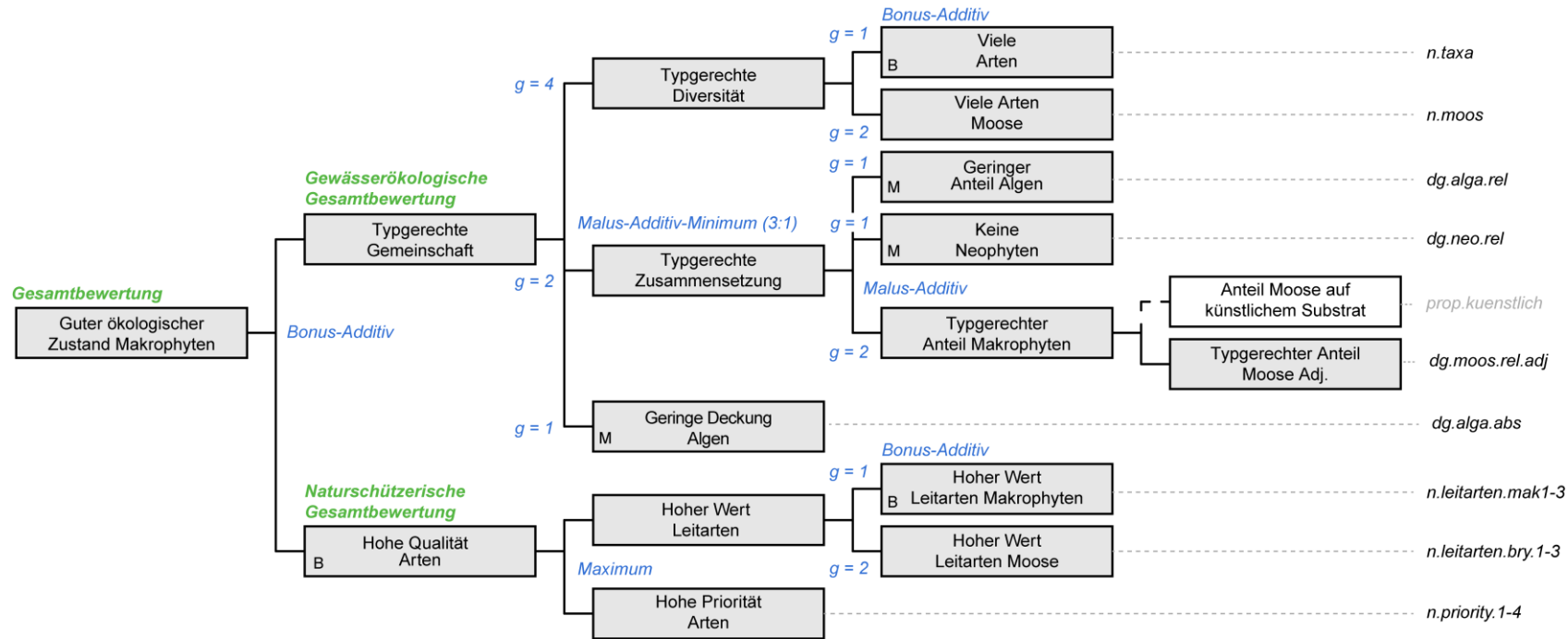


Abbildung 28 Zielhierarchie für die Bewertung der Moos-Typen. An jedem Aggregationsknoten ist das angewandte Aggregations-Verfahren mit den Gewichtungen (g) der jeweiligen Unterziele angegeben, falls diese unterschiedlich gewichtet werden. Bei einer Bonus- oder Malus-Aggregation gibt der Buchstabe in der Box des jeweiligen Unterziels an, welches der Bewertungsziele bei der Aggregation als Bonus (B) oder Malus (M) einfließt. Bei jedem Bewertungsziel auf der untersten Ebene ist der Name des Attributs zugeordnet, welches für die Bewertung aus den Daten berechnet wird. (s. auch Anhang A9)

**Zwei Zielhierarchien für
Bewertung nötig**

**Optimierung des Bewer-
tungssystems**

**Verifizierung Bewer-
tungssystem durch Exper-
tinnen und Experten**

Zwei Zielhierarchien waren nötig, weil sich die Zusammensetzung und Struktur der von Moosen dominierten Untersuchungsabschnitte stark von den von aquatischen Arten und Helophyten dominierten Abschnitten unterscheiden.

Die Zielhierarchien, Werte- und Aggregationsfunktionen wurden anhand von Einzelstellenanalysen iterativ geprüft und optimiert. Dazu wurden Abschnitte aus allen Beurteilungsklassen, Abschnitte im Bereich der Klassengrenzen und Abschnitte mit extremen Werten betrachtet und die Gesamtbewertung sowie die Bewertungen der Unterziele und Bewertungsattribute mittels ökologischen Fachwissens plausibilisiert. Die typspezifischen Bewertungen wurden miteinander verglichen und aufeinander abgestimmt. Während die Wertefunktionen typspezifisch angepasst werden können, wirkt sich eine Anpassung der Aggregationsfunktionen innerhalb einer Zielhierarchie auf alle zugehörigen Typen aus. Die Zielhierarchien wurden deshalb soweit optimiert, um für möglichst viele Abschnitte eine plausible Bewertung zu erzielen.

Die Zielhierarchie und die Wertefunktionen für die Kerntypen der unbeschatteten Vegetations-Flusstypen wurden in der Begleitgruppe mehrmals diskutiert und plausibilisiert. Anhand ausgewählter Untersuchungsabschnitte wurde die Bewertung validiert und angepasst. Die Zielhierarchie und die Wertefunktionen für die Moos-Typen wurden mit Moosexperten und –expertinnen diskutiert und die Bewertung anhand ausgewählter Untersuchungsabschnitte validiert, plausibilisiert und angepasst.

6.5 Bewertung

6.5.1 Bereinigung Taxa-Daten

**Bereinigung Taxa-Daten
auf bewertungsrelevante
Taxa**

Bei der Kartierung werden alle Taxa innerhalb eines Untersuchungsabschnitts erfasst. Für die Bewertung werden jedoch nur die Taxa der Taxaliste berücksichtigt. Diese gehen je nach Sicherheit der Bestimmung und ihres phänologischen Zustandes auf unterschiedlichem taxonomischem Niveau in die Bewertung ein. Das Auswertungs-Tool erstellt eine bewertungsrelevante Zusammenstellung der Artdaten indem es die Taxa-Daten wie folgt bereinigt:

- Alle Taxa mit einer Bestimmbarkeit von 1 und 2 (siehe Taxaliste DA1) gehen in die Bewertung ein, falls der Kartierende die Bestimmung als „sicher“ oder „unsicher, aber wahrscheinlich“ beurteilt oder ein Experte oder eine Expertin die Bestimmung verifiziert hat.
- Ist die Bestimmung bei Taxa mit einer Bestimmbarkeit von 1 oder 2 „unsicher“, wird das Taxon einem Sammeltaxon mit höherem taxonomischen Niveau zugeordnet, falls auf der Taxaliste ein solches vorgesehen ist. Ist kein Sammeltaxon aufgeführt, wird das Taxon bei der Bewertung nicht berücksichtigt (z. B. wird *Epilobium roseum* nicht berücksichtigt, falls die Bestimmung unsicher ist, da es zu viele *Epilobium*-Taxa gibt, die in Gewässernähe vorkommen aber nicht auf der Taxaliste stehen).
- Alle Taxa mit einer Bestimmbarkeit von 3 können vegetativ nicht eindeutig angesprochen werden. Als erstes prüft das Auswertungs-Tool, ob die vorhandenen phänologischen Merkmale (Blüten und/oder Früchte) eine eindeutige Bestimmung des Taxons zulassen. Ist dies der Fall und hat der Kartierende die

Bestimmung als „sicher“ oder „unsicher, aber wahrscheinlich“ beurteilt, geht das Taxon in die Bewertung ein.

- Falls bei Taxa mit einer Bestimmbarkeit von 3 die erforderlichen phänologischen Merkmale fehlen, oder der Kartierende die Bestimmung als „unsicher“ angibt, wird das Taxon einem Sammeltaxon mit höherem taxonomischen Niveau zugeordnet, falls auf der Taxaliste ein solches vorgesehen ist.
- Taxa mit einer Bestimmbarkeit von 4 gehen grundsätzlich immer als Sammeltaxon mit höherem taxonomischen Niveau in die Bewertung ein.

Werden mehrere Taxa eines Untersuchungsabschnitts demselben übergeordneten taxonomischen Niveau zugeordnet, ergibt sich eine tiefere Taxa-Zahl als wenn alle Taxa auf das tiefst mögliche taxonomische Niveau bestimmt werden könnten. Da die Taxa-Zahl eine bewertungsrelevante Grösse ist, kann es dadurch unter Umständen zu etwas schlechteren Bewertungen kommen.

6.5.2 Bewertung mittels Zielhierarchie und Wertefunktionen

Die Bewertung der Vegetation erfolgt typspezifisch und unterschiedlich für die Kern- und Übergangstypen.

Bewertung Kerntypen

Die Kerntypen werden mit typspezifischen Wertefunktionen bewertet (Anhang A9). Die Kerntypen weisen aufgrund der Standortfaktoren ideale Bedingungen für eine der drei Wuchsformen-Gruppen (Aquatische, Helophyten, Moose) auf.

Bewertung Übergangstypen: Submersen-Helophyten-Typen

Bei den Übergangstypen kommen verschiedene Verfahren zur Anwendung.

Submersen- und Helophyten-Typen der gleichen Grössenklasse unterscheiden sich aufgrund des Gefälles und der Wassertiefe. Die Übergangstypen „Submersen-Helophyten-Typen“ (Abbildung 13, Typen KS-KH und MS-MH) weichen jeweils in Bezug auf einen dieser beiden Parameter von den benachbarten Kerntypen ab. Welche Wuchsform sich durchsetzt, kann aufgrund der berücksichtigten Typisierungsparameter nicht vorhergesagt werden. Die „Submersen-Helophyten-Typen“ werden deshalb mittels der Wertefunktion des wahrscheinlicheren Kerntyps bewertet (Kapitel 5.4).

Hoher Anteil Grobsubstrat in den Helophyten-Moos-Typen

In den Übergangstypen der grobsubstratreichen „Helophyten-Moos-Typen“ (Abbildung 13, Typen KH-KM, MH-MM) werden alle Untersuchungsabschnitte vereint, die bezüglich des Substrats die Anforderungen an die Kerntypen der Submersen- und Helophyten-Typen nicht erfüllen. Die Untersuchungsabschnitte weisen einen höheren Anteil an Grobsubstrat als die Kerntypen auf. Damit sind in diesen Typen weniger Aquatische und Helophyten als in den Kerntypen dafür aber mehr Moose zu erwarten.

Grosse Unterschiede zwischen Moos-Typen und Helophyten resp. Submersen-Typen

Die Unterschiede zwischen Moos-Typen und Submersen- oder Helophyten-Typen sind viel grösser als die Unterschiede zwischen Helophyten- und Submersen-Typen. Eine Folge davon ist, dass bei der Bewertung der „Helophyten-Moos-Übergangstypen“ nicht gleich vorgegangen werden kann wie bei der Bewertung der „Submersen-Helophyten-Übergangstypen“. Würden die Übergangstypen mittels der Wertefunktion des wahrscheinlichsten Kerntyps bewertet, könnten kaum jemals genügende Bewertungen erreicht werden. Denn der Anteil an Helophyten oder Moosen, der in den entsprechenden Kerntypen für eine gute Bewertung verlangt wird, wird in den „Helophyten-Moos-Typen“ natürlicherweise kaum je erreicht.

Bewertung der Übergangstypen: Helophyten-Moos-Typen mit eigenen Wertefunktionen

Keine Bewertung der vegetationsarmen Typen






Aus diesem Grund wurden für die „Helophyten-Moos-Übergangstypen“ eigene Wertefunktionen definiert. Dabei wurde der Anteil an Helophyten und Moosen im Vergleich zu den entsprechenden Kerntypen reduziert (Anhang A9). Trotz dieser Wertefunktionen gelten sie als Übergangstypen, da sie keiner Wuchsform ideale Standortbedingungen bieten.

Vegetationsarme Typen sind von Natur aus arm oder frei von Makrophyten und werden deshalb nicht bewertet.

6.5.3 Endprodukte der Bewertung und Darstellung der Resultate

Die typspezifische Bewertung erfolgt mit dem Auswertungs-Tool. Die Bewertung erfolgt in fünf Qualitätsklassen, denen ein Wert zwischen 0 und 1 zugeordnet ist:

Tabelle 12 Einteilung der numerischen Zustandsbewertung in Qualitätsklassen der Zielerreichung und Farbenschema zur Darstellung der Zustandsklassen.

Wert	Klasse	Zielerreichungsgrad bzw. Bewertung	Farbe	RGB-Werte
0.8 bis 1	1	sehr gut		blau (0,0,255)
0.6 bis < 0.8	2	gut		grün (0,255,0)
0.4 bis < 0.6	3	mässig		gelb (255,255,0)
0.2 bis < 0.4	4	unbefriedigend		orange (255,192,0)
0.0 bis < 0.2	5	schlecht		rot (255,0,0)

Als Endprodukt der Bewertung werden pro Untersuchungsabschnitt folgende Informationen gemäss DA3 ergänzt:

- A1. In diesen Spalten werden die validierten und allenfalls korrigierten Werte der Bewertungsattribute aufgeführt (z. B. Anzahl Taxa bereinigt nach Taxaliste).
- B1. Diese Spalten enthalten die Bewertungen für die einzelnen Bewertungsattribute, Unterziele und Gesamtbeurteilung der Vegetation für den Vegetations-Flusstyp, der für die Bewertung verwendet wird (T3).
- B2. Zusammenstellung der modifizierten Wahrscheinlichkeiten und der Gesamtbewertung für alle Vegetations-Flusstypen geordnet nach abnehmender Wahrscheinlichkeit. Angegeben in einem „string“ ist der Flusstyp (T3), die zugehörige typspezifische Gesamtbewertung (Bewertungsskala von 0 bis 1) und die modifizierte Wahrscheinlichkeit, jeweils getrennt durch einen Unterstrich.
- B3. Zusammenstellung der modifizierten Wahrscheinlichkeiten und der Gesamtbewertung für alle Vegetations-Flusstypen mit einer Typ-Wahrscheinlichkeit > 10 % geordnet nach abnehmender Bewertung. Angegeben in einem „string“ analog zu B2.
- B4. Diese Spalten enthalten die Gesamtbewertung(en) der Vegetation für alle Vegetations-Flusstypen.

Zusätzlich wird für jeden Untersuchungsabschnitt eine grafische Darstellung der Zielhierarchie inklusive entsprechender Bewertung für die spätere Plausibilisierung und Interpretation der Resultate erstellt (Anhang A11)

7 Plausibilitätsprüfung

7.1 Überblick über den Ablauf der Plausibilitätsprüfung

**Plausibilitätsprüfung
aufgrund vorgegebener
Regeln durch Auswer-
tungs-Tool**

Im Anschluss an die Typisierung und Bewertung der Untersuchungsabschnitte durch das Auswertungs-Tool müssen diese durch die Kartierenden plausibilisiert werden. Das Auswertungs-Tool unterstützt sie dabei, indem es die Typisierung und Bewertung jedes Abschnittes aufgrund vorgegebener Regeln auf Plausibilität prüft und Vorschläge für einen allfälligen Wechsel des Typs oder der zur Bewertung verwendeten Zielhierarchie macht. Die Resultate dieser Analysen werden gemäss digitalem Anhang DA3 zusammengestellt.

**Definitive Einteilung durch
Bearbeiter oder Bear-
beiterin**

Der Bearbeiter oder die Bearbeiterin überprüfen anschliessend aufgrund dieser Datengrundlagen und ihrem Wissen die Typzuweisung und Bewertung aller Untersuchungsabschnitte. Die Plausibilitätsprüfung muss deshalb von derjenigen Person durchgeführt werden, welche das Gewässer kartiert hat. Bei Abschnitten mit gemeldeten Regelverletzungen muss sie die Typisierung oder Bewertung bestätigen oder die Abschnitte unter Beachtung verschiedener Vorgaben umteilen und den Wechsel begründen.

**Finale Produkte durch
Auswertungs-Tool**

Im Anschluss an die definitive Einteilung durch die Bearbeitenden berechnet das Auswertungs-Tool die Bewertung neu und erstellt die finalen Produkte.

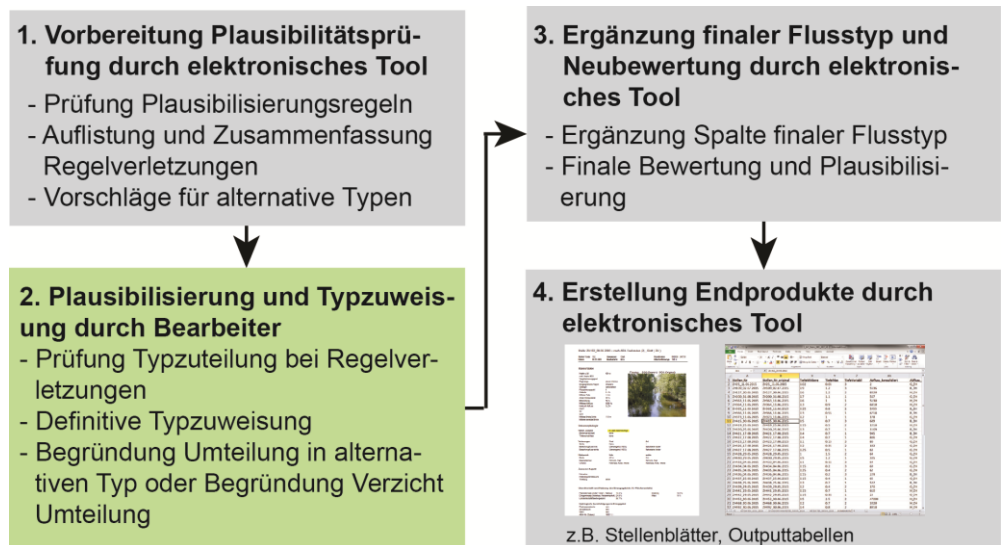


Abbildung 29 Übersicht über den Ablauf der Plausibilitätsprüfung. Arbeitsschritte in grünen Boxen werden durch die Bearbeitenden, solche in grauen Boxen durch das elektronische Tool ausgeführt.

7.2 Überprüfung der Plausibilität

Aufgrund der Standortfaktoren erwarten wir an einem Standort eine bestimmte Vegetationszusammensetzung. Mit der Plausibilitätsprüfung werden Abschnitte identifiziert, bei welchen die Typisierung und Bewertung nicht mit den Erwartungen übereinstimmen. Die Plausibilitätsprüfung erfolgt typspezifisch aufgrund der in Tabelle 13 aufgelisteten Regeln, die in Kapitel 7.2.1 näher erläutert werden.

7.2.1 Regeln zur Überprüfung der Plausibilität

Das Auswertungs-Tool prüft für die verschiedenen Vegetations-Flusstypen typspezifisch verschiedene Regeln (R1 bis R11) und listet alle Regelverletzungen gemäss digitalem Anhang DA3 in separaten Spalten auf. Tabelle 13 zeigt, welche Regeln in den verschiedenen Typen zur Anwendung kommen. Folgende Regeln werden vom Tool geprüft:

- R1. **Charakteristische Wuchsform fehlt:** Grundsätzlich wird erwartet, dass die charakteristische Wuchsform im zur Bewertung verwendeten Vegetations-Flusstyps (T3) vorhanden ist. In den Helophyten-Moos-Typen (HM-Typen) erwarten wir Helophyten und Moose.
- R2. **Vegetations-Flusstyp erreicht nicht maximale Wahrscheinlichkeit:** Der Vegetations-Flusstyp gemäss Typisierungsschema sollte die höchste Wahrscheinlichkeit aufweisen (T1 = T2).
- R3. **Vegetations-Flusstyp mit maximaler Wahrscheinlichkeit (ausser VA) wird nicht am besten bewertet:** Für den Typ mit höchster Wahrscheinlichkeit (T4) erwarten wir die beste Bewertung. Es werden nur Typen mit Bewertungsfunktion und einer Wahrscheinlichkeit von mindestens 10% berücksichtigt.
- R4. **Absolute Deckung Makrophyten gering:** In den unbeschatteten Vegetations-Flusstypen sollte mindestens 10 % der Gewässersohle von Pflanzen bedeckt sein (Gesamtdeckung von Helophyten, Aquatischen und Moosen > 10 %).
- R5. **Wahrscheinlichkeit für vegetationsarmen Typ hoch:** Es wird geprüft, ob die Wahrscheinlichkeit für den vegetationsarmen Typ grösser als der typspezifische Schwellenwert (W_VA_Typ in Tabelle 13) des zugeordneten Vegetations-Flusstyps (T1) ist.
- R6. **Absolute Deckung Makrophyten gering und zugleich Wahrscheinlichkeit für vegetationsarmen Typ hoch:** Für Abschnitte mit < 10% Gesamtdeckung von Helophyten, Aquatischen und Moosen wird überprüft, ob die Wahrscheinlichkeit für den vegetationsarmen Typ grösser als der typspezifische Schwellenwert ist (W_VA_Typ in Tabelle 13).
- R7. **Absolute Deckung Helophyten und Aquatische auffallend gross für Moos-Typen und vegetationsarme Typen:** In den Moos-Typen und im vegetationsarmen Typ sollte nur eine geringe absolute Deckung von Aquatischen und Helophyten vorhanden sein. Kommen Helophyten und aquatische Arten zusammen mit mehr als 10 % absoluter Deckung vor ist die Typzuweisung fraglich.
- R8. **Moosbewuchs überwiegend auf künstlichem Substrat:** Kommen Moose hauptsächlich ($\geq 80\%$) auf künstlichem Substrat vor ist fraglich, ob das natürliche Substrat eine Besiedlung durch Moose zulässt.

- R9. **Eignung Substrat für Moose fraglich:** Wie in Kapitel 5.5.3 erläutert, erfolgt die Abschätzung der Sohlenstabilität näherungsweise über den Anteil Grobsubstrat in Abhängigkeit des Abflusses. Diese Näherung vermag die Situation vor Ort häufig nicht präzise wiederzugeben. Deshalb wird bei der Kartierung im Feld die Substratstabilität zusätzlich mittels drei Klassen direkt erfasst. Für die Regelprüfung werden bei den Moos-Typen diese beiden Merkmale deshalb kombiniert und zusätzlich die Moosvegetation im Abschnitt berücksichtigt. Eine hohe Moosdeckung und/oder viele Moostaxa, die überwiegend das am Standort natürlich vorhandene Substrat besiedeln zeigen, dass das Substrat für eine Besiedlung mit Moosen geeignet ist. In Abschnitten mit einer beweglichen oder bedingt beweglichen Gewässersohle und weniger als 3 (KM) oder 4 (MM, GM, SGM) Moosarten und einer absoluten Deckung von Moosen $< 5\%$ ist fraglich, ob die Lebensbedingungen für Moose günstig sind.
- R10. **Absolute Deckung Moose hoch für vegetationsarme Typen:** In den vegetationsarmen Typen erwarten wir nur eine sehr geringe absolute Deckung von Moosen. Kommen sie mit mehr als 10 % absoluter Deckung vor, ist die Typzuweisung zu überprüfen.
- R11. **Bessere Bewertung in beliebigem Typ:** Werden Gewässerabschnitte, die gemäss Typisierungsschema den Helophyten-Moos-Typen oder den Moostypen zugeordnet werden in einem Helophyten-, Submersen- oder Helophyten-Submersen-Übergangstyp vergleichbarer Abflussklasse besser bewertet, ist ihre Typzuweisung zu hinterfragen. Auch bei dem vegetationsarmen Typ zugewiesenen Gewässerabschnitten, die in einem beliebigen Vegetations-Flusstyp eine gute oder sehr gute Bewertung erzielen, ist die Typzuweisung zu überprüfen. In all diesen Fällen könnten ungenau abgeschätzte Standortparameter zu einer falschen Typeinteilung geführt haben. Es kann aber auch vorkommen, dass die Vegetation durch oberhalb liegende Gewässerabschnitte so stark beeinflusst wird, dass die Vegetation innerhalb des Untersuchungsabschnittes atypisch ausgeprägt ist.

7.2.2 Gründe für einen Wechsel des Typs oder der Bewertung

Kritische Prüfung bei Regelverletzungen

Regelverletzungen bedeuten nicht zwingend, dass Untersuchungsabschnitte falsch typisiert oder bewertet wurden, da anthropogene Einflüsse ebenfalls zu einer veränderten Vegetationszusammensetzung führen können. Während einige Regelverletzungen zwingend eine Umteilung in einen alternativen Gewässertyp oder eine alternative Zielhierarchie für die Bewertung verlangen, weisen andere Regelverletzungen lediglich auf Untersuchungsabschnitte hin, die von den Bearbeitenden besonders kritisch geprüft werden müssen. Ein allfälliger Typ- oder Bewertungswechsel erfolgt aufgrund der in Tabelle 13 aufgeführten Vorgaben, die in den Kapiteln 7.2.2 und 7.2.3 erklärt werden.

Motivation für Typ- und Bewertungswechsel

Mit einem Typwechsel sollen unplausibel typisierte Untersuchungsabschnitte dem passendsten Vegetations-Flusstyp zugewiesen werden. Motivation für einen Typwechsel kann zudem eine bessere Bewertung in einem alternativen Typ und das Vermeiden von falsch negativen Befunden sein.

Bessere Bewertung nicht
anthropogen bedingt

Eine Umteilung in einen besser bewerteten Typ darf nur vorgenommen werden, wenn die bessere Bewertung nicht durch anthropogene Einflüsse verursacht wird. So kann z. B. ein Wechsel von den Helophyten- zu den Helophyten-Moos-Typen zu einer besseren Bewertung führen, da die Zielvorgaben für die Taxazahlen und die Deckung in den Helophyten-Typen höher sind als in den Helophyten-Moos-Typen. Solch ein Typwechsel darf deshalb nur vorgenommen werden, wenn das Substrat natürlicherweise einen hohen Anteil an Grobsubstrat aufweist und wenn die Moose überwiegend das natürliche Substrat am Standort besiedeln. Auch das Fehlen der charakteristischen Wuchsform legt eine Umteilung in einen alternativen Typ nahe. Allerdings kann eine stark verbaute Gewässersohle das Fehlen von aquatischen Arten und ein stark verbauter Böschungsfuss das Fehlen von Helophyten erklären. In solchen Fällen darf kein Typwechsel vorgenommen werden.

Tool macht Vorschläge für
zwingende Umteilungen

Das elektronische Tool unterstützt die Bearbeitenden bei der Plausibilitätsprüfung, indem es für alle Untersuchungsabschnitte mit Regelverletzungen (R), die zwingend einen Typ- oder Bewertungswechsel zur Folge haben, eine Umteilung vorgibt (U1-U4):

U1. Wechsel Bewertung KS nach KH aufgrund fehlender charakteristischer

Wuchsform (R1): Der kleine Submersen-Typ (KS) stellt innerhalb der Submersen-Typen einen Spezialfall dar, weil sich die charakteristische Wuchsform aufgrund der Schlüsselgrößen für die Typisierung nur unbefriedigend vorher-sagen lässt. In rund einem Drittel aller Untersuchungsabschnitte kommen die erwarteten aquatischen Arten nicht vor. Die Suche nach zusätzlichen Typisie-rungsparametern, welche das Fehlen erklären könnten, verlief ebenfalls erfolglos. Welche Arten in einem Gewässer vorhanden sind, hängt nicht nur von den Standortbedingungen im Gewässer, sondern auch vom Artenpool im Einzugs-gebiet ab⁶⁰. Dabei dürfte die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten der im Ver-gleich zu den Helophyten weit seltener vorkommenden aquatischen Arten mit zunehmender Einzugsgebietsgröße zunehmen. Dem KS zugewiesene Unters-uchungsabschnitte ohne aquatische Arten können im KS-Typ verbleiben, dürfen aber nicht mit den Wertefunktionen für den KS, sondern **müssen** mit den Wer-tefunktionen für den KH bewertet werden.

U2. Wechsel vegetationsarmer Typ zu Helophyten- oder Submersen-Typ auf-

grund hoher absoluten Deckung (R7): Im vegetationsarmen Typ erwarten wir aufgrund der Standortfaktoren nur wenig Vegetation. Bei einer hohen ab-soluten Deckung von aquatischen Arten oder Helophyten dürfte die Beschat-tung oder der hydraulische Stress überschätzt worden sein, oder der Abschnitt wird durch die Vegetation im Oberlauf stark beeinflusst. Beträgt die absolute Deckung von Helophyten und aquatischen Arten in einem Abschnitt zusam-men mehr als 20 % **muss** er umgeteilt werden, da eine Fehleinteilung offen-sichtlich ist. Das Tool listet in diesem Fall den wahrscheinlichsten Typ mit vorhandener charakteristischer Wuchsform auf.

U3. Wechsel vegetationsarmer Typ zu Helophyten- oder Submersen-Typ auf-

grund moderater absoluten Deckung (R7): Beträgt die absolute Deckung von Helophyten und Aquatischen zwischen 10 und 20 % und liegt die Typ-Wahrscheinlichkeit für alternative Typen über 10 %, **muss** der Abschnitt in

⁶⁰ Lorenz, W. L. und Feld, C. K. 2013: Upstream river morphology and riparian land use overruhl local restoration effects on ecological status assessment. Hydrobiologia, 704, 489-501.

den wahrscheinlichsten Typ umgeteilt werden, dessen charakteristische Wuchsform vorhanden ist. Lässt die Typ-Wahrscheinlichkeit keinen alternativen Typ zu (Typ-Wahrscheinlichkeit < 10 %), kann auf einen Typwechsel verzichtet werden.

- U4. **Wechsel vegetationsarmer Typ zu Moos-Typ oder Helophyten-Moos-Typ aufgrund hoher Moos-Biomasse (R10):** Eine hohe Deckung von Moosen in einem vegetationsarmen Typ deutet darauf hin, dass die Sohle stabil ist und dass die Substratstabilität aufgrund des Anteils Steine nicht richtig eingestuft werden konnte. Als vegetationsarm eingestufte Abschnitte mit einer Moosdeckung > 10 % **müssen**, unabhängig von ihrer Typ-Wahrscheinlichkeit, umgeteilt werden. Das Tool listet in diesem Fall den wahrscheinlichsten Typ mit vorhandener charakteristischer Wuchsform auf. Ausgenommen von einer Umteilung sind Abschnitte, wo die Moose zu mehr als 80 % auf künstlichem Substrat vorkommen.

Tool macht Vorschläge für
weitere zulässige
Umteilungen

Zusätzlich zu den Vorschlägen für zwingende Typ- oder Bewertungswechsel macht das Tool aufgrund der Regelverletzungen (R) Vorschläge für zulässige alternative Typen oder Bewertungen (V1-V4), die zu besser beurteilten Untersuchungsabschnitten führen.

- V1. **Wechsel Bewertung der Submersen-Helophyten-Übergangstypen aufgrund hoher Wahrscheinlichkeit (R3):** Für die SH-Übergangstypen (KS-KH, MS-MH) wird ein Wechsel zum besser bewerteten der beiden am Typ beteiligten Kerntypen vorgeschlagen, wenn die Differenz der Typ-Wahrscheinlichkeiten weniger als 20 % beträgt. Damit eine Umteilung zulässig ist, muss die charakteristische Wuchsform im alternativen Typ vorhanden sein.
- V2. **Wechsel Größenklasse innerhalb Typ aufgrund hoher Wahrscheinlichkeit (R3):** Bei der Typisierung wird für jeden Abschnitt angegeben, mit welcher Wahrscheinlichkeit er mit den verschiedenen Vegetations-Flusstypen übereinstimmt (Kapitel 5.4). Die Plausibilitätsprüfung der bisher untersuchten Abschnitte hat gezeigt, dass alle Typen mit einer Wahrscheinlichkeit > 10 % als alternative Typen in Frage kommen. Ein Typwechsel zum besser bewerteten Typ der gleichen Wuchsformen-Gruppe wird vorgeschlagen, wenn sich ein Untersuchungsabschnitt bezüglich Abfluss im Übergangsbereich zwischen zwei Abflussklassen befindet. Eine Umteilung zum KS wird nur vorgeschlagen, falls Aquatische vorhanden sind.
- V3. **Wechsel alle Typen zu vegetationsarmem Typ aufgrund kleiner absoluten Deckung (R4, R5, R6):** Bei einer ungenügenden Bewertung wird eine Umteilung zum vegetationsarmen Typ vorgeschlagen, wenn die absolute Deckung der Aquatischen und Helophyten zusammen oder die Moosdeckung < 10 % beträgt und gleichzeitig die Wahrscheinlichkeit für diesen Typ grösser als der typspezifische Schwellenwert ist (W_VA in Tabelle 13). Je näher Vegetations-Flusstypen im Typisierungsschema beim vegetationsarmen Typ liegen und je mehr sie von ihm umgeben sind, desto höher ist rein mathematisch ihre Wahrscheinlichkeit für den vegetationsarmen Typ. Die typspezifischen Schwellenwerte wurden eingeführt, weil Auswertungen gezeigt haben, dass es bei einem typunabhängigen Schwellenwert zu sehr vielen Regelverletzungen kommt, die aber in den meisten Fällen keinen Typwechsel zur Folge haben.

- V4. Wechsel Helophyten-Moos-Typen, Moos-Typen oder vegetationsarmer Typ zu besser bewerteten Typen (R11):** Werden Abschnitte, die den Helophyten-Moos-Typen oder den Moos-Typen zugewiesen wurden, in Submersen-, Submersen-Helophyten- oder Helophyten-Typen der gleichen Abflussklasse besser bewertet, wird eine Umteilung in diese Typen vorgeschlagen. Ebenso werden für vegetationsarme Typen, die in einem beliebigen Vegetations-Flusstyp eine gute oder sehr gute Bewertung erzielen, Vorschläge für einen Typwechsel gemacht. Die Vorschläge erfolgen unabhängig von der Typ-Wahrscheinlichkeit und nur für Typen mit vorhandener charakteristischer Wuchsform. Diese Umteilungen sind zulässig, weil die Anforderungen an die Vegetation für eine gute Bewertung von den links im Typisierungsschema zu den rechts im Schema angeordneten Typen abnehmen.

Bearbeitende prüfen Vorschläge des Tools, alle weiteren Regelverletzungen und dokumentieren Umteilungen

Alle Abschnitte mit Regelverletzungen müssen grundsätzlich von den Bearbeitenden auf Plausibilität geprüft werden. Das Tool listet zwar verschiedene Vorschläge für zwingende und mögliche Umteilungen auf, kann aber nicht für alle Regelverletzungen Vorschläge für alternative Typen machen. Die Bearbeitenden müssen deshalb sowohl die Vorschläge des Tools prüfen, als auch aufgrund der Regelverletzungen weitere mögliche Umteilungen in Betracht ziehen. Zum Schluss müssen sie in den entsprechenden Spalten (D1 bis D11) dokumentieren, weshalb ein Typ- oder Bewertungswechsel vorgenommen wurde:

- D1. Wechsel Typ/Bewertung aufgrund Vorschlägen durch Tool:** Erfolgt der Typwechsel aufgrund von Vorschlägen des Tools für zwingende Umteilungen (U1 bis U4) oder Vorschlägen für weitere zulässige alternative Typen (V1 bis V4) tragen die Bearbeitenden in Spalte D1 die entsprechende Bezeichnung ein.
- D2. Wechsel Vegetations-Flusstyp aufgrund hoher Wahrscheinlichkeit (z.B. bei R1, R2, R3):** Bei der Typisierung wird für jeden Abschnitt angegeben, mit welcher Wahrscheinlichkeit er mit den verschiedenen Vegetations-Flusstypen übereinstimmt (Kapitel 5.4). Die Plausibilitätsprüfung der bisher untersuchten Abschnitte hat gezeigt, dass alle Typen mit einer Wahrscheinlichkeit > 10 % als alternative Typen in Frage kommen. Ein Typwechsel darf deshalb vorgenommen werden, wenn der alternative Typ eine Wahrscheinlichkeit grösser 10 % aufweist (Wahrscheinlichkeiten aufgelistet in B2) und gleichzeitig die charakteristische Wuchsform im alternativen Typ vorhanden ist. Ausgeschlossen davon sind Typwechsel in den vegetationsarmen Typ.
- D3. Wechsel Moos-Typen zu vegetationsarmem Typ aufgrund Substrateignung (z.B. bei R9):** Wird bei der Regelprüfung die Eignung des Substrates als kritisch erachtet, können ungenügend beurteilte Abschnitte dem vegetationsarmen Typ zugewiesen werden, auch wenn die Typwahrscheinlichkeit < 10 % beträgt. Dieses Vorgehen ist insbesondere für Abschnitte sinnvoll, die morphologisch kaum beeinträchtigt sind. Damit kann es zu einer Reduktion ungenügend bewerteter Abschnitte kommen. Aufgrund der Unsicherheit bei der Abschätzung der Substrateignung können damit aber falsch negative Befunde vermieden werden.
- D4. Wechsel Moos-Typen zu alternativen Typen aufgrund Anteil Moos auf künstlichem Substrat (R8):** Beträgt der Anteil Moos auf künstlichem Substrat $\geq 80\%$ (R8) können den Moos-Typen zugeordnete Abschnitte alternativen Vegetations-Flusstypen der gleichen Abflussklasse zugewiesen werden. Bei einem nur kleinen Anteil von Moosen auf natürlichem Substrat wird davon ausgegangen, dass das natürliche Substrat für Moos nicht geeignet ist. Dabei geben die

Typ-Wahrscheinlichkeiten (T6) der von Feinsubstrat dominierten Typen (Kapitel 5.4.1 und DA3) Hinweise auf mögliche alternative Typen. Eine Umteilung darf auch bei Typ-Wahrscheinlichkeiten < 10 % erfolgen.

7.2.3 Abschliessende Beurteilung durch den Bearbeiter oder die Bearbeiterin

Weitere Gründe für Typ- und Bewertungswechsel

Neben den bisher aufgeführten Gründen (D1 bis D4), können weitere Gründe (D5 bis D11) einen Typwechsel nahelegen. Letztendlich ist die Aufgabe der Bearbeitenden aufgrund ihrer Ortskenntnisse, ihrem gewässerökologischen Fachwissen und den aufgeführten Regelverletzungen die abschliessende Typzuweisung vorzunehmen und diese gemäss DA3 zu dokumentieren. Folgende Gründe haben bei den bisher untersuchten Abschnitten ebenfalls zu einem Typwechsel geführt:

- D5. **Standortparameter falsch erhoben:** Unplausible Typzuweisungen können aufgrund falsch erhobener Standortparameter zustande kommen. In solchen Fällen weisen auch die berechneten Typ-Wahrscheinlichkeiten nicht auf sinnvolle alternative Typen hin. In diesem Fall müssen die Bearbeitenden die Standortparameter in der Zusammenstellung DA2 „Standort- und Artdaten“ korrigieren und durch eine erneute Auswertung mit dem Tool den Abschnitt dem entsprechenden Vegetations-Flusstyp gemäss Typisierungsschema zuweisen.
- D6. **Einfluss Oberlauf:** Die Vegetation an einem Standort wird durch weitere, bei der Typisierung nicht berücksichtigte Standortfaktoren beeinflusst. So wurde festgestellt, dass einige Untersuchungsabschnitte durch die Vegetationszusammensetzung oder die Standortverhältnisse im Oberlauf (z.B. hohes Gefälle) so stark beeinflusst werden, dass die Bedeutung der Standortfaktoren im Untersuchungsabschnitt selbst in den Hintergrund treten. In solchen Fällen können die Bearbeitenden aufgrund ihrer Ortskenntnis korrigierend eingreifen.
- D7. **Periodische Austrocknung:** In den wenig tiefen Vegetations-Flusstypen (KH, KS-KH, KH-KM) mit sehr kleinem Abfluss (< 20 l/s) könnte eine tiefe absolute Deckung von Helophyten eine Folge periodischen Trockenfallens des Gewässers sein. Gerade in Kleinstgewässern sind die Abflussverhältnisse häufig unbekannt und die modellierten Abflüsse oft ungenau. Um falsch negative Befunde zu vermeiden sind solche Abschnitte, wenn Hinweise auf grössere anthropogene Beeinträchtigungen fehlen, den vegetationsarmen Typen zuzuweisen.
- D8. **Hohe Abflussschwankungen:** Bei einer tiefen absolute Deckung von Aquatischen und Helophyten in unbeschatteten Vegetations-Flusstypen, die im Typisierungsschema (Abbildung 13) an vegetationsarme Typen angrenzen (GS, SGS, MS-MH, MH, MH-MM), muss kritisch hinterfragt werden, ob die Untersuchungsabschnitte natürlicherweise arm an Vegetation sind. Vor allem in grösseren Gewässern (Abfluss ab zirka 1000 l/s) könnten z. B. natürlich bedingte hohe Abflussschwankungen für das Fehlen von aquatischen Makrophyten verantwortlich sein.
- D9. **Grenzen der Typisierung:** Abschnitte die dem vegetationsarmen Typ zugewiesen wurden, weisen vereinzelt hohe Biomassen auf. So wurde in wenigen Fällen eine hohe Moosdeckung in unbeschatteten Abschnitten gefunden oder grosse Gewässer mit hohem Gefälle wiesen eine substantielle Deckung von aquatischen Arten auf. Kann eine Umteilung nicht mit einer ausreichend hohen Typ-Wahrscheinlichkeit, falsch erhobener Standortfaktoren oder dem Einfluss des Oberlaufs begründet werden, kann es an weiteren, im Rahmen der Typisierung

nicht berücksichtigten Faktoren oder einer ungünstig gewählten Typeinteilung liegen. Insbesondere für grosse und sehr grosse Gewässer lagen nur wenige Gewässerabschnitte zur Festlegung der Typgrenzen vor.

D10. **Mehrfachkartierungen erleichtern Typzuweisung:** Im Rahmen von Monitoring-Programmen werden Untersuchungsabschnitte meist mehrmals kartiert, was die Plausibilitätsprüfung erleichtert. Ausnahmesituationen während der Kartierung im Feld können so besser erkannt werden. Die Typeinteilung sollte aufgrund der „Normalsituation“ erfolgen, ein ständiger Wechsel des Typs sollte vermieden werden.

D11. **Verschiedene Gründe:** In dieser Spalte können die Bearbeitenden verbal weitere Gründe für einen Typwechsel aufführen oder zusätzliche Bemerkungen zum Typwechsel notieren.

Gründe für Verzicht auf Typwechsel

Es wird empfohlen, bei Abschnitten mit Regelverletzungen auch den Verzicht auf einen Typwechsel zu begründen. Damit kann auch zu einem späteren Zeitpunkt nachvollzogen werden, weshalb es trotz Regelverletzungen zu keiner Umteilung kam. Folgende Begründungen (D12 bis D14) stehen zur Auswahl:

D12. Der Vegetations-Flusstyp gemäss Typisierungsschema ist trotz Regelverletzung der plausibelste.

D13. Eine bessere Bewertung in einem anderen Typ könnte anthropogen bedingt sein.

D14. Auf einen Typwechsel zu den Moos-Typen oder den Helophyten-Moos-Typen wird verzichtet, da der Anteil Moose auf künstlichem Substrat unklar ist.

7.3 Endprodukte

Das Auswertungs-Tool prüft die Untersuchungsabschnitte auf Plausibilität gemäss Kapitel 7.2.1 und macht Vorschläge für allfällige Umteilungen (Kapitel 7.2.2). Die Bearbeitenden nehmen anschliessend die endgültige Typzuweisung gemäss Kapitel 7.2.2 und 7.2.3 vor und dokumentieren für alle Abschnitte mit Regelverletzungen weshalb eine Umteilung vorgenommen oder der ursprüngliche Typ beibehalten werden. Anschliessend führt das Auswertungs-Tool für diese plausibilisierten Vegetations-Flusstypen die abschliessende Bewertung (B5) durch und erstellt folgende Endprodukte:

- Tabellarische Zusammenstellung aller geprüften Daten der Kartierung sowie aller berechneten Grössen der Typisierung, der Bewertung und der Plausibilitätsprüfung.
- Standardisierte Stellenblätter für alle Untersuchungsabschnitte (siehe A11) mit Informationen zu Standortparametern, Vegetations-Kenngrössen, Typisierung und Bewertung.

Eine detaillierte Dokumentation der durch das Tool erzeugten Endprodukte findet sich in DA3.

Regelprüfung Tool	KS	MS	GS	SGS	KS-KH	MS-MH	KH	MH	KH-KM	MH-MM	KM	MM	GM	SGM	VA
R1 Charakteristische Wuchsform fehlt	A	A	A	A	H/A*	H/A*	H	H	M & H	M & H	M	M	M	M	-
R2 V.- Flusstyp ≠ max. W.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
R3 V.- Flusstyp mit max. W. ≠ beste Bewertung	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-
R4 Absolute Deckung Makrophyten < 10%	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-	-	-	-	-
R5 W. für V.-Flusstyp > W_VA_Typ	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-
• W_VA_Typ	10%	10%	20%	30%	10%	20%	10%	20%	10%	20%	10%	20%	20%	30%	-
R6 Absolute Deckung Makrophyten < 10% und W. für V.-Flusstyp > W_VA_Typ	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-	-	-	-	-
R7 Absolute Deckung Aquatische und Helophyten > 10% in M- und VA-Typen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	X	X	X
R8 Moose zu >80% auf künstlichem Substrat	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	X	X	X	X	-
R9 Substrateignung für Moose fraglich	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	X	X	-
R10 Absolute Deckung Moose > 10% in VA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X
R11 bessere Bewertung in anderem Typ	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	X	X	X	X	X
Vorschläge Typ- oder Bewertungswechsel durch Tool															
U1 Wechsel KS nach KH aufgrund Wuchsform	X	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
U2 Wechsel VA zu H-, S-Typen aufgrund hoher D.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X
U3 Wechsel VA zu H-, S-Typen aufgrund moderater D.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X
U4 Wechsel VA zu M-Typen aufgrund hoher D.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X
V1 Wechsel Bewertung S-H-Typen aufgrund W.	-	-	-	-	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-
V2 Wechsel Grössenklasse aufgrund W.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-
V3 Wechsel H-, S-, M-Typen zu VA aufgrund kleiner D.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-
V4 Wechsel H-M, M-Typen und VA zu besser bewerteten Typen									X	X	X	X	X	X	X
Dokumentation Typ- oder Bewertungswechsel durch Bearbeitende															
D1 Wechsel Typen aufgrund Vorschläge Tool	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
D2 Wechsel Typen aufgrund hoher W.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-
D3 Wechsel M-Typen zu VA aufgrund Substrateignung	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	X	X	-
D4 Wechsel M-Typen aufgrund Anteil Moose auf künstl. Substrat	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	X	X	-
D5-D11 verschiedene Gründe für Typwechsel	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
D12-D14 Gründe für Verzicht auf Typwechsel	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Tabelle 13 Regeln zur Überprüfung der Plausibilität sowie Vorschläge für und Dokumentation von Typwechseln: typspezifisch (X) = zu berücksichtigen, (-) nicht zu berücksichtigen.

Abkürzungen für Wuchsformen: A = Aquatische; H = Helophyten; M = Moose; H/A* = Wuchsform des bewertungsrelevanten Typs.

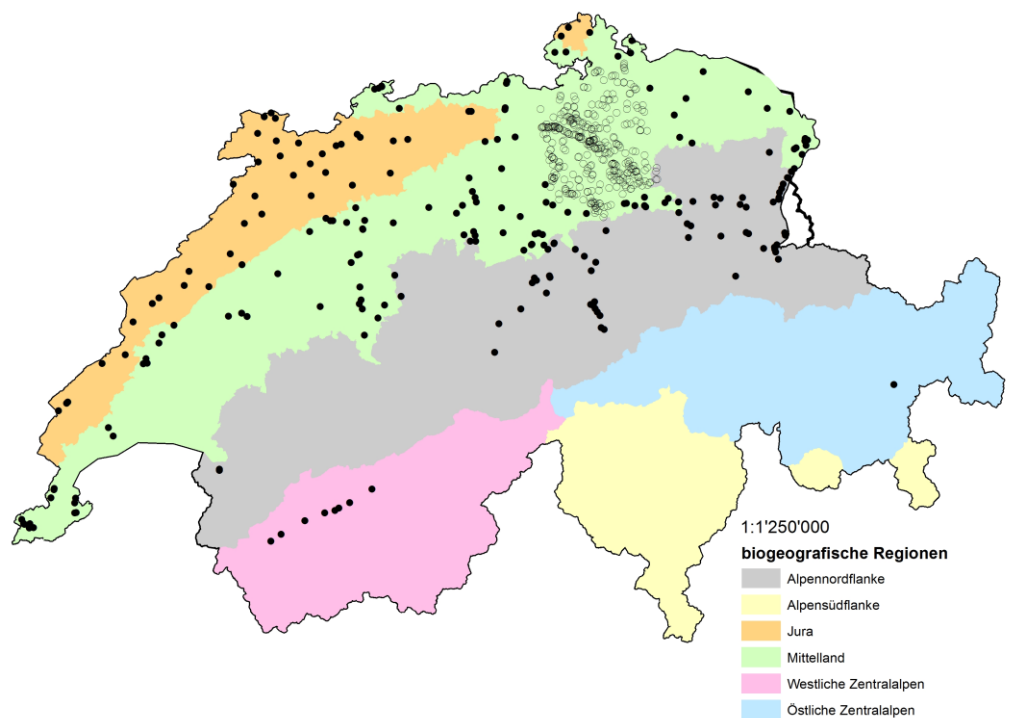
Abkürzungen für Vegetations-Flusstypen (in kursiv): siehe Tabelle 5

Abkürzungen in Regeln, Vorschlägen und Dokumentation: V.- Flusstyp = Vegetations-Flusstyp; W. = Wahrscheinlichkeit; D = Deckung

Anhang

A1 Datensatz Schweiz

Die Karte zeigt die geografische Verteilung der für die Methodenentwicklung verwendeten Untersuchungsabschnitte. Mittels statistischer Verfahren wurde zuerst geprüft, ob sich die Untersuchungsabschnitte aus der Schweiz und dem Kanton Zürich bezüglich Standortverhältnissen und Zusammensetzung der Vegetation unterscheiden. Da dies nicht der Fall war, wurde die Methodenentwicklung mit dem Gesamtdatensatz durchgeführt.



Vegetations-Flusstyp		Anzahl Stellen	Häufigkeit [%]
KS	Kleiner Submersenbach	49	6
MS	Mittlerer Submersenbach	48	6
GS	Grosser Submersenbach	11	1
SGS	Sehr grosser Submersenbach	37	5
KS-KH	Kleiner Submersen-Helophyten Übergangsbach	66	8
MS-MH	Mittlerer Submersen-Helophyten Übergangsbach	25	3
KH	Kleiner Helophytenbach	110	13
MH	Mittlerer Helophytenbach	46	6
KH-KM	Kleiner Helophyten-Moos Übergangsbach	19	2
MH-MM	Mittlerer Helophyten-Moos Übergangsbach	27	3
KM	Kleiner Moosbach	65	8
MM	Mittlerer Moosbach	15	2
GM	grosser Moosbach	3	0
SGM	Sehr grosser Moosbach	14	2
VA (UB)	Vegetationsarme Bäche, unbeschattet	109	13
VA (B)	Vegetationsarme Bäche, beschattet	140	17
A	Grosse Flüsse > 10'000 L/s	36	4
Total		820	

A2 Material für die Felderhebung

Folgendes Material wird für die Felderhebung benötigt:

- Landeskarte 1:25'000 / Pläne in einem dem Untersuchungszweck angepassten Massstab zum Eintrag der kartierten Untersuchungsstrecken (1:5000, 1:10'000)
- GPS
- Protokollblätter mit Schreibunterlage, Schutzhülle, Bleistifte
- Kamera zur Dokumentation der Untersuchungsstrecken
- Klappmeter zur Bestimmung der Wassertiefe oder Messstab
- Ev. Strömungsmessgerät, z. B. Typ „Flowatch“
- Wathosen/ Fischerstiefel
- Schwimmweste
- Wurfangel und/oder Pflanzenhaken oder Rechen mit langem Stiel zur Entnahme von Pflanzen an tieferen Gewässerstellen
- Handlupe (mind. 10-fache Vergrößerung)
- 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
- Bestimmungsliteratur

Stellen Code:		Datum / Zeit:	/	BearbeiterIn:	
Gewässer:		Kanton:		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
ÖkF	

Gefälle T	
Wert GIS:	%
Datenquelle GIS	
Schätzung Feld:	%

Abfluss T	Mittelwert	Tageswert
Wert Hydrometrie	l/s	l/s
Nr. Station:	<input type="checkbox"/> Abschnitt	<input type="checkbox"/> Nähe
Wert GIS	l/s	
Datenquelle GIS:		
Schätzung Feld	l/s	

Tiefe	Tages-tiefe	Tiefe b. mitt. W.-stand T
Mittlere	m	m
Maximale	m	
Variabilität	<input type="checkbox"/> Ausgeprägt <input type="checkbox"/> Mässig <input type="checkbox"/> Keine	

Beschattung T	
Schätz. Feld	%

Strömung	m/s	Anteil
Schätzung Mittelwert Feld		-
Fast stehend o. Kehrströmung	< 0.03	%
Sehr langsam fliessend	0.03-0.1	%
Langsam fliess., fast glatt	0.1-0.3	%
Schnell fliess., wenig turbulent	0.3-1	%
Sehr schnell fliess., turbulent	>1	%

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

Substrat T	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		%
künstl. Substr.		%

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

Verbauung Böschungsfuss ÖkF			
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"/>
		Andere / undurchlässig	<input type="checkbox"/>

Uferbereich ÖkF		
	links	rechts
Breite	m	m
Dominanter Typ pro Seite		
Röhricht, Ried	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wald	<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"/>
Kies, Geröll, Fels	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Anderes:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Umland ÖkF		
	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 ÄÄ				
	Kein(e)	Leicht/ mittel	Viel/ stark	Bemerkung
Kolmation	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Trübung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

T: Standortparameter für die Typisierung

ÖkF: Parameter der Ökomorphologie Stufe F des Modul-Stufen-Konzepts

ÄÄ: Parameter des Äusseren Aspekts des Modul-Stufen-Konzepts

Stellen Code:		Datum / Zeit:	/	BearbeiterIn:	
Gewässer:		Kanton:		Nr. Fotos:	

Absolute Gesamtdeckung und unbedecktes Substrat

Gesamtdeckung	%	Anteil unbedecktes Substrat	%
---------------	---	-----------------------------	---

Absolute Deckung der einzelnen Taxa

[illegible]

Bemerkungen

Gewässer watbar: Ja ☐ Nein ☐ Von beiden Ufern kartiert: Ja ☐ Nein ☐ Von Ufer kartiert: Links ☐ Rechts ☐

Gibt es Hinweise, dass Stelle vor kurzem entkrautet: Sohle Ja ☐ Nein ☐ Böschung Ja ☐ Nein ☐

Terrestrische Neophyten im Uferbereich: Links Nein ☐ Ja ☐ vereinzelt ☐ häufig ☐ massenhaft ☐
Rechts Nein ☐ Ja ☐ vereinzelt ☐ häufig ☐ massenhaft ☐

Kommentare (Stau- oder Restwasserstrecke, nahe Seeausfluss, auffällige Einleitung, heterotropher Bewuchs, Verkrautung, Wetter, Zugänglichkeit der Stelle, besondere Arten,...)

A4 Bestimmungsliteratur

Autoren von Bestimmungsliteratur, auf welche die Taxaliste hinweist, sind fett gedruckt.

Aquatische Pflanzen

- Casper, S. J. und Krausch, H.-D. 1980/ 1981, Nachdruck 2008:** Süßwasserflora von Mitteleuropa (Band 23 und 24) - Pteridophyta und Anthophyta. Springer Spektrum, Heidelberg 404/ 530 S.
- Lansdown, R. V. 2008: Water-Starworts Callitriche of Europe. Botanical Society of the British Isles. Handbook No 11.180 S.
- Lansdown, R. V. 2009:** A Field Guide to the Riverine Plants of Britain and Northern Ireland. 2nd Revised Edition. Ardeola. 335 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.
- Oldorff, S. et al. 2017 : Pflanzen im Süßwasser. Franckh-Kosmos Verlags-GmbH & Co., Stuttgart. 288 S.
- Preston, C. D. 1995: Pondweeds of Great Britain and Ireland, Botanical Society of the British Isles. Handbook No 8. 352 S.
- Van de Weyer, K. und Schmidt, C. 2011:** Bestimmungsschlüssel für die aquatischen Makrophyten (Gefäßpflanzen, Armleuchteralgen und Moose) in Deutschland. Band 1: Bestimmungsschlüssel. Fachbeiträge des LUGV, Heft Nr. 119. Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz (LUGV). 166 S.
- Van de Weyer, K. und Schmidt, C. 2011:** Bestimmungsschlüssel für die aquatischen Makrophyten (Gefäßpflanzen, Armleuchteralgen und Moose) in Deutschland. Band 2: Abbildungen. Fachbeiträge des LUGV, Heft Nr. 120. Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz (LUGV). 374 S.

Gefäßpflanzen allgemein

- Binz, A. 1990: Schul- und Exkursionsflora für die Schweiz mit Berücksichtigung der Grenzgebiete: Bestimmungsbuch für die wildwachsenden Gefäßpflanzen. 19. Auflage. Schwabe, Basel. 659 S.
- Eggenberg, S. und Möhl A. 2013:** Flora Vegetativa: ein Bestimmungsbuch für Pflanzen der Schweiz im blütenlosen Zustand. Haupt Verlag, Bern. 736 S.
- Fitter, R. et al. 2016: Guide des graminées, carex, joncs et fougères. Neuchâtel, Delachaux et Niestlé. 256 S.
- Graf, U.H. 2014:** Schlüssel zur Bestimmung von nichtblühenden Seggen, Binsen und anderen Sauergräsern in der Schweiz. Cyperaceae, Juncaceae, Juncaginaceae, Scheuchzeriaceae WSL Ber. 10: 129 S.
- Hess, H.E. et al. 2015: Bestimmungsschlüssel zur Flora der Schweiz und angrenzender Gebiete. 7. Auflage. Springer, Basel. 711 S.
- iGräser:** App zur Bestimmung von Gräsern (Android & iOS)
<https://www.zhaw.ch/de/lsvm/dienstleistung/institut-fuer-umwelt-und-natuerliche-ressourcen/igraeser/> 14.2.2017.
- Lauber, K. et al. 2012:** Flora Helvetica mit Bestimmungsschlüssel. 5. Auflage. Haupt, Bern. 1656 S. resp. 290 S.
- Jäger, E. J. et al. 2017:** Rothmaler - Exkursionsflora von Deutschland, Gefäßpflanzen: Atlasband. Springer Spektrum, Berlin. 814 S.
- Poland, J. und Clement, E. J. 2009:** The vegetative key to the British flora: Botanical Society of the British Isles. 526 S.

Moose

- Bailly, G., Vadam, J.C. und Vergon, J.P. 2004: Guide pratique d'identification des bryophytes aquatiques. Besançon, Dren 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.
- Frahm, J.-P. 1998: Moose als Bioindikatoren. Quelle & Meyer, Wiesbaden. 187 S.
- Frahm, J.-P. und Frey, W. 2004:** Moosflora. Ulmer, Stuttgart. 538 S.
- Frey, W. et al. 1995:** Die Moos- und Farnpflanzen Europas. 6. Auflage, Fischer Verlag, Stuttgart. 426 S.
- Nebel, M. und Philippi, G. 2000:** Die Moose Baden-Württembergs. Band 1: Allgemeiner Teil, Spezieller Teil (Bryophytina I, Andreaeales bis Funariales). Eugen Ulmer, Stuttgart. 512 S.
- Nebel, M. & Philippi, G. 2001:** Die Moose Baden-Württembergs. Band 2: Spezieller Teil (Bryophytina II, Schistostegales bis Hypnobryales). Eugen Ulmer, Stuttgart. 529 S.
- Nebel, M. & Philippi, G. 2005:** Die Moose Baden-Württembergs. Band 3: Spezieller Teil (Bryophyta: Sphagnopsida, Marchantiophyta, Anthocerotophyta). Eugen Ulmer, Stuttgart. 487 S.
- Schnyder, N. 1997: Bestimmungshilfe für einige häufige, leicht verwechselbare pleurokarpe Wassermoose. Meylania 12: 32 -33.

Armleuchteralgen

- Bailly, G. und Schaefer, O. 2010: Guide illustré des Characées du nord-est de la France. Conservatoire botanique national de Franche-Comté.
- Corillion R., 1975: Flore et végétation du Massif Armoricaïn. T. IV. Flore des Charophytes (Characées) du Massif Armoricaïn et des contrées voisines d'Europe occidentale. Jouve ed., Paris. 216 p.
- Krause, W. 1997:** Süßwasserflora von Mitteleuropa (Band 18) - Charales (Charophyceae). Gustav Fischer Verlag, Jena. 202 S.
- Sellier, J. und Lambert, E. 2012: Initiation à l'étude des characées. Exemple appliqué à la réserve naturelle du Pinail. 64 S.

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.
- Laplace-Treytore, C., Peltre, M.-C., Lambert, E., Rodriguez, S., Vergon J.-P. und Chauvain, C. 2014: Guide pratique de détermination des algues macroscopiques d'eau douce et de quelques organismes hétérotrophes. Version électronique (pdf). Les Editions d'Irstea Bordeaux, Cestas, 204 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.

A5 Häufige Makrophytentaxa: Gefässpflanzen

Im Rahmen der MSK-Methodenentwicklung wurden bisher Makrophytenerhebungen von 839 Untersuchungsabschnitten berücksichtigt. Die 30 von insgesamt 96 gefundenen Gefässpflanzen-Taxa, die an mehr als 30 Abschnitten gefunden wurden, sind nachfolgend aufgeführt.

Taxon	Anzahl Abschnitte	Häufigkeit (%)
<i>Phalaris arundinacea</i> L.	395	47
<i>Agrostis stolonifera</i> L.	330	39
<i>Nasturtium officinale</i> R. Br.	321	38
<i>Veronica anagallis-aquatica</i> L.	276	33
<i>Veronica beccabunga</i> L.	216	26
<i>Phragmites australis</i> (Cav.) Steud.	142	17
<i>Glyceria</i> sp. (<i>fluitans</i> oder <i>notata</i>)	108	13
<i>Berula erecta</i> (Huds.) Coville	101	12
<i>Sparganium</i> sp. (<i>erectum</i> oder <i>emersum</i>)	96	11
<i>Myriophyllum spicatum</i> L.	95	11
<i>Ranunculus trichophyllus</i> Chaix s.str.	90	11
<i>Ranunculus fluitans</i> Lam.	89	11
<i>Glyceria notata</i> Chevall.	77	9
<i>Callitriche</i> sp.	76	9
<i>Iris pseudacorus</i> L.	66	8
<i>Carex acutiformis</i> Ehrh.	63	8
<i>Glyceria fluitans</i> (L.) R. Br.	62	7
<i>Sparganium erectum</i> L. s.l.	59	7
<i>Elodea canadensis</i> Michx.	57	7
<i>Carex</i> sp.	57	7
<i>Potamogeton crispus</i> L.	47	6
<i>Scirpus sylvaticus</i> L.	45	5
<i>Deschampsia cespitosa</i> (L.) P. Beauv.	44	5
<i>Mentha aquatica</i> L.	40	5
<i>Typha latifolia</i> L.	39	5
<i>Equisetum palustre</i> L.	37	4
<i>Schoenoplectus lacustris</i> (L.) Palla	37	4
<i>Potamogeton natans</i> L.	35	4
<i>Elodea nuttallii</i> (Planch.) H. St. John	34	4
<i>Groenlandia densa</i> (L.) Fourr.	34	4

A6 Häufige Makrophytentaxa: Moose

Im Rahmen der MSK-Methodenentwicklung wurden bisher Makrophytenerhebungen von 839 Untersuchungsabschnitten berücksichtigt. Die 21 von insgesamt 40 gefundenen Moosen, die an mehr als 10 Abschnitten gefunden wurden, sind nachfolgend aufgeführt.

Taxon	Anzahl Abschnitte	Häufigkeit (%)
<i>Rhynchostegium riparioides</i> (Hedw.) Cardot	398	47
<i>Fontinalis antipyretica</i> Hedw.	345	41
<i>Leptodictyum riparium</i> (Hedw.) Warnst.	251	30
<i>Fissidens crassipes</i> Bruch & Schimp. subsp. <i>crassipes</i>	208	25
<i>Cratoneuron filicinum</i> (Hedw.) Spruce	152	18
<i>Cinclidotus riparius</i> (Brid.) Arn.	71	8
<i>Brachythecium rivulare</i> Schimp.	57	7
<i>Hygroamblystegium tenax</i> (Hedw.) Jenn.	45	5
<i>Pellia endiviifolia</i> (Dicks.) Dumort. subsp. <i>endiviifolia</i>	42	5
<i>Hygrohypnum luridum</i> (Hedw.) Jenn.	32	4
<i>Hygroamblystegium fluviatile</i> (Hedw.) Loeske	28	3
<i>Thamnobryum alopecurum</i> (Hedw.) Gangulee	22	3
<i>Cinclidotus fontinaloides</i> (Hedw.) P.Beauv.	22	3
<i>Marchantia polymorpha</i> L.	20	2
<i>Palustriella commutata</i> aggr.	17	2
<i>Calliergonella cuspidata</i> (Hedw.) Loeske	15	2
<i>Conocephalum conicum</i> (L.) Dumort.	13	2
<i>Cinclidotus danubicus</i> Schiffn. & Baumgartner	13	2
<i>Palustriella falcata</i> (Brid.) Hedenäs	11	1
<i>Cinclidotus aquaticus</i> (Hedw.) Bruch & Schimp.	11	1

A7 Vergleich der Vegetations-Kenngrößen von Referenzabschnitten mit den am stärksten belasteten Abschnitten

Dargestellt ist für die verschiedenen Wuchsformen-Gruppen (S = Submersen-Typen: KS, MS-GS, SGS; S-H = Submersen-Helophyten-Typen: KS-KH, MS-MH; H = Helophyten-Typen: KH, MH; H-M = Helophyten-Moos-Typen: KH-KM, MH-MM; M = Moos-Typen: KM, MM-GM-SGM) wie sich die Vegetations-Kenngrößen der Referenzabschnitte von den Abschnitten mit stärkster anthropogener Belastung unterscheiden. Ein Plus (+) bedeutet, dass die Vegetations-Kenngrösse in den Referenzabschnitten einen höheren, ein Minus (-) einen tieferen Wert hat als in den anthropogen stärker belasteten Abschnitten. Die Anzahl „Plus“ und „Minus“ gibt an, ob für den betreffenden Parameter ein signifikanter Unterschied zwischen belasteten und Referenz-Abschnitten bestand (zwei Plus oder Minus; $p < 0.1$, Wilcoxon Rangsummentest), oder nur ein klarer Trend im Boxplot erkennbar war (ein Plus oder Minus; $p \geq 0.1$, Wilcoxon Rangsummentest) siehe auch DA6. Die Anzahl Sterne gibt jeweils die Anzahl Vegetations-Flusstypen pro Wuchsformengruppe an, die einen identischen signifikanten Zusammenhang zeigen. In Klammer hinter den Vegetations-Kenngrößen ist die Kurz-Bezeichnung für die Vegetations-Kenngrösse angegeben, die auch in DA6 verwendet wird. In Klammer hinter den Bezeichnungen für die Wuchsformen-Gruppen ist die Anzahl zugeordneter Vegetationsflusstypen aufgeführt.

Vegetations-Kenngrößen	Wuchsformen-Gruppen				
	S (3)	S-H (2)	H (2)	H-M (2)	M (2)
Anzahl Helophyten (n.helo)	++**		++*	++*	
Anzahl Aquatische (n.aquat)	++*	+			
Anzahl Moose (n.moos)			-	--	++**
Anzahl Wuchsformen Helophyten (n.grfo.helo)	++**		++**		
Anzahl Wuchsformen Aquatische (n.grfo.aquat)	++**	++			
Anteil Helophyten (dg.helo.rel)	++*	+	++*	++	
Anteil Aquatische (dg.aquat.rel)	-*				
Anteil Moose (dg.moos.rel. adj.)			--		++*
Anteil Algen (dg.alga.rel)					--*
Absolute Deckung Helophyten (dg.helo.abs)	++*	++*	++**	++*	
Absolute Deckung Aquatische (dg.aquat.abs)					
Absolute Deckung Moose (dg.moos.abs)					
Absolute Deckung Algen (dg.alga.abs)					--*
Gleichverteilung der Taxa (heip.index.bry)	++*	++			
Artqualität Makrophyten (n.leitarten.mak)	++*		++*	++*	
Artqualität Moose (n.leitarten.bry)			-	--	++**

A8 Bewertungsziele und Attribute der Endknoten

Die Bewertung der Vegetation gemäss Zielhierarchien erfolgt aufgrund folgender Bewertungsziele (unterstrichen) und Bewertungsattribute (kursiv):

Vegetations-Flusstypen mit höheren Makrophyten: Zielhierarchie gemäss Abbildung 27:

- **Viele Arten typgerechte Wuchsform(en)**: Dieses übergeordnete Bewertungsziel bewertet, anhand der typspezifischen Endknoten-Bewertungsziele Viele Arten Moose (*n.moos*), Viele Arten Helophyten (*n.helo*) und Viele Arten aquatische Makrophyten (*n.aquat*), die typgerechte Art-Diversität eines Erhebungsabschnitts. Ist eine Art mit mehreren Wuchsformen im Untersuchungsabschnitt vorhanden (Tabelle 2), wird sie nur einmal bei Viele Arten Helophyten (*n.helo*) berücksichtigt. Die Bewertung erfolgt typspezifisch. Aus ökologischen Überlegungen wird davon ausgegangen, dass mehr typische Arten einen besseren ökologischen Zustand darstellen. Je nach Vegetations-Flusstyp werden dabei verschiedene der oben genannten Attribute bewertet, da nicht alle Wuchsformengruppen in allen Vegetations-Flusstypen natürlicherweise vorhanden sein müssen.
- **Viele Arten**: Bewertet wird, als Bonus zum übergeordneten Bewertungsziel Viele Arten typgerechte Wuchsform(en), die Gesamtzahl aller Makrophyten-Arten in einem Abschnitt anhand des Attributs *n.taxa*. Die Bewertung erfolgt typspezifisch. Gemäss Kohler et al.⁶¹ ist ein guter Zustand der Vegetation dann gegeben, wenn ein weites Spektrum an floristischen Zonen existiert, die vielfältige Standortqualitäten widerspiegeln. Auch Arten die nicht typspezifisch sind, verbessern demnach den strukturellen Zustand des Gewässers, schaffen zusätzlichen Lebensraum für andere Organismen (z. B. Makrozoobenthos) und sind Teil der aquatischen Nahrungskette.
- **Viele typgerechte Wuchsformen**: Je nach Standortverhältnissen werden Gewässer von unterschiedlichen Wuchsformen besiedelt. Dabei besteht ein Zusammenhang zwischen der Wuchsform und den ökologischen Ansprüchen einer Art. Das Wuchsformen-Spektrum lässt damit Rückschlüsse auf die vorherrschenden Bedingungen im Gewässer zu. Laut Van de Weyer et al.⁶² führen mehr standorttypische Wuchsformen zu einer höheren Habitatdiversität im Gewässer und damit einem besseren ökologischen Zustand. Es hat sich zudem gezeigt, dass Wuchsformen im Vergleich zu rein artspezifischen Bewertungsansätzen eine zeitlich konsistentere Bewertung von Makrophyten-Gemeinschaften erlauben, weil sie weniger stark zufälligen kurzzeitigen Schwankungen unterworfen sind⁶³. Wir bewerten daher, analog zu den Arten, anhand der Bewertungsziele Viele helophytische Wuchsformen (Attribut: *n.grfo.helo*) und Viele aquatische Wuchsformen (Attribut: *n.grfo.aquat*), die Anzahl typspezifischer Wuchsformen basierend auf einer modifizierten Klassierung von Van de Weyer⁶² (Tabelle 1).
- **Viele Wuchsformen**: Bewertet wird, als Bonus zu Viele typgerechte Wuchsformen, die Gesamtanzahl Wuchsformen in einem Abschnitt anhand des Attributs *n.grfo*. Dies mit der Begründung, dass selbst atypische Wuchsformen an einem Standort den strukturellen Zustand des Gewässers verbessern. Die Bewertung erfolgt typspezifisch.
- **Typgerechter Anteil Makrophyten**: Bewertet wird, anhand der typspezifischen Bewertungsziele Typgerechter Anteil Moose Adj. (*dg.moos.rel.adj*), Typgerechter Anteil Helophyten (*dg.helo.rel*) und Typgerechter Anteil aquatische Makrophyten (*dg.aquat.rel*), der relative Anteil der höheren Makrophyten an der Gemeinschaft. Je

⁶¹ Kohler, A. und Veit, U. 2003: Die EU-Wasserrahmenrichtlinie – Anmerkungen aus Sicht der Makrophyten-Forschung in Fließgewässern. Ber. Inst. Landschafts-Pflanzenökologie Univ. Hohenheim. Heft 11/12; S. 57-72.

⁶² Van de Weyer, K. 2015: NRW-Verfahren zur Bewertung von Fließgewässern mit Makrophyten - Fortschreibung und Metrifizierung. LANUV-Arbeitsblatt 30. Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz, Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf (141 S.) www.lanuv.nrw.de.

⁶³ Wiegleb, G. et al. 2016: Comparative test of ecological assessment methods of lowland streams based on long-term monitoring data of macrophytes. Science of the Total Environment, 541, 1269-1281.

nach Vegetations-Flusstyp wird eine andere Zusammensetzung der Vegetation erwartet. Ein Vergleich der relativen Häufigkeit der Helophyten und verschiedenen morphologischen Parametern zeigen (Anhang A7), dass der Anteil Helophyten mit zunehmendem Verbau der Gewässer zurückgeht. Das Fehlen einer Ufersaumvegetation weist deshalb auf Defizite in der Gewässerstruktur hin und wird negativ bewertet.

- **Keine Neophyten:** Die Einwanderung gebietsfremder Arten stellt eine zunehmende Herausforderung für den Gewässerschutz dar. Neophyten sind in den Gewässern unerwünscht. Bewertet wird, als Malus auf das Bewertungsziel Typgerechter Anteil Makrophyten, der relative Flächenanteil neophytischer Arten anhand des Attributs *dg.neo.rel*. Um einen sehr guten Zustand bei diesem Bewertungsziel zu erreichen, dürfen keine Neophyten im Gewässer vorhanden sein, ein guter Zustand kann noch mit einem Neophyten-Anteil von maximal 20% erreicht werden.
- **Geringer Anteil Algen:** Bewertet wird, als Malus auf das Bewertungsziel Typgerechter Anteil Makrophyten, der relative Anteil Algen (*dg.alga.rel*) anhand des Bewertungsziels Geringer Anteil Algen. Ein erhöhter Anteil Algen, auf Kosten des Anteils Makrophyten, kann auf Störungen im Gewässer hinweisen: eine Verbauung der Gewässersohle (häufig zusammen mit einem erhöhten Anteil Moose), eine erhöhte Nährstoffbelastung⁶² (wenn gleichzeitig die absolute Algen-Deckung hoch ist, siehe auch Bewertungsziel Geringe Deckung Algen) oder sonstige Störungen im Gewässer, die das Aufkommen von höheren Makrophyten verhindern.
- **Typgerechte Dominanz Arten:** Die Diversität eines Abschnitts setzt sich aus der Anzahl Arten („Richness“) und der Evenness („flächenmässige Verteilung“) der Arten zusammen. Die Evenness ist dabei ein Mass für die Dominanz einzelner Arten in einem Gewässerabschnitt. Ein Abschnitt mit vielen Arten, der flächenmässig durch eine Art dominiert wird, ist schlechter zu bewerten als wenn alle Arten mit vergleichbaren Anteilen vorkommen. Von aquatischen Arten dominierte Vegetations-Flusstypen weisen natürlicherweise eine höhere Dominanz einzelner Arten auf als von Helophyten dominierte Typen. Die Bewertung erfolgt somit typspezifisch anhand des Heips Evenness Index⁶⁴ (Attribut: *heip.index.bry*). Dieser Index quantifiziert die Evenness möglichst unabhängig von der Anzahl Arten eines Abschnitts auf einer Skala von 0 bis 1. Bei maximaler Dominanz strebt er gegen 0. Da die Deckung der Moose gesamthaft und nicht pro Art abgeschätzt wird, gehen Moose als ein Sammel-Taxon in die Berechnung des Heip Index ein. Ebenso geht der Anteil der Algen gesamthaft in die Berechnung ein.
- **Typgerechte Deckung Makrophyten:** Bewertet wird, anhand des typspezifischen Bewertungsziels Typgerechte Deckung Makrophyten (*dg.makro.abs*) die absolute Deckung an höheren Makrophyten (d.h. Summe der Deckung von Moosen, Helophyten und aquatischen Makrophyten). Dabei wird sowohl eine sehr geringe („Verarmung“) als auch eine sehr hohe („Übermass“) Deckung als ökologisch schlecht beurteilt.
- **Geringe Deckung Algen:** Eine hohe Deckung grün gefärbter Fadenalgen (z.B. *Cladophora* sp., *Spirogyra* sp.) und polsterbildender Algen (z.B. *Vaucheria* sp.) weist in vielen Fällen auf eine anthropogene Belastung hin und wird negativ bewertet⁶². Bewertet wird, anhand des Attributs *dg.alga.abs*, die absolute Algen-Deckung als Malus auf das Bewertungsziel Typgerechte Deckung Makrophyten.

Das Vorkommen seltener oder gewässertypspezifischer Arten wird, wie bei Kohler⁶¹ vorgeschlagen, bei der Bewertung berücksichtigt. Die Bewertungsziele Hoher Wert Leitarten und Hohe Priorität Arten ergänzen als Bonus das Bewertungsziel Typgerechte Gemeinschaft.

- **Hoher Wert Leitarten:** Leitarten widerspiegeln die biologische Qualität eines Gewässerabschnitts in Hinblick auf die Erhaltung der Biodiversität. Bewertet wird das Vorkommen von Leitarten anhand der Bewertungsziele Hoher Wert Leitarten Makrophyten (*n.leitarten.mak.1*, *n.leitarten.mak.2*, *n.leitarten.mak.3*) und Hoher Wert Leitarten

⁶⁴ Magurran, A. E. 2013: Measuring biological diversity. John Wiley & Sons.

Moose (*n.leitarten.bry.1*, *n.leitarten.bry.2*, *n.leitarten.bry.3*), jeweils anhand der Anzahl Arten je Leitwert (1 = Indikatorart für mässige Qualität bis 3 = Indikatorart für sehr gute Qualität). Für die Vegetations-Flusstypen mit höheren Makrophyten basiert die Bewertung auf den Leitarten der höheren Makrophyten. Die Bewertung der Moos-Leitarten fliesst als Bonus mit halbem Gewicht ein (Abbildung 27). Die Einstufung der Arten als Leitarten bei den höheren Makrophyten erfolgte durch das nationale Daten- und Informationszentrum der Schweizer Flora (www.infoflora.ch).

- **Hohe Priorität Arten:** (*n.priority.1*, *n.priority.2*, *n.priority.3*): Zielarten sind gefährdete und zumeist seltene bis sehr seltene Arten. Es handelt sich durchwegs um national prioritäre Arten⁵⁰, deren Vorkommen für den Erhalt der Biodiversität in der Schweiz als wichtig erachtet wird. Werden sie in einem Gewässerabschnitt festgestellt, sollten Schutz- und Fördermassnahmen evaluiert werden um die Arten zu erhalten. Bewertet wird das Vorkommen national prioritärer Arten anhand der Attribute *n.priority.1*, *n.priority.2*, *n.priority.3* und *n.priority.4*, welche die Anzahl Arten in der jeweiligen Prioritätsklasse im Abschnitt widerspiegeln (1 = sehr hohe nationale Priorität bezüglich Art-erhaltung bis 4 = mässige nationale Priorität bezüglich Arterhaltung). Die Einstufung der Arten erfolgte durch das nationale Daten- und Informationszentrum der Schweizer Flora (www.infoflora.ch).

Moos-Typen: Zielhierarchie gemäss Abbildung 28

Bei den Moos-Typen stehen viel weniger Bewertungskriterien zu Verfügung, da sie natürlicherweise fast nur von Moosen besiedelt werden und meist eine kleine absolute Deckung aufweisen. In diesen Typen kommt daher ein reduziertes, von den höheren Makrophyten abgeleitetes Set von Bewertungsattributen zum Einsatz, die auf folgenden Bewertungszielen (fett gedruckt) und Bewertungsattributen (kursiv fett gedruckt) basiert:

- **Viele Arten Moose:** In diesen Flusstypen können natürlicherweise nur Moose als Wuchsform erwartet werden. Das Attribut bewertet die Anzahl Moosarten in einem Abschnitt anhand des Attributs *n.moos*, wobei das Vorkommen von mehr Arten einen besseren ökologischen Zustand darstellt.
- **Viele Arten:** Bewertet wird, als Bonus zum Bewertungsziel Viele Arten Moose, die Gesamtzahl aller Makrophyten-Arten in einem Abschnitt anhand des Attributs *n.taxa*. Die Bewertung erfolgt typspezifisch. Die ökologische Begründung ist, dass auch in den Moos-Flusstypen das Vorkommen weiterer höherer Makrophyten den strukturellen Zustand des Gewässers verbessern.
- **Typgerechter Anteil Moose adj.:** Bewertet wird der relative Anteil Moose im Abschnitt anhand des Attributs *dg.moos.rel.adj*, wobei ein höherer Anteil Moose als naturnäher gilt und besser bewertet wird. Ein Unterschied zu den höheren Makrophyten ist, dass Moose durch harte Verbauungen gefördert werden können (Anhang A7). Der Anteil Moose auf künstlichem Substrat fliesst daher nur zu einem Drittel in die Bewertung ein. Das Attribut für die Bewertung berechnet sich als: $dg.moos.rel.adj = Prop_{nat\ddot{u}rlich} \times dg.moos.rel + 1/3 \times Prop_{k\ddot{u}nstlich} \times dg.moos.rel$. Der Anteil Moose auf künstlichem Substrat fliesst *per se* nicht in die Bewertung ein, wird aber in der Zielhierarchie als Interpretationshilfe dargestellt (*prop.kuenstlich*).
- **Keine Neophyten:** In den Moos-Typen sind in der Regel keine Neophyten vorhanden. Dieses Bewertungsziel mit dem Attribut *dg.neo.rel* wird in der Wertefunktion der Moos-Typen dennoch analog zu den Flusstypen mit höheren Makrophyten weitergeführt, da nicht ausgeschlossen werden kann, dass neophytische Helophyten vereinzelt vorkommen können. Die Bewertung und Begründung erfolgt wie bei den höheren Makrophyten.
- **Geringer Anteil Algen:** Mit der gleichen Begründung wie bei den Vegetations-Flusstypen mit höheren Makrophyten erfolgt die Bewertung dieses Bewertungsziel an Hand des Attributs *dg.alga.rel*.

- **Geringe Deckung Algen:** siehe Begründung bei Vegetations-Flusstypen mit höheren Makrophyten. Die in der Regel geringe Moos-Biomasse wird in den Moos-Typen nicht bewertet, daher verschlechtert das Attribut *dg.alga.abs* hier als Malus direkt die übergeordneten Bewertungsziele Typgerechte Diversität und Typgerechte Zusammensetzung.

Das Vorkommen seltener oder gewässertypspezifischer Arten wird analog zu den Vegetations-Flusstypen mit höheren Makrophyten berücksichtigt.

- **Hoher Wert Leitarten:** Bei der Festlegung der Leitwerte der Moose wurde die Seltenheit der Arten und ihre spezifische Bindung an die Fließgewässer stärker berücksichtigt als bei den höheren Makrophyten. Die Leitwerte der Moose und höheren Makrophyten können deshalb nicht direkt miteinander verglichen werden. Die Bewertung der Leitarten bei den Moosen wurde entsprechend angepasst. Für die Moos-Flusstypen basiert die Bewertung des Ziels Hoher Wert Leitarten daher auf der Anzahl Moosarten je Leitwert (Attribute: *n.leitarten.bry.1*, *n.leitarten.bry.2*, *n.leitarten.bry.3*). Die Bewertung der höheren Makrophyten-Leitarten fließt, mit den gleichen Attributen wie bei den höheren Makrophyten, als Bonus mit halbem Gewicht in die Bewertung ein (Abbildung 28). Die Einstufung der Arten als Leitarten bei den Moosen erfolgte durch die Moosexperten und -expertinnen der Forschungsstelle Umweltbeobachtung (FUB AG).
- **Hohe Priorität Arten:** Die prioritären Arten bei den Moosen wurden analog zu den höheren Makrophyten und entsprechend dem Vorgehen des BAFU⁵⁰ durch Moosexperten und -expertinnen der FUB AG festgelegt. Die Bewertung erfolgt analog zu den höheren Makrophyten.

A9 Wertefunktionen für die Bewertungsziele der untersten Ebene („Endknoten“)

Die folgenden Tabellen zeigen, für die einzelnen Vegetations-Flusstypen, die Zielvorgaben zur Ableitung des Grads der Zielerreichung der Bewertungsziele. Die Bewertung der Vegetation beginnt auf der tiefsten hierarchischen Ebene jedes Asts der Zielhierarchie („Endknoten“). Die Zielerreichungsgrade dieser Bewertungsziele werden direkt als Funktion der zugeordneten Vegetations-Kenngrößen („Attribut“) bewertet. Je Attribut und Flusstyp wird angegeben bei welcher Attributsausprägung ein Klassenwechsel stattfindet, wobei der Wert in Klammern den kontinuierlichen Wert auf der Bewertungs-Skala von 0 bis 1 angibt. Ein Wert von 1 stellt dabei die bestmögliche Bewertung dar. Die Bewertung erfolgt typspezifisch, aufgrund der jeweils schwarz geschriebenen Attribute je Vegetations-Flusstyp.

Gewässerökologische Gesamtbewertung

Die gewässerökologische Gesamtbeurteilung erfolgt aufgrund der folgenden, typspezifisch festgelegten Zielvorgaben:

Kleine Submersen-Typen (KS)

Bewertungsziel	Attribut	Max.	Blau	Grün	Gelb	Orange	Min.
Viele Arten	n.taxa	10	8 (0.90)	7 (0.70)	5 (0.41)	3 (0.21)	2 (0.10), 0
Viele Arten Moose	n.moos						
Viele Arten Helophyten	n.helo	7	5 (0.85)	4 (0.61)		3 (0.30)	2 (0.15), 0
Viele Arten aquat. Makrophyten	n.aquat	4	3 (0.95)	2 (0.70)	1 (0.50)		0.1
Viele Wuchsformen	n.grfo	7	5 (0.85)	4 (0.65)	3 (0.41)	2 (0.21)	1 (0.10), 0
Viele helophyt. Wuchsformen	n.grfo.helo	5	4 (0.90)	3 (0.61)		2 (0.30)	1 (0.10), 0
Viele aquat. Wuchsformen	n.grfo.aquat	4	3 (0.95)	2 (0.65)	1 (0.50)		0.1
Keine Neophyten	dg.neo.rel	0	0.01	20	30	40	50
Geringer Anteil Algen	dg.alga.rel	0	10	20	30	50	75
Typger. Anteil Helophyten	dg.helo.rel	50	40	30	20	10	0
Typger. Anteil aquat. Makro.	dg.aquat.rel	40	30	20	10	5	0.01
Typger. Anteil Moose	dg.moos.rel						
Typger. Dominanz Arten	heip.index.bry	0.75	0.60	0.45	0.30	0.15	0
Typger. Deckung Makrophyten	dg.makro.abs	50/80	40 / 85	30 / 90	20 / 93	10 / 96	0 / 100
Geringe Deckung Algen	dg.alga.abs	0	10	20	30	40	50

Mittlere und grosse Submersen-Typen (MS/GS)

Bewertungsziel	Attribut	Max.	Blau	Grün	Gelb	Orange	Min.
Viele Arten	n.taxa	13	1 (0.90)	8 (0.70)	6 (0.41)	4 (0.25)	3 (0.17), 0
Viele Arten Moose	n.moos						
Viele Arten Helophyten	n.helo	7	5 (0.85)	4 (0.61)		3 (0.30)	2 (0.15), 0
Viele Arten aquat.Makrophyten	n.aquat	6	4 (0.90)	3 (0.70)		2 (0.35)	1 (0.15), 0
Viele Wuchsformen	n.grfo	9	7 (0.85)	5 (0.65)	3 (0.41)	2 (0.25)	1 (0.10), 0
Viele helophyt. Wuchsformen	n.grfo.helo	5	4 (0.90)	3 (0.61)		2 (0.30)	1 (0.10), 0
Viele aquat. Wuchsformen	n.grfo.aquat	5	4 (0.95)	3 (0.65)	2 (0.41)		1 (0.15), 0
Keine Neophyten	dg.neo.rel	0	0.01	20	30	40	50
Geringer Anteil Algen	dg.alga.rel	0	10	20	30	50	75
Typger. Anteil Helophyten	dg.helo.rel	50	40	30	20	10	0
Typger. Anteil aquat. Makro.	dg.aquat.rel	50	40	30	20	10	0
Typger. Anteil Moose	dg.moos.rel						
Typger. Dominanz Arten	heip.index.bry	0.75	0.60	0.45	0.30	0.15	0
Typger. Deckung Makrophyten	dg.makro.abs	50/75	40 / 80	30 / 85	20 / 90	10 / 95	0 / 100
Geringe Deckung Algen	dg.alga.abs	0	10	20	30	40	50

Sehr grosse Submersen-Typen (SGS)

Bewertungsziel	Attribut	Max.	Blau	Grün	Gelb	Orange	Min.
Viele Arten	n.taxa	10	8 (0.85)	7 (0.70)	5 (0.45)	3 (0.25)	2 (0.15), 0
Viele Arten Moose	n.moos						
Viele Arten Helophyten	n.helo	6	4 (0.90)	3 (0.65)		2 (0.35)	1 (0.15), 0
Viele Arten aquat.Makrophyten	n.aquat	6	4 (0.90)	3 (0.70)		2 (0.35)	1 (0.15), 0
Viele Wuchsformen	n.grfo	7	5 (0.85)	3 (0.65)	2 (0.41)		1 (0.10), 0
Viele helophyt. Wuchsformen	n.grfo.helo	4	3 (0.90)	2 (0.61)			1 (0.19), 0
Viele aquat. Wuchsformen	n.grfo.aquat	4	3 (0.95)	2 (0.65)			1 (0.19), 0
Keine Neophyten	dg.neo.rel	0	0.01	20	30	40	50
Geringer Anteil Algen	dg.alga.rel	0	10	20	40	60	80
Typger. Anteil Helophyten	dg.helo.rel	40	30	20	15	10	0
Typger. Anteil aquat. Makro.	dg.aquat.rel	60	50	40	30	20	0
Typger. Anteil Moose	dg.moos.rel						
Typger. Dominanz Arten	heip.index.bry	0.70	0.55	0.40	0.25	0.10	0
Typger. Deckung Makrophyten	dg.makro.abs	30/70	25 / 75	20 / 80	15 / 90	10 / 95	0 / 100
Geringe Deckung Algen	dg.alga.abs	0	10	20	30	40	50

Zu beachten: Da grosse Submersengewässer (GS) nur mit wenigen Abschnitten im Datensatz vertreten waren, konnten keine eigenen Wertefunktionen für diesen Vegetations-Flusstyp definiert werden. Der grosse Submersenbach wird deshalb mit den Wertefunktionen des mittleren Submersenbachs bewertet.

Kleine Helophyten-Typen (KH)

Bewertungsziel	Attribut	Max.	Blau	Grün	Gelb	Orange	Min.
Viele Arten	n.taxa	8	6 (0.90)	5 (0.65)	4 (0.41)	3 (0.21)	2 (0.10), 0
Viele Arten Moose	n.moos						
Viele Arten Helophyten	n.helo	7	5 (0.90)	4 (0.65)		3 (0.30)	2 (0.15), 0
Viele Arten aquat.Makro.	n.aquat						
Viele Wuchsformen	n.grfo	5	4 (0.90)	3 (0.61)		2 (0.25)	1 (0.10), 0
Viele helophyt. Wuchsfor.	n.grfo.helo	5	4 (0.95)	3 (0.65)		2 (0.30)	1 (0.10), 0
Viele aquat. Wuchsfor.	n.grfo.aquat						
Keine Neophyten	dg.neo.rel	0	0.01	20	30	40	50
Geringer Anteil Algen	dg.alga.rel	0	10	20	30	50	75
Typger. Anteil Helophyten	dg.helo.rel	80	70	60	50	40	0
Typger. Anteil aquat. Makro.	dg.aquat.rel						
Typger. Anteil Moose	dg.moos.rel						
Typger. Dominanz Arten	heip.index.bry	0.85	0.7	0.55	0.4	0.2	0
Typger. Deckung Makro.	dg.makro.abs	50/80	40 / 85	30 / 90	20 / 93	10 / 96	0 / 100
Geringe Deckung Algen	dg.alga.abs	0	10	20	30	40	50

Mittlere Helophyten-Typen (MH)

Bewertungsziel	Attribut	Max.	Blau	Grün	Gelb	Orange	Min.
Viele Arten	n.taxa	9	8 (0.95)	6 (0.65)	5 (0.41)	3 (0.21)	2 (0.10), 0
Viele Arten Moose	n.moos						
Viele Arten Helophyten	n.helo	7	5 (0.90)	4 (0.65)		3 (0.30)	2 (0.15), 0
Viele Arten aquat.Makro.	n.aquat						
Viele Wuchsformen	n.grfo	6	5 (0.90)	4 (0.65)	3 (0.41)	2 (0.21)	1 (0.10), 0
Viele helophyt. Wuchsfor.	n.grfo.helo	5	4 (0.95)	3 (0.65)		2 (0.30)	1 (0.10), 0
Viele aquat. Wuchsfor.	n.grfo.aquat						
Keine Neophyten	dg.neo.rel	0	0.01	20	30	40	50
Geringer Anteil Algen	dg.alga.rel	0	10	20	40	60	80
Typger. Anteil Helophyten	dg.helo.rel	70	60	50	40	30	0
Typger. Anteil aquat. Makro.	dg.aquat.rel						
Typger. Anteil Moose	dg.moos.rel						
Typger. Dominanz Arten	heip.index.bry	0.85	0.7	0.55	0.4	0.2	0
Typger. Deckung Makro.	dg.makro.abs	30/60	25 / 65	20 / 75	15 / 80	10 / 90	0 / 100
Geringe Deckung Algen	dg.alga.abs	0	10	20	30	40	50

Kleine Moos-Typen (KM)

Bewertungsziel	Attribut	Max.	Blau	Grün	Gelb	Orange	Min.
Viele Arten	n.taxa	7	6 (0.9)	5 (0.75)	3 (0.45)	2 (0.21)	1 (0.10), 0
Viele Arten Moose	n.moos	6	4 (0.85)	3 (0.65)		2 (0.25)	1 (0.10), 0
Viele Arten Helophyten	n.helo						
Viele Arten aquat.Makrophyten	n.aquat						
Viele Wuchsformen	n.grfo						
Viele helophyt. Wuchsformen	n.grfo.helo						
Viele aquat. Wuchsformen	n.grfo.aquat						
Keine Neophyten	dg.neo.rel	0	0.01	20	30	40	50
Geringer Anteil Algen	dg.alga.rel	0	20	40	60	80	100
Typger. Anteil Helophyten	dg.helo.rel						
Typger. Anteil aquat. Makro.	dg.aquat.rel						
Typger. Anteil Moose	dg.moos.rel	90	80	60	40	20	0
Typger. Dominanz Arten	heip.index.bry						
Typger. Deckung Makrophyten	dg.makro.abs						
Geringe Deckung Algen	dg.alga.abs	0	10	20	30	40	50

Mittlere, grosse und sehr grosse Moos-Typen (MM/GM/SGM)

Bewertungsziel	Attribut	Max.	Blau	Grün	Gelb	Orange	Min.
Viele Arten	n.taxa	8	7 (0.95)	6 (0.75)	4 (0.45)	2 (0.21)	1 (0.10), 0
Viele Arten Moose	n.moos	7	5 (0.85)	4 (0.70)		3 (0.35)	2 (0.15), 0
Viele Arten Helophyten	n.helo						
Viele Arten aquat.Makrophyten	n.aquat						
Viele Wuchsformen	n.grfo						
Viele helophyt. Wuchsformen	n.grfo.helo						
Viele aquat. Wuchsformen	n.grfo.aquat						
Keine Neophyten	dg.neo.rel	0	0.01	20	30	40	50
Geringer Anteil Algen	dg.alga.rel	0	20	40	60	80	100
Typger. Anteil Helophyten	dg.helo.rel						
Typger. Anteil aquat. Makro.	dg.aquat.rel						
Typger. Anteil Moose	dg.moos.rel	90	70	50	30	20	0
Typger. Dominanz Arten	heip.index.bry						
Typger. Deckung Makrophyten	dg.makro.abs						
Geringe Deckung Algen	dg.alga.abs	0	10	20	30	40	50

Zu beachten: Da keine relevanten Unterschiede zwischen den mittleren (MM), grossen (GM) und sehr grossen Moosbächen (SGM) festgestellt wurden, werden diese Vegetations-Flusstypen mit den gleichen Wertefunktionen bewertet.

Kleine Helophyten-Moos-Übergangstypen (KH-KM)

Bewertungsziel	Attribut	Max.	Blau	Grün	Gelb	Orange	Min.
Viele Arten	n.taxa	9	7 (0.90)	5 (0.65)	4 (0.41)	3 (0.21)	2 (0.10), 0
Viele Arten Moose	n.moos	5	4 (0.95)	3 (0.79)	2 (0.50)		1 (0.19), 0
Viele Arten Helophyten	n.helo	6	5 (0.95)	4 (0.75)	3 (0.41)		2 (0.19), 0
Viele Arten aquat.Makrophyten	n.aquat						
Viele Wuchsformen	n.grfo	6	5 (0.90)	4 (0.65)	3 (0.41)	2 (0.21)	1 (0.10), 0
Viele helophyt. Wuchsformen	n.grfo.helo	5	4 (0.95)	3 (0.70)	2 (0.41)		1 (0.15), 0
Viele aquat. Wuchsformen	n.grfo.aquat						
Keine Neophyten	dg.neo.rel	0	0.01	20	30	40	50
Geringer Anteil Algen	dg.alga.rel	0	10	20	30	50	75
Typger. Anteil Helophyten	dg.helo.rel	50	40	30	20	10	0
Typger. Anteil aquat. Makro.	dg.aquat.rel						
Typger. Anteil Moose	dg.moos.rel	40	25	20	12.5	5	0
Typger. Dominanz Arten	heip.index.bry						
Typger. Deckung Makrophyten	dg.makro.abs	30/75	25 / 80	20 / 85	15 / 90	10 / 95	0 / 100
Geringe Deckung Algen	dg.alga.abs	0	10	20	30	40	50

Mittlere Helophyten-Moos-Übergangstypen (MH-MM)

Bewertungsziel	Attribut	Max.	Blau	Grün	Gelb	Orange	Min.
Viele Arten	n.taxa	11	8 (0.95)	6 (0.65)	5 (0.41)	3 (0.21)	2 (0.10), 0
Viele Arten Moose	n.moos	5	4 (0.95)	3 (0.75)	2 (0.45)		1 (0.19), 0
Viele Arten Helophyten	n.helo	6	5 (0.95)	4 (0.70)	3 (0.45)		2 (0.19), 0
Viele Arten aquat.Makrophyten	n.aquat						
Viele Wuchsformen	n.grfo	6	5 (0.90)	4 (0.65)	3 (0.41)	2 (0.21)	1 (0.10), 0
Viele helophyt. Wuchsformen	n.grfo.helo	5	4 (0.95)	3 (0.70)	2 (0.41)		1 (0.15), 0
Viele aquat. Wuchsformen	n.grfo.aquat						
Keine Neophyten	dg.neo.rel	0	0.01	20	30	40	50
Geringer Anteil Algen	dg.alga.rel	0	10	20	40	60	80
Typger. Anteil Helophyten	dg.helo.rel	45	35	25	15	10	0
Typger. Anteil aquat. Makro.	dg.aquat.rel						
Typger. Anteil Moose	dg.moos.rel	50	40	30	20	10	0
Typger. Dominanz Arten	heip.index.bry						
Typger. Deckung Makrophyten	dg.makro.abs	25 / 70	20 / 75	15 / 80	10 / 85	5 / 90	0 / 100
Geringe Deckung Algen	dg.alga.abs	0	10	20	30	40	50

Naturschützerische Gesamtbewertung

Die naturschützerische Gesamtbeurteilung erfolgt in allen Vegetations-Flusstypen aufgrund der folgenden, gleichen Zielvorgaben:

Höhere Makr. / Moose	Priorität 1	Priorität 2	Priorität 3	Priorität 4
Basiswert	0.95	0.85	0.70	0.59
Anstieg je zusätzliche Art	0.1	0.1	0.1	0.08

Höhere Makrophyten	Leitwert 1	Leitwert 2	Leitwert 3
Basiswert	0.53	0.17	0.00
Anstieg je Art	0.06	0.04	0.01

Moose	Leitwert 1	Leitwert 2	Leitwert 3
Basiswert	0.70	0.50	0.00
Anstieg je Art	0.10	0.08	0.01

Dabei gibt jeweils die am besten eingestufte Art einen Basiswert vor, der durch das Vorkommen weiterer Arten mit einer Qualitätseinstufung erhöht werden kann. Ein Beispiel: In einem Abschnitt kommen eine Art mit Priorität 3 sowie zwei Arten mit Priorität 4 vor. Hier errechnet sich der Grad der Zielerreichung des Bewertungsziels Hohe Priorität Arten als $0.70 + 2 \times 0.08 = 0.86$. Dies entspricht für dieses Bewertungsziel somit einer sehr guten Zustandsbewertung.

A10 Aggregationsfunktionen zur Bewertung der übergeordneten Bewertungsziele

Dieser Anhang erläutert die Aggregationsfunktionen, welche zur Bewertung des Grads der Zielerreichung der Bewertungsziele (im folgenden unterstrichen) auf den übergeordneten hierarchischen Ebenen (oberhalb der Endknoten) verwendet werden (Abbildung 27 und Abbildung 28). Der Grad der Zielerreichung dieser Bewertungsziele wird mittels Aggregation der jeweiligen Unterziele quantifiziert. Die Aggregation der Unterziele erfolgt dabei mittels verschiedener Aggregationsfunktionen, die im folgenden detailliert beschrieben werden. Als Basis dieser Aggregationsfunktionen dient dabei die additive Aggregation, welche einen gewichteten Mittelwert aus den Zielerreichungsgraden der Unterziele bildet. Da die Eigenschaften dieser Aggregationsart nicht immer erwünscht sind, werden im folgenden weitere Aggregationstechniken eingeführt. Im folgenden steht g_i für den Gewichtungsfaktor der jeweiligen Variablen (v_i) bei der Aggregation

Additive Aggregation

Die additive Aggregation ist das naheliegendste Aggregationsverfahren. Bei der additiven Aggregation erfolgt die Berechnung des Zielerreichungsgrades des Oberziels als gewichteter Mittelwert der Bewertungen der dem Aggregationsknoten zugeordneten Unterziele.

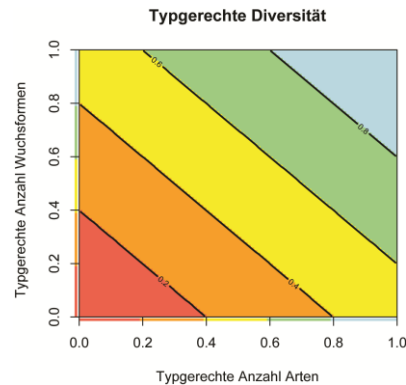
$$v(v_1, v_2) = \frac{1}{g_1 + g_2} (g_1 v_1 + g_2 v_2)$$

Für n Unterziele erweitert sich diese wie folgt:

$$v(v_1, \dots, v_n) = \frac{1}{\sum_{i=1}^n g_i} \sum_{i=1}^n g_i v_i$$

Die additive Aggregation hat die Eigenschaft, dass ein schlechter Wert des einen Unterziels durch gute Werte der anderen Unterziele kompensiert werden kann. Bei Bedarf können die Unterziele unterschiedlich gewichtet in die Mittelwertbildung eingehen, wenn z.B. eines der Unterziele als wichtiger betrachtet wird. Eine Kompensation verschiedener Bewertungsziele ist nicht immer gewollt. Es gibt Fälle, wo eine gute Bewertung eines Oberziels nur erreicht werden soll, wenn beide Unterziele eine gute Bewertung aufweisen. Daher gibt es verschiedene Abwandlungen dieser Aggregationsform, welche im folgenden erläutert werden.

Ein Beispiel für die additive Aggregation ist die Aggregation der Bewertungsziele Typgerechte Anzahl Arten und Typgerechte Anzahl Wuchsformen zur Gesamtbewertung der Diversität (Typgerechte Diversität) in Abbildung 27. Als „Höhenliniendiagramm“ sieht das wie folgt aus:



In diesem Fall wurde eine additive Aggregation gewählt, weil die beiden Unterziele redundant sind: eine hohe Diversität von Arten führt tendenziell zu einer hohen Diversität der Wuchsformen. Es ist deshalb erwünscht, dass sich beide Unterziele kompensieren können und gleichbedeutend zur Bewertung des Oberziels Typgerechte Diversität beitragen.

Minimum - und Maximum - Aggregation

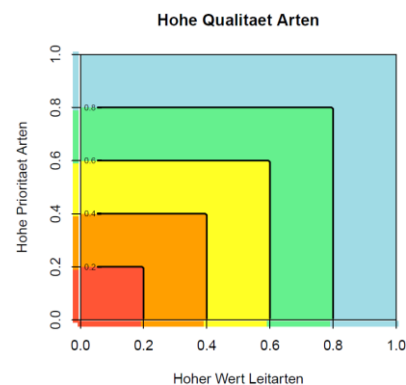
Soll eine Kompensation wie bei der additiven Aggregation vollständig ausgeschlossen werden, kann ein Minimum - oder Maximum - Aggregationsverfahren gewählt werden.

Für die Aggregation von n Unterzielen mit den Bewertungen v_1 bis v_n ergibt dies eine der folgenden Formeln:

$$v(v_1, \dots, v_n) = \min(v_1, \dots, v_n) \quad , \quad v(v_1, \dots, v_n) = \max(v_1, \dots, v_n)$$

Die Minimum - Aggregation hat die Eigenschaft, dass sich die Bewertung des Oberziels nur dann verbessern kann, wenn sich das Unterziel mit der schlechtesten Bewertung verbessert.

Analog verschlechtert sich die Bewertung bei der Maximum - Aggregation nur, wenn sich das Unterziel mit der besten Bewertung verschlechtert. Ein Beispiel für die Maximum - Aggregation ist die Aggregation der Unterziele Hoher Wert Leitarten und Hohe Priorität Arten zum Ziel Hohe Qualität Arten (Abbildung 27). Hier soll jeweils der bessere der beiden Werte die naturschützerische Gesamtbewertung bestimmen. Als „Höhenliniendiagramm“ sieht das wie folgt aus:



Additiv – Minimum - Aggregation

Sowohl die additive Aggregation als auch die Minimum - Aggregation werden oft in ökologischen Bewertungsverfahren verwendet. In vielen Fällen ist jedoch weder die vollständige Kompensierbarkeit (additive Aggregation) noch die vollständige Abwesenheit von Kompensierbarkeit der Bewertungen der Unterziele (Minimum - Aggregation) erwünscht, sondern es ist sinnvoll eine eingeschränkte Kompensierbarkeit einer schlechten Bewertung eines Unterziels durch das andere zuzulassen. Um dies zu erreichen, erlaubt die Additiv – Minimum - Aggregation einen Kompromiss (= Mittelwert) aus der additiven und der Minimum-Aggregation.

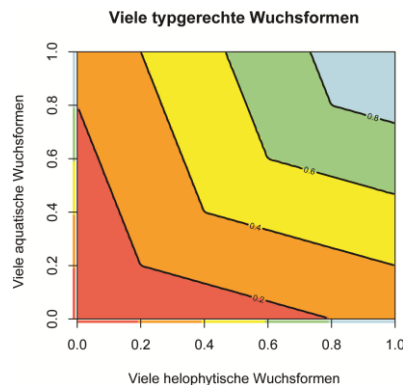
Für die Aggregation von zwei Unterzielen mit den Bewertungen v_1 und v_2 ergibt dies mit den Gewichten w_1 und w_2 für die Verfahren und g_1 und g_2 für die Unterziele die folgende Formel:

$$v(v_1, v_2) = \frac{1}{w_1 + w_2} \left(w_1 \min(v_1, v_2) + \frac{w_2}{g_1 + g_2} (g_1 v_1 + g_2 v_2) \right)$$

Für n Unterziele erweitert sich diese wie folgt:

$$v(v_1, \dots, v_n) = \frac{1}{w_1 + w_2} \left(w_1 \min(v_1, \dots, v_n) + \frac{w_2}{\sum_{i=1}^n g_i} \sum_{i=1}^n g_i v_i \right)$$

Ein Beispiel für die Additiv – Minimum - Aggregation ist die Aggregation der Diversitäts-Bewertungsziele Viele helophytische Wuchsformen und Viele aquatische Wuchsformen zur Bewertung des Oberziels Viele typgerechte Wuchsformen (Abbildung 27). Als „Höhenliniendiagramm“ sieht das wie folgt aus:



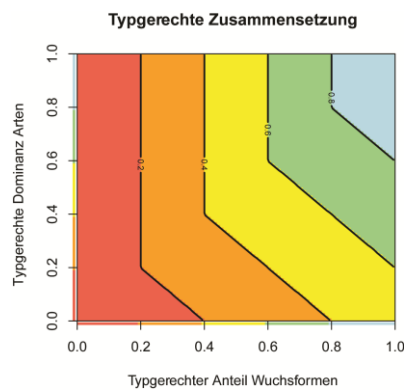
Die Bewertungen der helophytischen und aquatischen Wuchsformendiversität sind in diesem Beispiel komplementär: eine gute Bewertung bei den Helophyten soll eine schlechte Bewertung bei den aquatischen Arten nicht vollständig kompensieren können, sondern die Gesamtbewertung der typgerechten Wuchsformendiversität soll nur dann gut sein, wenn beide Unterziele gut bewertet werden. Dies macht ökologisch Sinn, da in einem Gewässer der Ufer- und der aquatische Bereich getrennte ökologisch wichtige Kompartimente darstellen. Bei Bedarf können auch in dieser Aggregationsform die Unterziele unterschiedlich gewichtet werden.

Bonus - und Malus - Aggregation

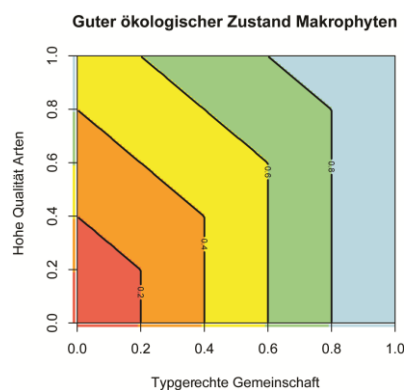
In gewissen Fällen möchte man ein Unterziel nur zur Verbesserung oder zur Verschlechterung anderer Ziele einsetzen. Dazu wird der Wert der Hauptziele mit der Bewertung der Bonus- oder Malus-Ziele verglichen. Für die finale Aggregation werden dann nur diejenigen Bonusziele und Malusziele berücksichtigt, die eine bessere respektive schlechtere Bewertung

haben als der aggregierte Wert der Hauptziele. Grundsätzlich können Bonus- und Malus - Aggregationen mit beliebigen anderen Aggregationsformen kombiniert werden.

Ein Beispiel für eine Malus - Additiv - Aggregation ist die Aggregation der Ziele Typgerechter Anteil Wuchsformen und Typgerechte Dominanz Arten zum Oberziel Typgerechte Zusammensetzung (Abbildung 27). Die Bewertung des Ziels Typgerechten Dominanz Arten wird bei der additiven Malus-Aggregation nur berücksichtigt, wenn sie schlechter ausfällt als die Bewertung des Ziels Typgerechter Anteil Wuchsformen und führt damit zu einer Abwertung des übergeordneten Ziels Typgerechte Zusammensetzung. Andernfalls wird direkt die Bewertung des Ziels Typgerechter Anteil Wuchsformen übernommen. Als „Höhenliniendiagramm“ sieht das wie folgt aus:



Ein Beispiel für eine Bonus - Additiv - Aggregation ist die Aggregation der Unterziele Typgerechte Gemeinschaft und Hohe Qualität Arten zum Oberziel Guter ökologischer Zustand Makrophyten (Abbildung 27). Die Bewertung des Ziels Hohe Qualität Arten wird bei der additiven Bonus - Aggregation nur berücksichtigt, wenn sie besser ausfällt als die Bewertung des Ziels Typgerechte Gemeinschaft. Andernfalls wird die Bewertung des Ziels Typgerechte Gemeinschaft direkt übernommen. Begründet wird dieses Vorgehen durch die gewässerökologische Betrachtungsweise, die im Rahmen des Moduls Markophyten im Vordergrund stehen soll. Kommen jedoch aus Sicht Naturschutz sehr wertvolle Arten im Untersuchungsabschnitt vor, sollen diese die gewässerökologische Bewertung verbessern können. Hingegen darf das Fehlen seltener Arten die gewässerökologische Bewertung nicht verschlechtern, was mit der gewählten Aggregationsform gewährleistet ist. Als „Höhenliniendiagramm“ sieht das wie folgt aus:



A11 Endprodukt: Stellenblatt

Modul Makrophyten – Charakterisierung Standort

Stellen-Code: 200	Kanton: ZH	Koordinaten: 2688172 / 1251018
Gewaesser: Chriesbach	Stelle: Chriesbach vor Glattalbahnhof	
Datum: 16.08.2016	BearbeiterIn: BKa/AWEL	Abschnittslänge: 200 m

Standortparameter

Abfluss:	567 l/s
Quelle Abfluss:	G_ZH
Gefälle:	0.43 %
Quelle Gefälle:	G_ZH_Ref
Mittlere Tiefe:	0.5 m
Steinanteil	26.3 %
Beschattung:	15 %
Höhe ue.M.:	428 m
Sohlenbreite:	8 m
Benetzte Breite:	7 m
Flussordnung:	3
Regimtyp:	pluvial inferieur
Biogeo. Region:	Mittelland
Geologie:	karbonatisch

Typ-Schema: MS (Orig.) MS (Plaus.)
Typ-Bewert.: MS (Orig.) MS (Plaus.)



Bilddatei: ZH_200_20160816_MP_UP_1

Ergänzende Standortdaten

Abfluss hydrometrisch	Wassertiefe
Mittelwert	Mittel Tag 0.5 m
Tageswert	Max. Tag 0.8 m
Substratstabilität: Beweglich	Stroemung: 0.3 m/s

Oekomorphologie

Oekom. zustand:	I natuerlich/naturnah
Breitenvariabilität:	ausgepraegt
Tiefenvariabilität:	ausgepraegt
Verbauungen	Grad
Sohle	Punktuell (<10%)
Boeschung, links	Punktuell (<10%)
Boeschung, rechts	Punktuell (<10%)
Uferbereich	Links
Breite	10 m
Beschaffenheit	Ext.Wiese, unbestockt
Umland	Siedlungsgebiet

Aeusserer Aspekt

Kolmation:	Keine
Trübung	Keine/Vereinzelt
Art	
Schüttung/Raubett	
Natursteine locker	
Natursteine locker	
Rechts	
10 m	
Ext.Wiese, unbestockt	
Siedlungsgebiet	

Flächenanteile Landnutzungen im Einzugsgebiet

Landwirtschaft	31 %
Siedlung	28 %
Wald	26 %

Modul Makrophyten – Charakterisierung Vegetation

Stellen-Code: 200	Kanton: ZH	Koordinaten: 2688172 / 1251018
Gewaesser: Chriesbach	Stelle: Chriesbach vor Glattalbahn	
Datum: 16.08.2016	BearbeiterIn: BKa/AWEL	Abschnittslaenge: 200 m

Vegetationsparameter

	Anzahl	Deckung [%]	Anteil [%]
Makrophyten	20	73.2	98.7
Aquatische	3	38.5	51.9
Helophyten	15	33.8	45.5
Moose	2	1	1.3 (Adj.: 1.1)
Anteil kuenstlich			30
Wuchsformen	9		
Aquatische	3		
Helophyten	5		
Faedige Algen		1	1.3
Neophyten	1		2.7
Leitarten			
Makrophyten	16 (LW1: 7 ; LW2: 8 ; LW3: 1)		
Moose	2 (LW1: 1 ; LW2: 1 ; LW3: 0)		
Prioritaere Arten	1 (PR1: 0 ; PR2: 1 ; PR3: 0 ; PR4: 0)		

Artenliste

	Wuchsform	Deckung [%]	Anteil [%]	Info	LW	ZW	RL
Aquatische							
Callitriche obtusangula Le Gall	Pep	1.5	2	Z		2	CR
Elodea canadensis Michx.	Elo	2	2.7	N			
Ranunculus fluitans Lam.	Myr	35	47.1	L	2		
Helophyten							
Agrostis stolonifera L.	Pgra	1	1.3	L	1		
Alisma plantago-aquatica L.	Sag	0.2	0.3	L	2		
Carex acutiformis Ehrh.	Mcyp	0.2	0.3	L	2		
Mentha aquatica L.	Herb	1	1.3	L	1		
Nasturtium officinale R. Br.	Herb	10	13.5	L	2		
Phalaris arundinacea L.	Mmono	7.8	10.4	L	1		
Schoenoplectus lacustris (L.) Palla	Mcyp	1	1.3	L	2		
Scirpus sylvaticus L.	Mcyp	2	2.7	L	1		
Typha angustifolia L.	Mmono	2	2.7	L	3		
Typha latifolia L.	Mmono	2	2.7	L	1		
Veronica beccabunga L.	Herb	2.2	3	L	1		
Carex 1	Mcyp	0.2	0.3	L	1		
Sparganium 1	Mmono	1	1.3	L	2		
Berula erecta (Huds.) Coville	Herb	1	1.3	L	2		
Sparganium erectum L. s.l.	Mmono	2	2.7	L	2		
Moose		1	1.3				
Leptodictyum riparium (Hedw.) Warnst.	Bry			L	1		
Fontinalis antipyretica Hedw.	Bry			L	2		

Modul Makrophyten – Typisierung

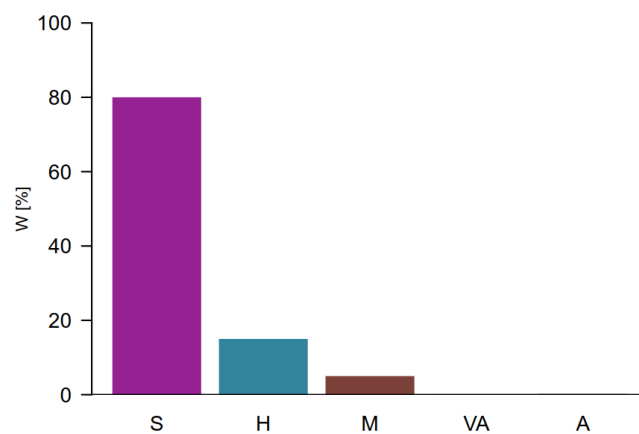
Stellen-Code: 200	Kanton: ZH	Koordinaten: 2688172 / 1251018
Gewaesser: Chriesbach	Stelle: Chriesbach vor Glattalbahn	
Datum: 16.08.2016	BearbeiterIn: BKa/AWEL	Abschnittslaenge: 200 m

Wahrscheinlichkeiten

Vegetations-Flusstypen

Flusstyp	Schema	Modifiziert
KS	0 %	0 %
MS	60 %	75 %
GS	0 %	0 %
SGS	0 %	0 %
KS-KH	0 %	0 %
MS-MH	30 %	0 %
KH	0 %	0 %
MH	0 %	15 %
KH-KM	0 %	0 %
MH-MM	10 %	10 %
KM	0 %	0 %
MM	0 %	0 %
GM	0 %	0 %
SGM	0 %	0 %
VA	0 %	0 %

Wuchsformengruppen



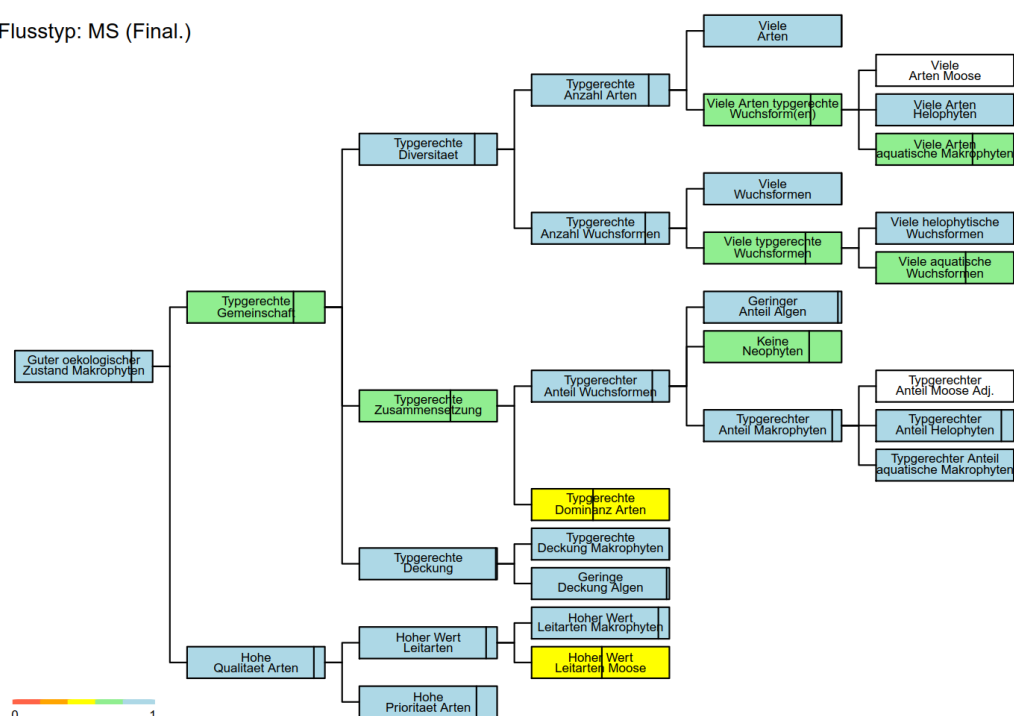
Zusammenfassung Wahrscheinlichkeiten Vegetations-Flusstypen

KS 0 %	KS-KH-1 KS-KH-2 0 %	KH 0 %	KH-KM 0 %	KM 0 %	VA 0 %	VA 0 %
MS 60 %	MS-MH-1 MS-MH-2 30 %	MH 0 %	MH-MM 10 %	MM 0 %	VA 0 %	VA 0 %
GS 0 %	VA 0 %	VA 0 %	VA 0 %	GM 0 %	VA 0 %	VA 0 %
SGS 0 %	VA 0 %	VA 0 %	VA 0 %	SGM 0 %	VA 0 %	VA 0 %
A 0 %	A 0 %	A 0 %	A 0 %	A 0 %	A 0 %	A 0 %

Stellen-Code:	200	Kanton:	ZH	Koordinaten:	2688172 / 1251018
Gewaesser:	Chriesbach	Stelle:	Chriesbach vor Glattalbahn		
Datum:	16.08.2016	BearbeiterIn:	BKa/AWEL	Abschnittslaenge:	200 m

Guter oekol. Zustand Makrophyten	0.85	Typgerechte Gemeinschaft	0.77
Typgerechte Diversitaet	0.84	Typgerechte Zusammensetzung	0.66
Viele Arten	1	Geringer Anteil Algen	0.97
Viele Arten Aquatische	0.7	Keine Neophyten	0.76
Viele Arten Helophyten	1	Typger. Anteil aquat. Makrophyten	1
Viele Arten Moose		Typger. Anteil Helophyten	0.91
Viele Wuchsformen	1	Typger. Anteil Moose adj.	
Viele aquatische Wuchsformen	0.65	Typger. Dominanz	0.45
Viele helophytische Wuchsformen	1		
Typgerechte Deckung	0.99	Hohe Qualitaet Arten	0.92
Typger. Deckung Makrophyten	1	Hoher Wert Leitarten Makrophyten	0.92
Geringe Deckung Algen	0.98	Hoher Wert Leitarten Moose	0.51
		Hohe Prioritaet Arten	0.85

Flusstyp: MS (Final.)



Modul Makrophyten – Bewertung

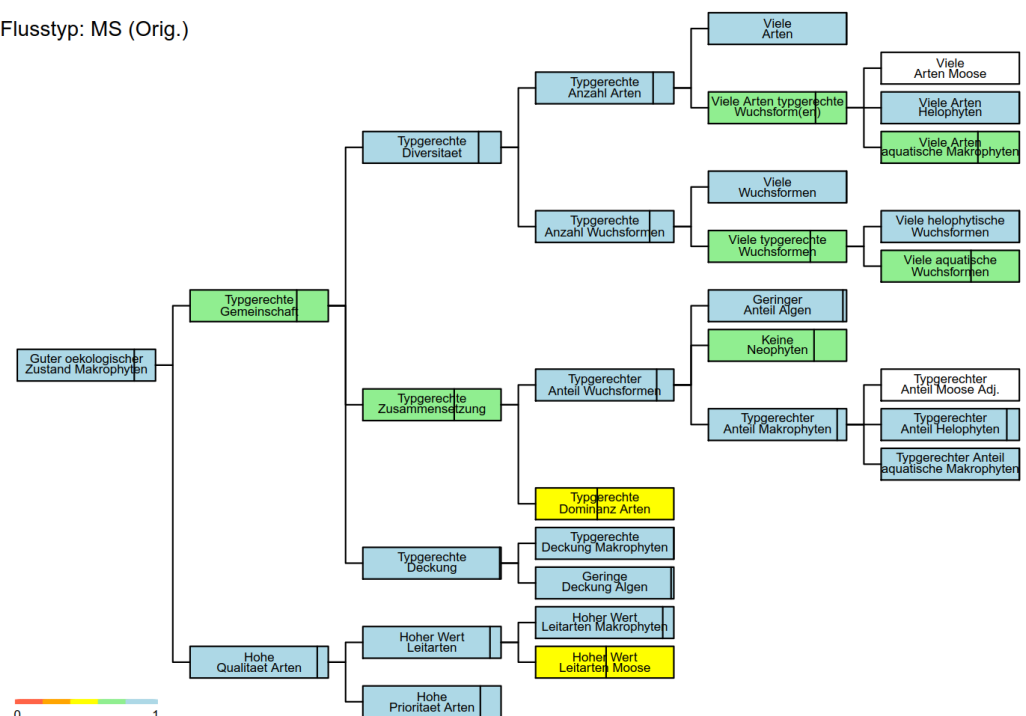
Stellen-Code: 200	Kanton: ZH	Koordinaten: 2688172 / 1251018
Gewaesser: Chriesbach	Stelle: Chriesbach vor Glattalbahn	
Datum: 16.08.2016	BearbeiterIn: BKa/AWEL	Abschnittslaenge: 200 m

Bewertung der Vegetation

Guter oekol. Zustand Makrophyten	0.85	Typgerechte Gemeinschaft	0.77
Typgerechte Diversitaet	0.84	Typgerechte Zusammensetzung	0.66
Viele Arten	1	Geringer Anteil Algen	0.97
Viele Arten Aquatische	0.7	Keine Neophyten	0.76
Viele Arten Helophyten	1	Typger. Anteil aquat. Makrophyten	1
Viele Arten Moose		Typger. Anteil Helophyten	0.91
Viele Wuchsformen	1	Typger. Anteil Moose adj.	
Viele aquatische Wuchsformen	0.65	Typger. Dominanz	0.45
Viele helophytische Wuchsformen	1		
Typgerechte Deckung	0.99	Hohe Qualitaet Arten	0.92
Typger. Deckung Makrophyten	1	Hoher Wert Leitarten Makrophyten	0.92
Geringe Deckung Algen	0.98	Hoher Wert Leitarten Moose	0.51
		Hohe Prioritaet Arten	0.85

Zielhierarchie der Bewertung

Flusstyp: MS (Orig.)



Digitaler Anhang

Die folgende digitalen Anhänge können bezogen werden unter: <http://www.modul-stufen-konzept.ch/fg/module/wasserpflanzen>

DA1 Taxaliste

DA2 Vorlagen Datenzusammenstellung Standort- und Artdaten

DA3 Auswertungs-Tool für die Typisierung, Bewertung und Plausibilitätsprüfung inklusive Bedienungsanleitung und Dokumentation der Endprodukte

DA4 Standardabweichungen und Fehlerbereiche der Standortparameter und Klassengrenzen für die Typisierung

DA5 Charakterisierung der Vegetations-Flusstypen anhand von Referenz- und belasteten Abschnitten

DA6 Vergleich Vegetations-Kenngrössen, Standort- und menschlicher Belastungs-Parameter zwischen Referenzabschnitten und anthropogen am stärksten belasteten Abschnitten