

Standorte und Standortfaktoren einiger Gesellschaften des *Ranunculon fluitantis*

- Dominique Remy, Osnabrück -

1. Einleitung

Von den Gesellschaften der Süßwasserstandorte zeigen die Assoziationen der Fließgewässer, bzw. die sie aufbauenden Arten, die stärksten ökologischen Anpassungen an das umgebende Medium. Ursache ist die Strömung, die als bestimmender Faktor zu den sonstigen gewässer-spezifischen Standortfaktoren der aquatischen Lebensräume des Festlandes hinzutritt.

Es gibt in Mitteleuropa nur zwei makrophytische Arten, deren Vorkommen weitgehend auf Fließgewässer beschränkt und von strömendem Wasser abhängig ist. Es handelt sich um *Ranunculus fluitans* und *R. penicillatus*. Alle anderen mitteleuropäischen Gewässermakrophyten kommen auch in Stillgewässern vor, bzw. haben dort ihren Verbreitungsschwerpunkt und bilden in Fließgewässern „nur“ typische Fließwasserökomorphosen aus.

Die vorliegende Darstellung beschränkt sich auf die wichtigsten Gesellschaften des *Ranunculon fluitantis* in Norddeutschland. Es werden Standortbedingungen sowie einige Anpassungen der Gesellschaften des *Ranunculon fluitantis* an die speziellen Standortbedingungen in unterschiedlichen Fließgewässertypen aufgezeigt.

Als Ansatz für Untersuchungen zur Auswirkung von Standortfaktoren bietet sich die Vegetationsverteilung in Bächen und Flüssen an. Die von GESSNER (1955, S. 289 ff.) vertretene Ansicht, Vorkommen und Verteilung von Hydrophyten in Fließgewässern seien nur zufallsbedingt, ist vielfach nicht zutreffend.

2. Räumliche Anordnung von Makrophytengesellschaften in Bächen und Flüssen

Aussagen zu Auswirkungen einzelner Standortfaktoren in natürlichen Systemen sind aufgrund der komplexen Wirkungsmechanismen oft nur begrenzt möglich. Einen Ansatzpunkt für die Untersuchung einzelner Standortfaktoren bietet die Vegetationsverteilung in räumlich begrenzten Fließwasserabschnitten. In Übergangsbereichen zwischen unterschiedlichen Gesellschaften bzw. zwischen besiedelten und unbesiedelten Zonen ändern sich häufig nur ein oder wenige Parameter. So liegt in einem überschaubaren Gewässerabschnitt, in den keine anthropogenen oder natürlichen Zuflüsse einmünden, aufgrund der strömungsbedingten Durchmischung des Wasserkörpers in der Regel ein weitgehend homogener Gewässerchemismus vor. Solche Bereiche eignen sich zur Untersuchung der Auswirkung sich verändernder physikalischer Parameter, wie Strömung, Licht und Sedimentation.

Bäche und Flüsse bieten unterschiedliche Möglichkeiten der räumlichen Anordnung von Hydrophytengesellschaften. In Bächen ist aufgrund der geringen Breite meist nur eine einzige Assoziation pro Gewässerabschnitt vorhanden (s. Abb. 1a). Nur bei stärker variierenden Standortfaktoren ist ein Mosaik unterschiedlicher Gesellschaftsausprägungen ausgebildet. Wo zwei Assoziationen aneinander grenzen, ist ein relativ rascher aber nicht abrupter Übergang von

Assoziation zu Assoziation zu beobachten. Zu umfangreicheren Verzahnungen bzw. Mosaikbildungen zwischen unterschiedlichen Gesellschaften kommt es in naturnahen Bachläufen im Bereich von Mäandern, die einen stärkeren Gegensatz zwischen lenitischem Gleit- und lotischem Prallhang bzw. eine durchschnittlich größere Breite aufweisen als relativ gerade verlaufende Gewässerabschnitte.

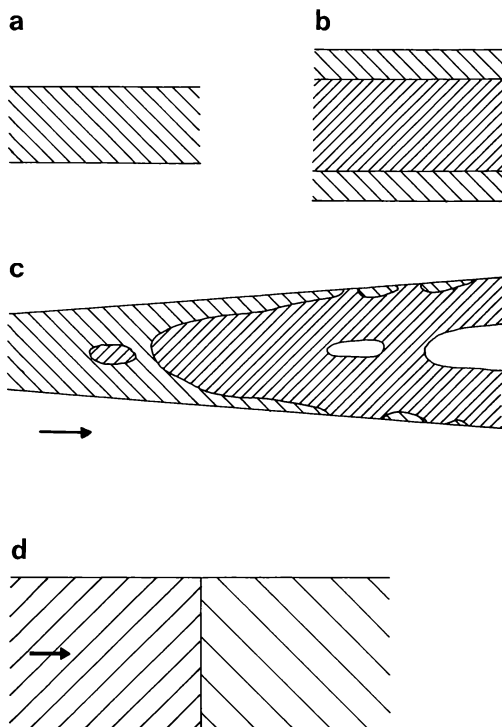


Abb. 1: Räumliche Anordnung bzw. Abfolge unterschiedlicher Fließwassergesellschaften in Bächen und Flüssen (Erläuterung im Text).

In Flüssen ist häufig eine mit bloßem Auge erkennbare Gliederung in den Stromstrich mit rhithralem und in die ufernahen Bereiche mit eher potamalem Charakter zu beobachten. Entsprechend können unterschiedlich strömungstolerante Gesellschaften in einem Gewässerabschnitt nebeneinander auftreten (s. Abb. 1b). Daneben sind Mosaik- von Subassoziationen, Ausbildungen etc. zu beobachten. Die Strömungsgeschwindigkeit kann dem gleichzeitigen Auftreten unterschiedlicher Gesellschaften in einem Gewässerabschnitt Grenzen setzen. So weisen schnell strömende Flüsse ($> 100 \text{ cm/s}$) in der Regel nur eine einzige Gesellschaft auf, da auch die ufernahen Bereiche für weniger strömungstolerante Gesellschaften zu strömungsreich sind. Ein Nebeneinander verschiedener Gesellschaften wird ebenfalls in gleichmäßig tiefen Gewässerabschnitten mit geringen Strömungsgeschwindigkeiten ($< 3 \text{ cm/s}$) unterbunden, da keine Differenzierung in lotische und lenitische Bereiche vorhanden ist und sich rheotolerante bzw. rheophobe Gesellschaften flächendeckend ausbreiten können.

In naturnahen Übergangsbereichen von Bächen zu Flüssen sowie innerhalb von Flüssen ist eine allmähliche Ablösung einer Assoziation durch eine andere zu beobachten (s. Abb. 1c). Die Gesellschaften der Oberläufe bzw. der vorangegangenen Gewässerabschnitte werden, ausgehend von mehr oder weniger geschlossenen, flächenhaften Vorkommen, sukzessive auf ufernahe Bereiche abgedrängt. Die zunächst noch geschlossenen, bandartigen Vorkommen werden

zunächst von der ablösenden Gesellschaft punktuell durchdrungen. Im weiteren Verlauf lösen sich die vorher bandartigen Bestände inselartig auf.

Mit zunehmender Gewässertiefe wird außerdem die Besiedlung des Gewässers in seiner gesamten Breite erschwert. In den Bächen sind es kolkartige Vertiefungen, die vegetationsfrei bleiben. In Flüssen ist dagegen häufig ein durchgehend vegetationsfreier Stromstrich zu beobachten.

Die natürliche Vegetationsverteilung wird besonders in Bächen und kleinen Flüssen durch den Eingriff des Menschen überprägt. Teilräumungen begünstigen die Mosaikbildung zwischen pionierartigen Beständen und definierten Gesellschaften bzw. Assoziationen.

Während in naturnahen Gewässern überwiegend sukzessive Übergänge zwischen Gesellschaften zu beobachten sind, die sich über mehr oder weniger ausgedehnte Gewässerabschnitte erstrecken, führen anthropogene Eingriffe nicht selten zu Brüchen in der Vegetationsabfolge (s. Abb. 1d), so daß vielfach von einem Hiatus gesprochen werden kann. Die häufigsten Ursachen sind punktuelle Einleitungen von Abwässern sowie der Einbau von strömungsvermindernden Querbauwerken. Unter natürlichen Bedingungen treten derartig abrupte Übergänge im Bereich von Stromschnellen etc. auf.

3. Gesellschaften des *Ranunculion fluitantis* und ihre Standorte

Die Abb. 2 faßt häufig zu beobachtende Sukzessionen bzw. räumliche Abfolgen zwischen den wichtigsten Gesellschaften des *Ranunculion fluitantis* in Norddeutschland zusammen. In der Grafik sind Entwicklungsrichtungen der Gesellschaften bzw. räumliche Kontakte zwischen den Gesellschaften dargestellt. Hauptsächliche Entwicklungstendenzen werden durch schwarze Pfeile symbolisiert, untergeordnete durch weiße. Die wichtigsten Ursachen, die zu Veränderungen von Standorten führen und ein Sukzessionsgeschehen in Gang setzen können, sind Veränderungen von Trophie, Strömung, Lichtangebot und Schwebstofffracht. Die Zuordnung zu den Kategorien Weich- bzw. Hartwasser sowie Bäche bzw. Flüsse hat nur orientierenden Charakter.

Die Assoziationen und ihre Standorte bzw. ihr Indikationswert für bestimmte Standortfaktoren können hier nur stichwortartig dargestellt werden (vgl. u.a. WEBER-OLDECOP 1977; POTT 1980, 1992; REMY 1993c). Kennarten und wichtige Begleitarten der hier angesprochenen Vegetations-

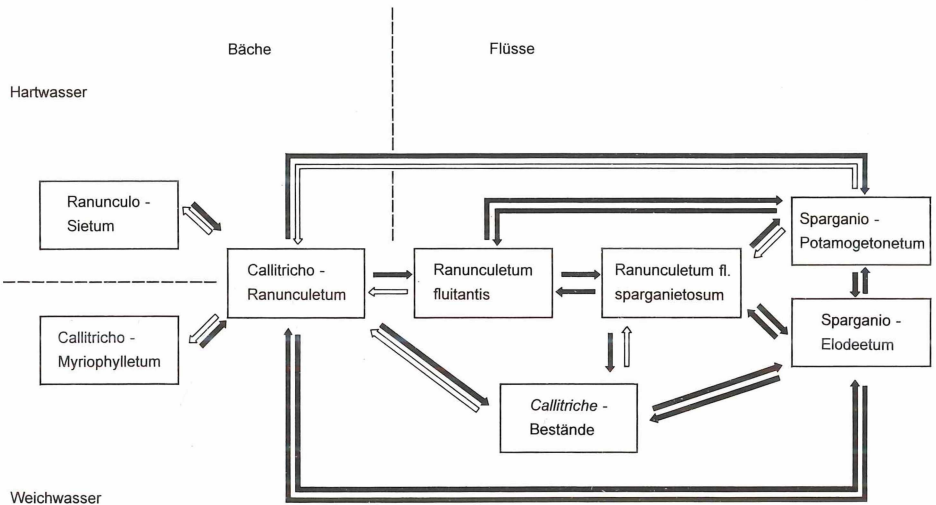


Abb. 2: Abfolge wichtiger Gesellschaften des *Ranunculion fluitantis* (überwiegende Entwicklungsrichtungen durch schwarze, untergeordnete durch weiße Pfeile dargestellt).

einheiten sind der Tab. 1 zu entnehmen. Die Bezeichnungen der Pflanzengesellschaften orientieren sich weitgehend an POTT (1992). Sie sind in den Abbildungen z.T. abgekürzt. Die Nomenklatur erfolgt auf Grundlage der vorläufigen Fassung der Standardliste der Farn- und Blütenpflanzen der Bundesrepublik Deutschland (ZFKBD 1993).

1.) *Ranunculo-Sietum erecti submersi* Roll 38 em. Th. Müller

Meso- bis eutraphente Gesellschaft sommerkalter, schnell fließender, halbschattiger Hartwasserbäche. Diese primäre Gesellschaft der Kalkgebiete geht uferwärts in *Berula erecta*-Röhrichte über. In Norddeutschland verbreitet, aber nur selten gut ausgebildet.

2.) *Callitricho hamulatae-Myriophylletum alterniflori* Steusloff 39 em. Weber-Oldecop 67

Meso- bis schwach eutraphente Gesellschaft sommerkalter, schnell fließender, halbschattiger Weichwasserbäche. Die inzwischen seltene, primäre Gesellschaft der Sandbäche wird überwiegend von feinfiedrigen bzw. kleinblättrigen Arten aufgebaut.

3.) *Callitricho-Ranunculetum penicillati* Dethioux & Noirfalise 85

Eutraphente, lichtliebende Gesellschaft weich- oder hartwasserführender, langsam bis schnell fließender Bäche und kleiner Flüsse. *Ranunculus penicillatus* baut zusammen mit *Ranunculus peltatus* die zentrale Gesellschaft des *Ranunculion fluitantis* auf. Das *Callitricho-Ranunculetum penicillati* bildet das Bindeglied zwischen den Gesellschaften der Oberläufe und denen der Mittel- bzw. Unterläufe. Es erfuh aufgrund der Beseitigung schattengebender Auengehölze und gleichzeitiger Eutrophierung als Ersatzgesellschaft für ein *Callitricho hamulatae-Myriophylletum alterniflori* bzw. ein *Ranunculo-Sietum erecti submersi* eine sekundäre Verbreitung. Übermäßige Eutrophierung führt wegen der leicht zu Veralgung neigenden, feinfiedrigen Blätter gegenwärtig zum Rückgang der Gesellschaft.

4.) *Ranunculetum fluitantis* Koch 26

Die lichtliebende, eutraphente Gesellschaft bildet artenarme Bestände in stark strömenden Flüssen der Mittelgebirgslagen; seltener im Tiefland vorkommend. Die Assoziation ist bei verringerter Strömung aufgrund von Epiphytenbewuchs und in schwebstoffreichen Gewässern aufgrund von Detritusüberlagerung der Fiederblätter nicht konkurrenzkräftig.

5.) *Ranunculetum fluitantis sparganietosum*

Die ebenfalls lichtliebende, eutraphente Subassoziation besiedelt Bereiche mit leicht verminderter Strömung. Ihr Verbreitungsschwerpunkt liegt in intercollinen Becken bzw. im Tiefland. Sie wird durch natante und submerse Riemenblätter bzw. durch Schwimmblätter begleitender Arten gekennzeichnet. Häufig geht sie in eine submerse *Nuphar*-Fazies über.

6.) *Sparganio-Potamogetonectum pectinati* Reichhoff & Hilbig 75

Verbreitete, artenarme, eu- bis leicht hypertraphente, relativ salztolerante Gesellschaft in schnell strömenden bis stagnierenden Hartwässern und sekundär aufgehärteten Weichwässern. Artenarme *Potamogeton pectinatus*-Bestände stellen nach übermäßiger Eutrophierung häufig den Endpunkt möglicher Sukzessionen dar. Die schmalen, riemenförmigen Blätter bieten wenig Ansatzpunkte für Veralgung oder Verschmutzung. Die Ausbildung wassereroberflächennaher Schwaden garantiert einen maximalen Lichtgenuß in trüben Gewässern.

7.) *Sparganio-Elodeetum canadensis* Weber-Oldecop 77

Die lichtliebende Gesellschaft ist schwerpunktmäßig in eutrophen, sekundär aufgehärteten Weichwässern, mit mäßiger bis fehlender Strömung vertreten. *Sparganium emersum*-reiche Bestände bieten durch ihre riemenförmigen, unmittelbar unter der Wasseroberfläche flottierenden Blätter wenig Ansatzpunkte für Veralgung oder Verschmutzung.

Tab. 1: Übersichtstabelle zu den Vegetationseinheiten des *Ranuncion fluitantis* (gekürzt).

Einheit	1	2	3	4	5	6	7
Zahl der Aufnahmen	75	36	87	35	47	55	81
<i>Berula erecta</i> fo. subm.	V ⁺³⁵	.	I ⁺¹²	.	.	.	.
<i>Ranunculus trichophyllus</i>	II ⁺⁴⁵	.	.	.	.	.	.
<i>Myriophyllum alterniflorum</i>	.	IV ⁺⁴⁵	.	.	.	.	.
<i>Callitriche hamulata</i>	.	IV ⁺²⁵	III ⁺¹⁴	.	I ⁺¹¹	.	II ⁺¹²
<i>Ranunculus penicillatus</i>	.	.	II ⁺³⁵	.	.	.	.
<i>Ranunculus peltatus</i>	.	II ⁺¹²	III ⁺³⁵	.	.	.	.
<i>Ranunculus fluitans</i>	.	.	.	V ⁺²⁵	.	.	.
<i>Potamogeton pectinatus</i>	.	.	.	IV ⁺²⁵	I ⁺¹²	V ⁺²⁵	.
<i>Sparganium emersum</i> fo. subm.	I ⁺¹²	II ⁺¹²	II ⁺¹²	II ⁺¹²	III ⁺²³	III ⁺¹²	V ⁺³⁵
<i>Nuphar lutea</i> fo. subm.	.	.	.	.	V ⁺²⁵	.	.
<i>Nuphar lutea</i>	.	.	.	.	III ⁺¹⁵	.	.
<i>Elodea canadensis</i>	.	II ⁺¹²	II ⁺¹²	II ⁺¹³	I ⁺¹²	II ⁺¹²	III ⁺¹²
<i>Callitriche platycarpa</i>	II ⁺²⁴	II ⁺²⁴	IV ⁺²⁵	.	I ⁺¹²	II ⁺¹¹	IV ⁺²⁴
<i>Phalaris arundinacea</i> fo. subm.	I ⁺¹³	I ⁺²²	II ⁺¹³	I ⁺²²	I ⁺¹²	.	II ⁺¹¹
<i>Glyceria fluitans</i> fo. fluit.	I ⁺¹⁴	II ⁺⁴⁵	II ⁺¹²	.	.	.	I ⁺¹²
<i>Lemna minor</i>	.	.	.	II ⁺¹²	I ⁺¹¹	I ⁺¹²	I ⁺¹²
<i>Myriophyllum spicatum</i>	.	.	.	.	.	II ⁺¹³	.
<i>Fontinalis antipyretica</i>	.	.	I ⁺²²	I ⁺¹²	I ⁺²²	.	.
<i>Potamogeton crispus</i>	.	.	.	I ⁺¹¹	.	I ⁺¹¹	.
<i>Agrostis stolonifera</i> agg.	I ⁺¹²	I ⁺¹	.	.	.	.	.
<i>Potamogeton pusillus</i> agg.	I ⁺³³	.	.	.	.	.	.
<i>Nasturtium officinale</i> agg.	I ⁺¹⁴	.	.	.	.	.	.
<i>Lemna trisulca</i>	I ⁺¹³	.	.	.	.	.	.
<i>Potamogeton alpinus</i>	.	I ⁺²²	.	.	.	.	.
<i>Isolepis fluitans</i>	.	I ⁺³⁴	.	.	.	.	.
<i>Callitriche stagnalis</i>	.	.	I ⁺¹³	.	.	.	.
<i>Potamogeton perfoliatus</i>	.	.	.	II ⁺¹³	.	.	.
<i>Enteromorpha intestinalis</i>	.	.	.	II ⁺¹²	.	.	.
<i>Potamogeton lucens</i>	.	.	.	.	.	I ⁺¹²	.
<i>Zannichellia palustris</i>	.	.	.	.	.	I ⁺¹²	.
<i>Callitriche obtusangula</i>	.	.	.	.	I ⁺¹²	I ⁺¹²	.
<i>Sagittaria sagittifolia</i> var. vall.	.	.	.	.	II ⁺¹¹	.	.
<i>Polygonum amphibium</i>	.	.	.	.	I ⁺⁴⁵	.	.

- 1.) *Ranunculo-Sietum erecti submersi* Roll 38 em. Th. Müller 62
- 2.) *Callitricho hamulatae-Myriophylletum alterniflori* Steusloff 39 em. Weber-Oldecop 67
- 3.) *Callitricho-Ranunculetum penicillati* Dethioux & Noifalise 85
- 4.) *Ranunculetum fluitantis* Koch 26
- 5.) *Nuphar lutea* fo. submersa – Fazies
- 6.) *Sparganio-Potamogetonetum pectinati* Reichhoff & Hilbig 75
- 7.) *Sparganio-Elodeetum canadensis* Weber-Oldecop 77

8.) *Callitriche*-Bestände

Häufig ist eine besondere standortkundliche Wertigkeit nicht erkennbar. *Callitriche hamulata* bildet eine Rumpfgesellschaft im meso- bis eutrophen Milieu, während *Callitriche platycarpa*-Bestände überwiegend in eutrophen Gewässern auftreten. Die Verbreitung von *Callitriche obtusangula* ist in Norddeutschland unzureichend dokumentiert.

4. Natürliche und anthropogene Standortfaktoren in Fließgewässern

Die Standortfaktoren beeinflussen in unterschiedlichem Umfang und abhängig von ihrer Kombination die jeweiligen Standorte und deren Gesellschaften. Ihre Veränderung führt zur räumlichen Abgrenzung bzw. zeitlichen Ablösung einer Gesellschaft gegen bzw. durch eine andere.

In Abb. 3 sind in bezug auf Assoziationen der Fließgewässer die wichtigsten Standortfaktoren dargestellt und zu drei Faktorengruppen zusammengefaßt. Während chemische und physikalische Faktoren exakt meßbar sind, müssen viele der sonstigen Faktoren aufgrund fehlender Definitionen bzw. nicht einheitlicher Methoden eher beschreibend dargestellt werden. Die konkreten Wirkungsmechanismen einzelner bzw. kombinierter Faktoren sind komplexer Natur und bisher kaum oder nur unzureichend erfassbar. Dieser Bereich muß daher vielfach als „black box“ aufgefaßt werden.

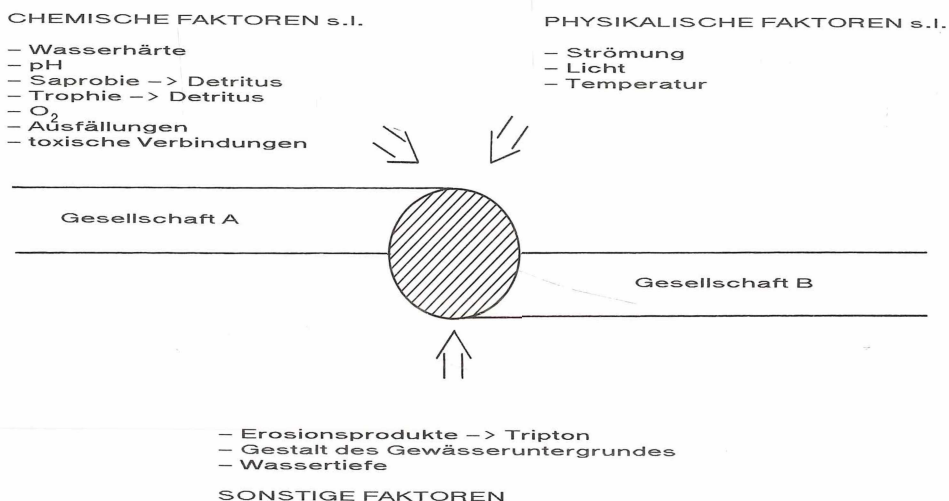
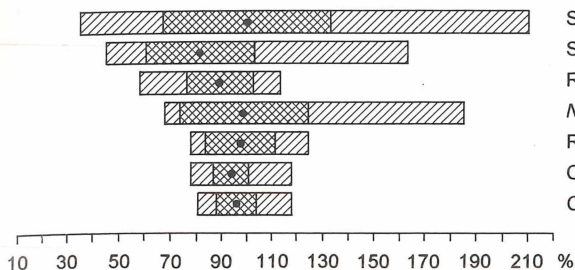


Abb. 3: Auswahl wichtiger Standortfaktoren in Fließgewässern.

– Chemische Faktoren

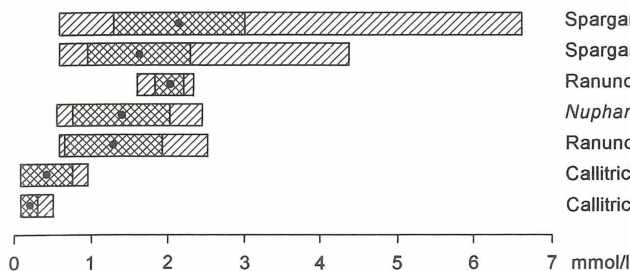
Einige der chemischen Faktoren werden fast ausschließlich durch den geogenen Aufbau der Einzugsgebiete bestimmt, so die Härte des Wassers, die für die Ausbildung von Hart- oder Weichwasserbächen mit ihren spezifischen Assoziationen verantwortlich ist. Während in weichen, sauren Fließgewässern nur gelöstes CO₂ zur Verfügung steht, ist in harten, basischen und kalkreichen außerdem das Hydrogenbikarbonat als anorganische Kohlenstoffquelle vorhanden. Auf anthropozoogenen Einfluß weist insbesondere ein stark divergierender Konzentrationsverlauf von Gesamt- und Karbonathärte hin (vgl. WEBER-OLDECOP 1970/71; KOHLER & ZELTNER 1974; REMY 1993c). In engem Zusammenhang mit dem geogenen Karbonatgehalt steht der pH-

Sauerstoffsättigung



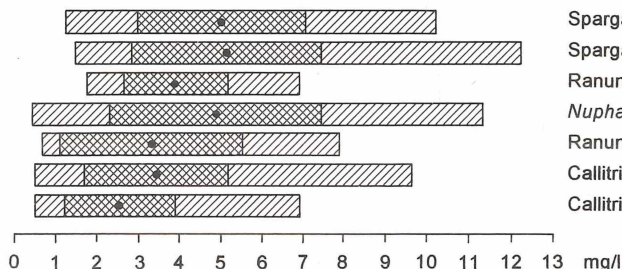
Sparganio - Potamogetonetum
 Sparganio - Elodeetum
 Ranunculetum fluitantis
Nuphar lutea fo. *submersa*-Fazies
 Ranunculo - Sietum
 Callitricho - Ranunculetum
 Callitricho - Myriophylletum

Karbonathärte



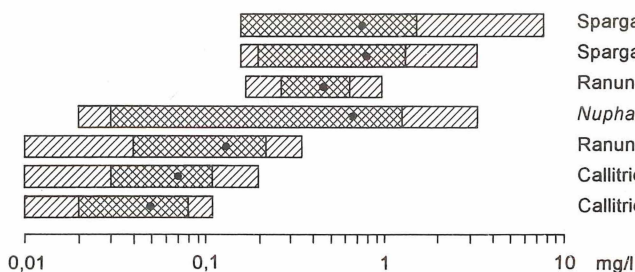
Sparganio - Potamogetonetum
 Sparganio - Elodeetum
 Ranunculetum fluitantis
Nuphar lutea fo. *submersa*-Fazies
 Ranunculo - Sietum
 Callitricho - Ranunculetum
 Callitricho - Myriophylletum

Anorganischer Stickstoff



Sparganio - Potamogetonetum
 Sparganio - Elodeetum
 Ranunculetum fluitantis
Nuphar lutea fo. *submersa*-Fazies
 Ranunculo - Sietum
 Callitricho - Ranunculetum
 Callitricho - Myriophylletum

Orthophosphat



Sparganio - Potamogetonetum
 Sparganio - Elodeetum
 Ranunculetum fluitantis
Nuphar lutea fo. *submersa*-Fazies
 Ranunculo - Sietum
 Callitricho - Ranunculetum
 Callitricho - Myriophylletum

Abb. 4: Hydrophytengesellschaften und ausgewählte hydrochemische Standortfaktoren.

Wert, der allerdings häufig anthropogen überprägt ist. Ausfällungen von Karbonaten oder Fe-Verbindungen, die in Form von Ablagerungen auf den photosynthetisch aktiven Blattflächen als Standortfaktoren in Erscheinung treten, sind sowohl geogen als auch biogen. In zunehmendem Maße anthropogen sind die Saprobie, als Grad der Belastung mit abbaubaren organischen Stoffen, und die Trophie, als Ausdruck der Intensität der photoautotrophen Produktion, die durch die Verfügbarkeit von Stickstoff- und Phosphatverbindungen bestimmt wird. Toxische Verbindungen in Fließgewässern sind von wenigen Ausnahmen abgesehen, wie natürliche Schwermetall- oder Salzaustritte, anthropogen (UHLMANN 1988).

Chemische Verbindungen führen seit der deutlichen Verschärfung der Vorschriften zur Einleitung von Abwässern nur noch in relativ wenigen Fällen primär zum völligen Verlust der Makrophytenvegetation. Abb. 4 faßt Ergebnisse von Untersuchungen zur Hydrochemie an Standorten der hier vorgestellten Gesellschaften zusammen. Sie bestätigen hinlänglich den bekannten Zusammenhang zwischen Chemismus und Hydrophytengesellschaften (u.a. BUTCHER 1933; STEUSLOFF 1939; PIETSCH 1972; KOHLER et al. 1973; MELZER 1976; POTT 1980; CARBINER et al. 1990; TRÉMOLIERES et al. 1994). Einzelne Assoziationen besitzen somit, zumindest in einem engen geographischen Rahmen, eine Indikatorfunktion. Die dargestellten Ergebnisse basieren auf Untersuchungen in verschiedenen Naturräumen Norddeutschlands (REMY 1993c). Eine großräumige Untersuchung unter Berücksichtigung unterschiedlicher Naturräume bzw. Einzugsgebiete führt bei einigen Parametern zu einer stärkeren Streuung der Meßwerte. Die gewählte Darstellungsform zeigt einerseits die arithmetischen Mittelwerte; andererseits lassen Spannweite und Standardabweichung die z.T. geringe Aussagekraft einzelner Meßwerte erkennen. Nur stenöke Assoziationen weisen relativ geringe Spannweiten auf. Am stärksten ist die Indikatorfunktion für den Parameter Gesamtstickstoff eingeschränkt (s. Abb. 4). Spannweite und Standardabweichung der Meßwerte überschneiden sich bei allen hier betrachteten Gesellschaften erheblich, da Stickstoff auch in natürlichen, nicht verunreinigten Gewässern meist in ausreichendem Maß zur Verfügung steht. Eine deutliche Differenzierung in meso- bis eutraphente bzw. in stark eu- bis hypertraphente Gesellschaften ist dagegen mit Hilfe der Orthophosphatkonzentrationen möglich. Pflanzenverfügbare Phosphatverbindungen stellen häufig einen trophiebegrenzenden Faktor dar. Weiterhin belegen die Ergebnisse u.a. die Gliederung in Gesellschaften karbonatarmer und -reicher Standorte.

Trophie und Saprobie führen zu einer Differenzierung in Standorte unterschiedlich traphenter und verschmutzungstoleranter Gesellschaften. Die aus Saprobie und Trophie resultierende Vegetationsabfolge entspricht oft einer Abfolge zunehmend nährstoffliebender Gesellschaften vom Ober- zum Unterlauf (vgl. POTT 1984, 1990), wie sie auch in Abb. 2 in Erscheinung tritt.

– Physikalische Faktoren

Die Strömung ist der Standortfaktor, der die Gesellschaften des *Ranunculion fluitantis* prägt. Es ist der einzige Faktor, der Fließgewässer primär von Stillgewässern unterscheidet.

Untersuchungen zu Auswirkungen der Strömung ergeben Erklärungsansätze für die Verteilungsmuster von Gewässermakrophyten. Fließgewässer sind Extremstandorte und daher von Natur aus arten- und gesellschaftsarm. Naturnahe Gewässerabschnitte weisen eine relativ große Variabilität in bezug auf Breite, Tiefe, Substrat und Ausbildung von Prall- und Gleithängen auf. Es resultiert ein Mosaik lotischer und lenitischer Bereiche, dem ein ebensolches Mosaik unterschiedlich besiedelter bzw. vegetationsfreier Standorte entspricht. Eine Gewässerregulierung löst derartige Mosaike zugunsten einheitlich durchströmter Abflußquerschnitte auf. Vorher vorhandene Vegetationsmosaike werden durch linienhafte bzw. großflächige Standorte und Vegetationsanordnungen abgelöst. In vielen Fällen scheint ein vordergründiger Zusammenhang zwischen der Strömungsgeschwindigkeit und dem Vorkommen bzw. Fehlen bestimmter Gesellschaften zu bestehen.

Die einzelnen Hydrophytengesellschaften reagieren unterschiedlich auf die Strömung. Die

Assoziationen des *Ranunculon fluitantis* sind rheobiont oder zumindest rheophil. Sie können auch als rheogen bezeichnet werden. Eher rheotolerante Gesellschaften vermitteln zu den anderen Verbänden der *Potamogetonetea*, die überwiegend von rheophoben Gesellschaften aufgebaut werden. In der Tab. 2 sind die wichtigsten Reaktionen der Hydrophytenassoziationen auf die Strömung zusammengefaßt.

Tab. 2: Reaktionen der Hydrophytenassoziationen auf Strömung.

Typ	Reaktion
rheobiont	Assoziation strömungsabhängig, überwiegend im Bereich von Prallhängen, Stromschnellen und des Stromstrichs ausgebildet; fehlt im Potamal
rheophil	Assoziation strömungsliebend, reagiert in Fließgewässern neutral bzw. entwickelt sich im Bereich des Stromstrichs gut bis optimal; Vorkommen im Rhital und Potamal
rheotolerant	Assoziation strömungsertragend, präferiert Gleithänge und ufernahe Bereiche mit geringer Strömung, bzw. durchdringt Röhrichte; überwiegend im Potamal vertreten
rheophob	Assoziation strömungsempfindlich; fehlt in Fließgewässern

In ausreichend breiten Gewässerabschnitten mit unterschiedlich stark durchströmten Bereichen können gleichzeitig rheobionte bzw. rheophile und rheotolerante Assoziationen benachbart auftreten. Eine Kombination mit rheophoben Gesellschaften kommt nur unter besonderen Bedingungen zustande, u.a. wenn sich *Lemna*-Decken an submers flottierenden Makrophyten verankern. Eine räumliche Nachbarschaft rheobionter und rheophober Assoziationen ist ausgeschlossen.

Licht ist neben Nährstoffen die wichtigste Voraussetzung für das Vorkommen von Hydrophyten (vgl. POKORNY & ONDOK 1991). Ein Verlust von Strahlungsenergie tritt durch Reflexion an der Wasseroberfläche sowie durch Absorption auch in weitgehend klaren Wasserkörpern auf (s. Abb. 5).

Messungen zeigen, daß der Abfall der Lichtintensität durch Reflexion u.a. von der Bewegung der Wasseroberfläche abhängt (REMY 1993d). Während der durchschnittliche Lichtverlust durch Reflexion sowohl für trübe als auch für klare Gewässer bei etwa 25 % liegt, kommt es zu durchschnittlichen Verlusten von nur etwa 21 % bei ruhigen Wasserflächen potamaler Gewässer, im Gegensatz zu 31 % bei stark bewegten, turbulenten Wasseroberflächen. Die Differenz von 10 Prozentpunkten beruht im wesentlichen auf der stärkeren, vom Sonnenstand unabhängigeren Reflexion bewegter Wasseroberflächen (vgl. SAUBERER 1939; DIRMHIRN 1953; BYKOVSKIJ 1980 ex POKORNY & ONDOK 1991).

Fließgewässer weisen im Gegensatz zu Stillgewässern häufig eine geringere Lichtdurchlässigkeit auf (vgl. u.a. SAUBERER & ECKEL 1938; SAUBERER 1939; WESTLAKE 1965; REMY 1993b). Der Unterschied beruht u.a. auf der andauernden Zufuhr von Schwebstoffen, deren geogener Anteil, das Tripton, weitgehend vom Erosionsgeschehen in den jeweiligen Einzugsgebieten abhängt. Der biogene Anteil, der sich in Fließgewässern weitgehend auf Detritus beschränkt (Plankton spielt eine untergeordnete Rolle), hängt überwiegend von der Trophie und Saprobie ab, heute weitgehend anthropogen überprägten Faktoren. Die Schwebstofffracht trägt wesentlich zur Absorption und Streuung des Lichtes im Wasserkörper bei. Messungen zeigen deutliche Differenzen zwischen Einzugsgebieten mit unterschiedlichem geologischem Aufbau (REMY 1993c). Gewässer aus Gebieten mit grobklastischem Untergrund führen ein relativ klares,

durchschnittlich schwach opalisierendes Wasser und sind nach Hochwasserabflüssen nur kurzzeitig getrübt. Der durchschnittliche Lichtverlust auf 10 cm Wassersäule beträgt 7%, Hydrophyten können bis > 140 cm Wassertiefe siedeln. Wird ein Gewässer aus überwiegend feinklastischen Einzugsgebieten gespeist, führt es im Jahresdurchschnitt ein leicht getrübt Wasser, welches während und nach Hochwasserabflüssen über längere Zeit stark getrübt sein kann. Der Lichtverlust auf 10 cm Wassersäule beträgt durchschnittlich 15%. Ein für Gewässermakrophyten notwendiger Lichtgenuß ist nur bis zu einer Wassertiefe von etwa 50 cm gewährleistet.



Abb. 5: Unterschied der Strahlungsintensität zwischen Atmosphäre und Hydrosphäre am Beispiel eines klaren Wasserkörpers (Taubergießen, 1990).

Aus der Kombination der Faktoren Licht, Wassertiefe und Trübung resultiert die am Gewässeruntergrund verfügbare Lichtenergie. Auch in relativ klaren Fließgewässern können Kolke oder der Bereich des Stromstrichs häufig nicht besiedelt werden, da aufgrund der größeren Tiefe unzureichende Lichtverhältnisse vorliegen. Die Assoziationen trüber Fließgewässer, wie das *Sparganio-Potamogetonum pectinati* oder das *Sparganio-Elodeetum canadensis*, entgehen dem tiefenabhängigen Lichtverlust durch die Ausbildung oberflächennah flottierender Blattorgane. Submerse *Nuphar*-Bestände scheinen den Standortnachteil durch ganzjährig anhaltende

photosynthetische Aktivität und die Speicherung von Reservestoffen im Rhizom auszugleichen.

Die Wassertemperatur ist in Fließgewässern stärker grundwasserabhängig als bei Stillgewässern. Durch anhaltenden Zu- und Abstrom findet ein ständiger Wasseraustausch statt. Mit zunehmender Lauflänge und abnehmender Strömungsgeschwindigkeit vergrößert sich die jährliche Temperaturamplitude.

– Sonstige Faktoren

Diese Gruppe umfaßt verschiedene geogene und biogene Faktoren, die z.T. bereits im Zusammenhang mit chemischen und physikalischen Faktoren erwähnt wurden. Einige Faktoren, die bei standortkundlichen Untersuchungen im terrestrischen Bereich eine wichtige Rolle spielen, sind bei der Betrachtung mitteleuropäischer Fließgewässer ohne oder nur von geringer Bedeutung, so das Klima, da die temperaturnivellierende Wirkung des Wassers im allgemeinen und Grundwasserzufuhr im besonderen zu einer weitgehenden Nivellierung von Klimaeinflüssen führen. Eine besondere Rolle spielt die Strömung, die jede Temperaturschichtung im Wasserkörper verhindert. Die relative Höhe über NN spielt indirekt eine Rolle, da von ihr die Reliefenergie, und damit Gefälle sowie Strömungsgeschwindigkeit abhängen. Selbstverständlich sind schnell fließende, sommerkühle Bäche überwiegend in Gebirgs- und Mittelgebirgslagen verbreitet. Die in ihnen wirklichen Standorte treten allerdings auch in den Forellenbächen des Tieflandes auf, wie Bäche der Lüneburger Heide oder des Fläming zeigen.

Von der Art des Untergrundes und dem Gefälle hängen die Gestalt des Gerinnebettes und damit Breite sowie Tiefe des Wasserkörpers ab. Da die Abnahme der Lichtintensität innerhalb des Wasserkörpers der im Wasser zurückgelegten Strecke proportional ist (RÖRSLER 1987), kommt der Wassertiefe eine große Bedeutung für die Besiedelbarkeit zu. Die Art des Untergrundes ist außerdem wichtig, da die einzelnen Gesellschaften unterschiedlich festes Substrat besiedeln.

5. Sekundäre Auswirkungen und Auswirkungen von Faktorenkombinationen

Häufig entscheidet nicht ein einzelner Faktor, sondern die Kombination von zwei oder mehr Faktoren über Art und Umfang der Besiedelbarkeit eines Standortes bzw. über die Ablösung einer Gesellschaft durch eine andere.

Epiphytenaufwuchs und Detritusablagerungen

Das Angebot an Nährstoffen wirkt sich auf unterschiedliche Weise auf die Hydrophytenvegetation aus. Primär werden die einzelnen Arten und die von ihnen aufgebauten Gesellschaften durch die jeweilige Konzentration an Nährsalzen gefördert, gehemmt bzw. nicht beeinflusst (vgl. u.a. GLÄNZER 1974; KOHLER 1975; NOBEL 1980). Als sekundäre Auswirkungen der Eutrophierung müssen die Förderung epiphytischer Algen sowie die verstärkte Bildung von Detritus in Betracht gezogen werden. Epiphytenwachstum und Detritusablagerungen sind ihrerseits in starkem Maß von der herrschenden Strömungsgeschwindigkeit abhängig.

Der Trophie kommt in Kombination mit der Strömungsgeschwindigkeit besondere Bedeutung zu. Werden bestimmte Nährstoffkonzentrationen überschritten (Orthophosphat $> 0,06$ mg/l; anorganischer Gesamtstickstoff > 3 mg N/l) und verringert sich gleichzeitig die Strömungsgeschwindigkeit auf weniger als 30 cm/s, so ist mit einem verstärkten Wachstum epiphytischer Algen zu rechnen. Diese an norddeutschen Fließgewässern empirisch ermittelten Werte liegen deutlich über den von IMHOFF & IMHOFF (1972) angegebenen Grenzwerten, die bei 0,01 mg/l Gesamtphosphat und 0,3 mg/l anorganischem Stickstoff liegen.

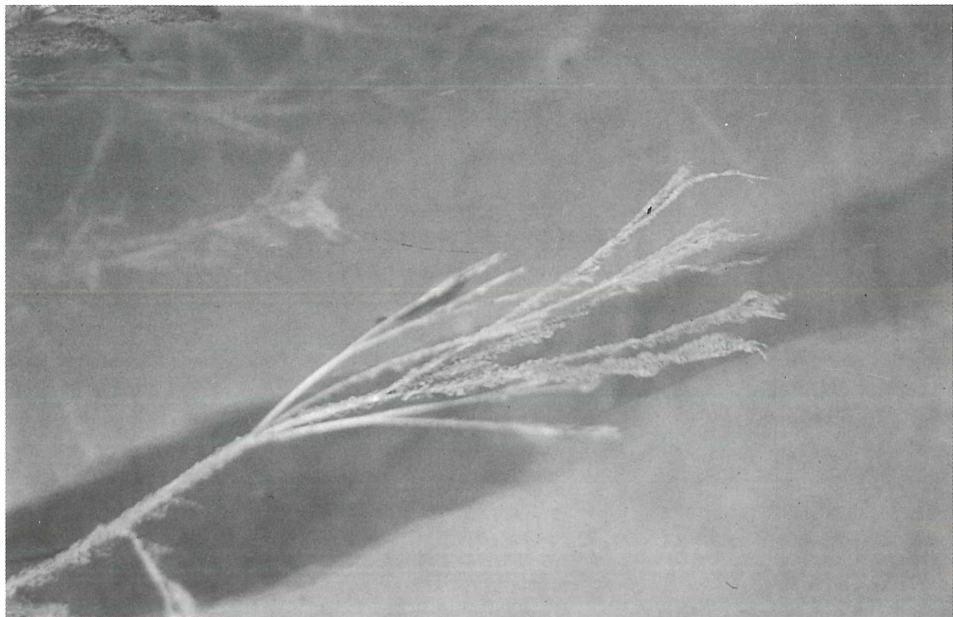


Abb. 6: Makroskopisch sichtbarer Epiphytenbewuchs auf *Ranunculus fluitans*.

Es ergibt sich außerdem ein direkter Zusammenhang zwischen dem Umfang des makroskopisch sichtbaren Epiphytenbewuchses (s. Abb. 6) und der Blattmorphologie in Abhängigkeit von der Trophie. So sind Hydrophyten mit fein gefiederten Submersblättern, wie *Ranunculus penicillatus*, *R. trichophyllus*, *R. peltatus* oder *Myriophyllum spec.*, besonders stark von epiphytischem Aufwuchs betroffen, während elodeide bzw. vallisneriide Arten mit weitgehend glatten, ganzrandigen Submersblättern nur in geringem Umfang besiedelt werden (vgl. Tab. 3). Wie die Abb. 7 zeigt, sind die Blattachseln bzw. der Raum zwischen zwei Blattgabeln bevorzugte Ansatzpunkte für einen Aufwuchs bzw. die Ablagerung von Detritus. Ursache ist die lokale Verringerung der Strömungsgeschwindigkeit. Diese Ansatzpunkte für Aufwuchs bzw. Ablagerung liegen jeweils im Strömungsschatten. Mit zunehmendem Epiphytenbewuchs wird die Blattoberfläche zudem rauher, wodurch die weitere Anlagerung von Detritus begünstigt wird. Ist die Photosyntheserate über einen längeren Zeitraum negativ, stirbt das betroffene Organ ab bzw. bricht der Bestand zusammen. Speziell in Gewässerabschnitten mit punktueller Einleitung geklärter Abwässer wird die Ablösung eines *Callitricho-Ranunculetum penicillati* durch ein *Sparganio-Elodeetum* primär durch Epiphytenaufwuchs verursacht. Häufig wird dieser Vorgang durch eine phytogene Abflußverminderung (Verkrautung) beschleunigt.

Art	Prozentualer Anteil des Trockengewichts epiphytischer Algen bezogen auf das Trockengewicht der besiedelten Unterwasserblätter
<i>Ranunculus peltatus</i>	30–70 %
<i>Callitriche platycarpa</i>	5–20 %
<i>Sparganium emersum ssp. fluitans</i>	0,5–5%

Tab. 3: Intensität der Besiedlung submerser Hydrophyten mit Epiphyten in einem hydrochemisch einheitlichen Gewässerabschnitt (ex REMY 1993d).

Wie z.Zt. noch nicht abgeschlossene Untersuchungen an der Saale zeigen, besteht weiterhin ein direkter Zusammenhang zwischen dem Umfang des Epiphytenbewuchses und der Strömungsgeschwindigkeit am Wuchsort. Die Abbildungen 7 bis 9 zeigen in REM-Bildern Aufsichten etwa gleichaltriger Blattfiedern von *Ranunculus fluitans*. Die Proben stammen aus einem hydrochemisch homogenen, eutrophen Gewässerabschnitt, in dem aufgrund von Querbau-

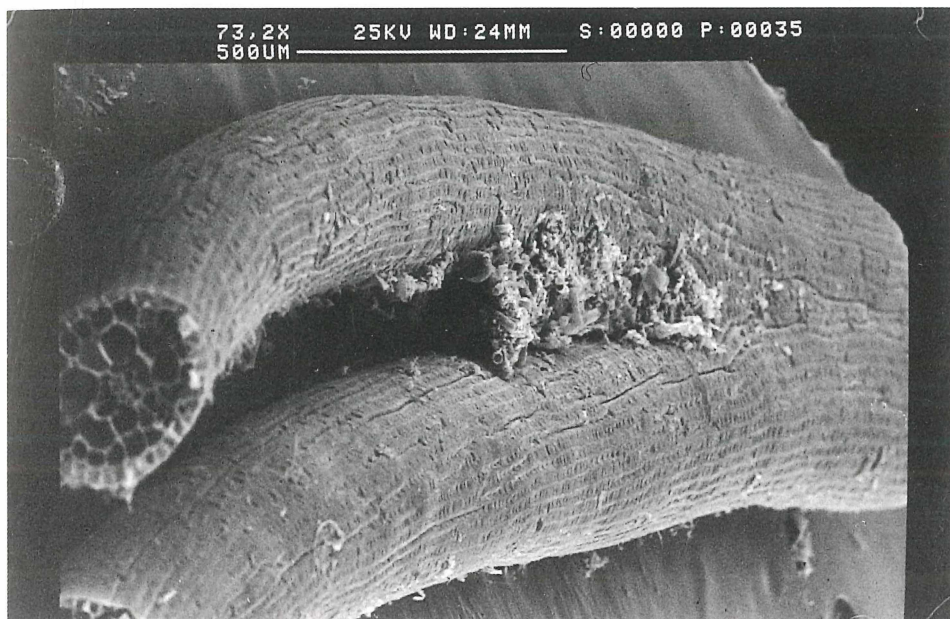


Abb. 7: *Ranunculus fluitans* aus starker Strömung (ϕ 90 cm/s), REM.

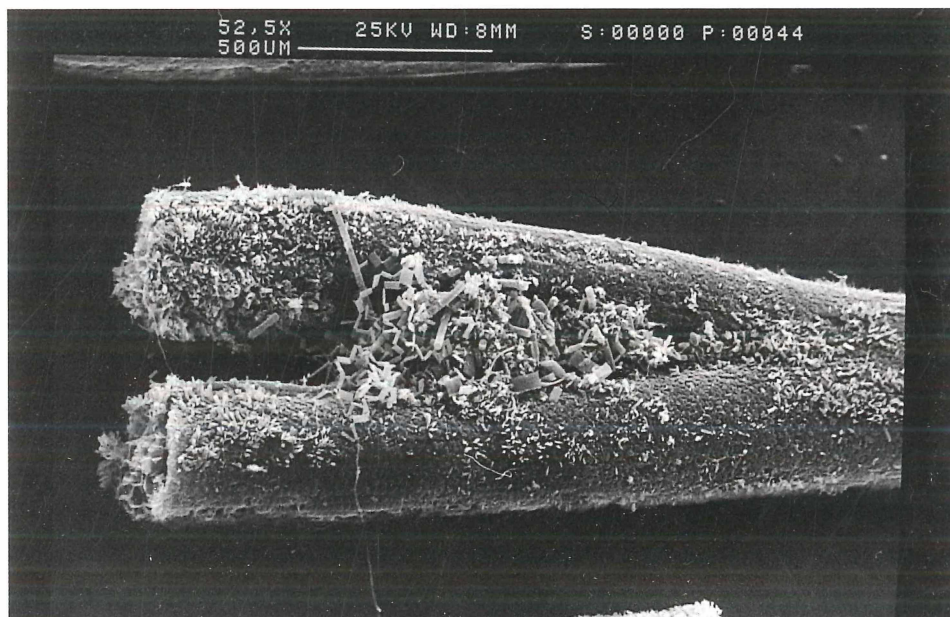


Abb. 8: *Ranunculus fluitans* aus schwacher Strömung (ϕ 20 cm/s), REM.

werken Strömungsgeschwindigkeiten zwischen 100 cm/s und 10 cm/s auftreten. Während Proben aus einer Zone mit $\varnothing$ 90 cm/s nur eine geringe Auflagerung im Bereich der Blattgabelung zeigen, sind Proben aus der Zone mit $\varnothing$ 20 cm/s über den Bereich der Blattgabelung hinaus besiedelt bzw. überlagert. Mit weiter abnehmender Strömung ($\varnothing$ 10 cm/s) dienen die Blätter zunehmend als Basis für zoogenen Aufwuchs (Abb. 9).

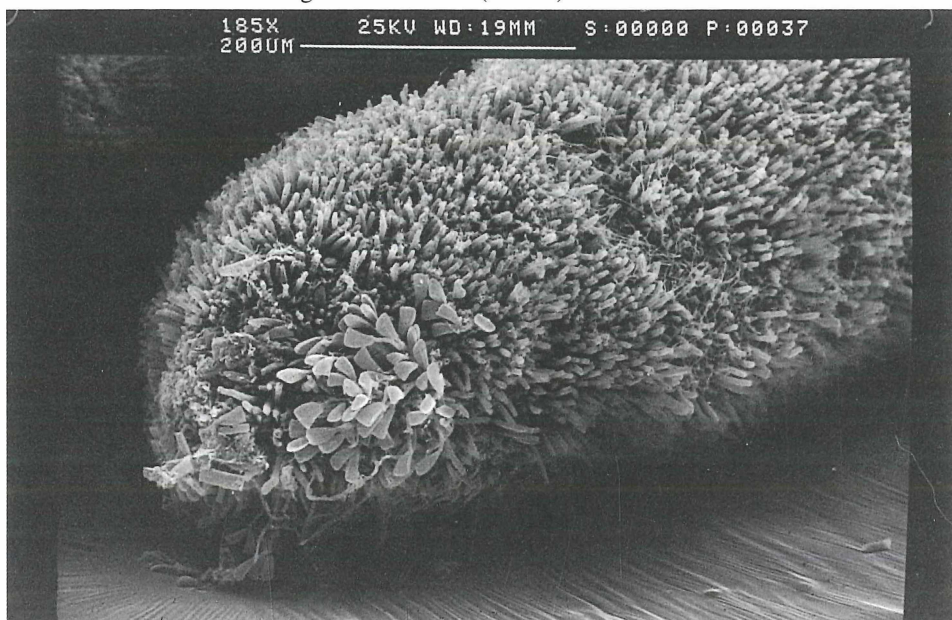


Abb. 9: *Ranunculus fluitans* aus sehr geringer Strömung ($\varnothing$ 10 cm/s), REM.

Wie Querschnitte zeigen, übersteigt die Dicke des phyto- und zoogenen Aufwuchses häufig die Höhe der epidermalen Zellschicht. Entsprechend wird der Lichtgenuß einzelner Organe bzw. der Individuen in ihrer Gesamtheit eingeschränkt. Aufwuchs und Detritusablagerungen begünstigen gleichzeitig die Ansiedlung von Pilzen.

Strömung und Schwebstoffablagerung

Lichtfaktor, Strömung und epiphytischer Aufwuchs alleine können nicht alle Unterschiede in der Vegetationsverteilung zwischen klaren und trüben Fließgewässern befriedigend erklären. Während nur wenige Makrophyten ausschließlich im Fließwasser vorkommen, hat die Mehrzahl der Arten ihr Optimum auf gut durchlichteten und strömungsarmen Standorten, so in wenige Dezimeter tiefen Stillgewässern. Trotzdem sind unbeschattete, strömungsarme Bereiche in Fließgewässern, wie Gleithänge oder Stauhaltungen, nicht in allen Fällen optimale Standorte für Hydrophyten. Dies liegt im wesentlichen an der Schwebstoffführung der Bäche und Flüsse. So ist in trüben Gewässern trotz gleichbleibender oder abnehmender Gewässertiefe und bei gleichzeitig abnehmender Strömung eine deutliche Verschiebung der Artenkombination bis hin zur Verödung feststellbar. Der Grund ist die strömungsabhängige Ablagerung feinklastischer Sedimente organischen oder anorganischen Ursprungs auf photosynthetisch aktiven Oberflächen. Allgemeine Hinweise auf die Empfindlichkeit einzelner Arten gegenüber Schwebstoffen geben u.a. EDWARDS (1969), SIRJOLA (1969), HASLAM (1971), WEBER (1976), HAM et al. (1982), CAFFREY (1986) und KOHLER (1988). Untersuchungen zur Quantifizierung derartiger Beobachtungen zeigen, daß es außerdem artspezifische Unterschiede im Umfang der Sedimentablagerung gibt, wie sie bereits bei der Anfälligkeit gegenüber epiphytischem Bewuchs aufgezeigt wurden.

Ein hydrochemisch homogener Abschnitt der unteren Leine nördlich von Hannover bot die notwendigen Voraussetzungen für derartige Untersuchungen (s. REMY 1993a). Bei durchschnittlichen Strömungsgeschwindigkeiten von etwa 22 cm/s herrscht ruhige Strömung vor, die am Gleithang partiell in Stagnation übergeht. Aus dem Einzugsgebiet gelangt feinklastisches Material in den Fluß und trägt wesentlich zur Trübung und Schwebstofffracht bei. In den Abbildungen 10 und 11 ist die Vegetationsverteilung in dem betrachteten Gewässerabschnitt - Gleithang links, Prallhang rechts - dargestellt. Schema und Foto zeigen Merkmale der typischen Vegetationsverteilung in einer Flußbiegung. So ist der steil einfallende, strömungsreichere Prallhang nicht oder nur zerstreut besiedelt, während der flache, strömungsarme Gleithang einen dichten streifenförmigen *Potamogeton pectinatus*-Bestand aufweist, in dem mit geringer Mächtigkeit *Myriophyllum spicatum* auftritt. Abweichend von einer typischen Vegetationsverteilung war zum Untersuchungszeitpunkt zwischen dem Gleitufer und dem vorgelagerten Vegetationsstreifen eine weitgehend vegetationsfreie Zone ausgebildet. Diese strömungsarme bzw. -freie Zone (s. Abb. 10b) wies aufgrund der geringen Wassertiefe (Abb. 10a) optimale Lichtverhältnisse auf (s. Abb. 10c), so daß Lichtmangel und zu starke Strömung nicht als primäre Ursachen für die Vegetationsfreiheit in Frage kamen.

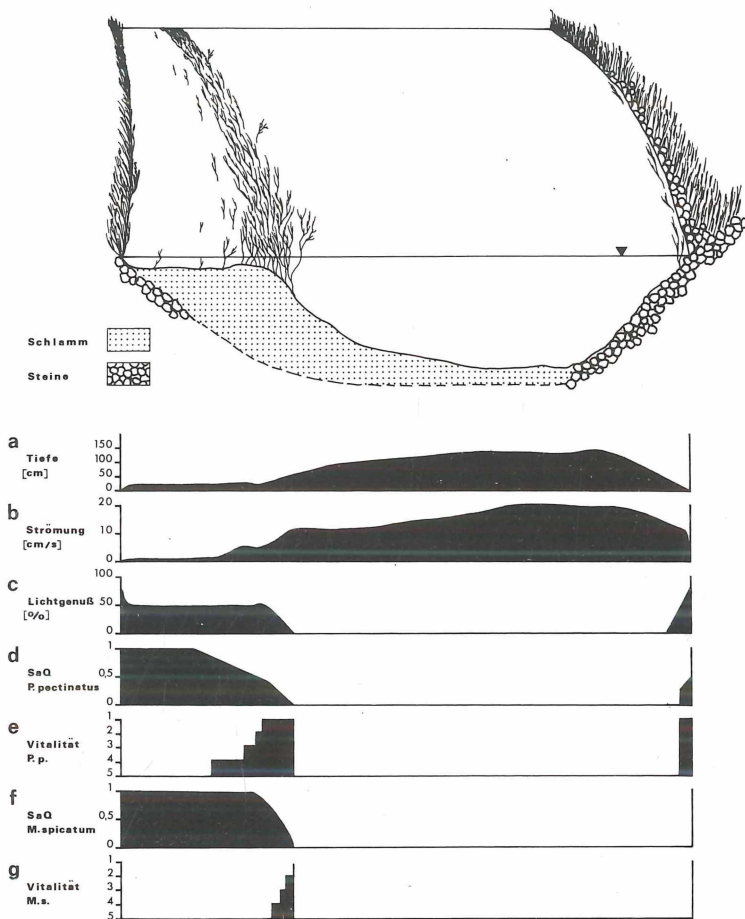


Abb. 10: Schema der Vegetationsverteilung im Untersuchungsabschnitt der Leine mit Angaben zu wichtigen Standortfaktoren und zur Vitalität der untersuchten Arten (ex REMY 1993a).



Abb. 11: Foto des in Abb. 10 dargestellten Untersuchungsabschnittes; Verödung im Flachwasserbereich mit vorgelagertem *Potamogeton pectinatus*-Bestand (Leine, 1991).

Abb. 12: Fe-Ockerablagerung auf Submersblättern von *Ranunculus peltatus* und nicht betroffene Schwimmblätter (Auter, 1981).



Die Ursache der partiellen Verödung konnte durch die Bestimmung des Gewichtsverhältnisses zwischen Sedimentauflage und Phytomasse (SaQ) ermittelt werden (Methodik der Ermittlung des Sedimentauflage-Quotienten (SaQ) sowie Bestimmung der Vitalität s. REMY 1993a+c). In der verödeten Zone wurden aufgrund einer Strömungsgeschwindigkeit von < 1 cm/s verstärkt Schwebstoffe abgelagert. Die damit einhergehende Überdeckung der photosynthetisch aktiven Sproßflächen führte zum Absterben submerser Bestände, bzw. verhinderte das Aufkommen neuer Bestände aus vorhandenem Diasporenmaterial.

Artspezifische Unterschiede in der Empfindlichkeit gegenüber Schwebstoffen ergeben sich annähernd analog zu den Empfindlichkeiten gegenüber epiphytischem Aufwuchs. Die feinen Fiederblättchen von *Myriophyllum spicatum* bieten als Einzelblatt und in ihrer Gesamtheit in großem Umfang strömungsarme Mikrobereiche, in denen es zur Ablagerung von Schwebstoffen kommt. Merkwürdig erhöhte Sedimentablagerung tritt bereits beim Unterschreiten einer Strömungsgeschwindigkeit von 10 cm/s ein. Unterhalb von 4 cm/s führt die Auflage zu letalen Schädigungen der *Myriophyllum*-Bestände. Dagegen bieten die gabelästig verzweigten Stengel von *Potamogeton pectinatus* mit ihren schmalen, linealen Blättern auch in ihrer Gesamtheit weniger strömungsarme Räume. Zu einer kritischen Sedimentüberdeckung kommt es daher erst beim Unterschreiten einer Grenzgeschwindigkeit von 1 bis 0,5 cm/s.

Die Bedeutung der Strömung für die Sedimentablagerung auf Submersblättern zeigt auch Abb. 12. Der Strömung stärker zugängliche Blatteile von *Ranunculus peltatus* cf. zeigen keine oder nur eine geringe Ablagerung von Eisenocker. Hydrophyten mit Tauch- und Schwimmblättern haben den Vorteil, daß die Schwimmblätter nicht von Sedimentablagerungen und Epiphytenbewuchs betroffen werden und somit ein Mindestmaß an Photosynthese möglich bleibt.

6. Zusammenfassung

Die Gesellschaften des *Ranunculion fluitantis* sind speziell an die Standortfaktoren in Fließgewässern angepaßt. Untersuchungen der hydrochemischen Standortbedingungen bestätigen die Gliederung in unterschiedlich trophente Weich- und Hartwassergesellschaften. Der geogene Anteil der hydrochemischen Faktoren führt zu naturraumspezifischen Gesellschaftskomplexen, die zunehmend anthropogen überprägt werden. In hydrochemisch homogenen Gewässerabschnitten wird die Bedeutung physikalischer und sonstiger Faktoren für die klein- und großräumige Vegetationsverteilung erkennbar.

Für die Verbreitung der Fließwasserassoziationen hat die Morphologie der sie aufbauenden Arten eine entscheidende Bedeutung. Es hat den Anschein, daß trophische Faktoren in vielen Fällen weniger primär auf die Arten einwirken. Vielmehr muß sekundären Prozessen, wie der Überlagerung durch Epiphyten, der Bildung und Ablagerung von Detritus oder der zunehmenden Schwebstofffracht Beachtung geschenkt werden.

Die Arten derjenigen Assoziationen des *Ranunculion fluitantis*, die starke Belastungen ertragen, sind durch eine relativ aufwuchs- bzw. ablagerungsabweisende Blattmorphologie gekennzeichnet. Gleichzeitig werden Wuchsformen realisiert, die eine möglichst optimale Ausnutzung der vorhandenen Lichtenergie gewährleisten. So sind bei einem *Sparganio-Potamogetonum pectinati* und einem *Sparganio-Elodeetum canadensis* überwiegend wasseroberflächennah flottierende Schwaden ausgebildet.

Die Beispiele zeigen deutlich, wie groß neben chemischen bzw. trophischen Faktoren, der Einfluß von Strömung, Sediment, Epiphyten und epizoogenen Organismen auf die Vegetation der Bäche und Flüsse ist. Diese Faktoren beeinflussen direkt oder indirekt die Vitalität der Individuen.

7. Literatur

- BUTCHER, R.W. (1933): Studies on the ecology of rivers. On the distribution of makrophytic vegetation in the rivers of Britain. - *Journal Ecol.* **21**: 58-89. Cambridge.
- BYKOVSKIJ, V.J. (1980): Vlianie dvizhenia vody na osvetsennost jejo tolschi. (Effect of water movement on irradiance in water layers.) - *Gigrobiol.z.* **16**: 58-61. Kijev.
- CAFFEY, J.M. (1986): The impact of peat siltation on macrophyte communities in the river Suck: an irish coarse fishery. - *Proc. Eur. Weed Res. (EWRS/AAB) 7th int. Symp. on Aquatic Weeds*: 53-60. Loughborough.
- CARBIENER, R.; TRÉMOLIERES, M.; MERCIER, J.L. & ORTSCHIT, A. (1990): Aquatic macrophyte communities as bioindicators of eutrophication in calcareous oligosaprobe stream waters (Upper Rhine plain, Alsace). - *Vegetatio* **86**: 71-88. Dordrecht.
- DIRMHIRN, I. (1953): Über die Strahlungsvorgänge in Fließgewässern. - *Wetter und Leben, Sonderheft II*: 52-63. Wien.
- EDWARDS, D. (1969): Some effects of siltation upon aquatic macrophyte vegetation in Rivers. - *Hydrobiologia* **34** (1): 29-37. Den Haag.
- GESSNER, F. (1955): Hydrobotanik Band I. - In: BORRIS, H. & GERSCH, M. (eds.): *Hochschulbücher für Biologie* **3**, 517 S. Deutscher Verlag der Wissenschaften. Berlin.
- GLÄNZER, U. (1974): Experimentelle Untersuchungen über das Verhalten submerser Makrophyten bei NH₄-Belastung. - *Verh. Ges. ökol. in Saarbrücken 1973*: 175-179. Göttingen.
- HAM, S.F.; HILEY, D.A.; MC LEISH, P.R.; SCORGIE, H.R.A. & BERRIE, A.D. (1982): Growth and recession of aquatic macrophytes on a shaded section of the River Lambourn, England, from 1971 to 1980. - *Freshwater Biol.* **12**: 1-15. Oxford.
- HASLAM, S. (1971): Physikal factors and some river weeds. - *Proc. Eur. Weed Res. (EWRS) 3rd int. Symp. on Aquatic Weeds 1971*: 29-39. Oxford.
- IMHOFF, K. & IMHOFF, K.R. (1972): *Taschenbuch der Stadtentwässerung*. - 392 S [23. verb. Aufl.]. Oldenbourg.München.
- KOHLER, A.; WONNENBERGER, R. & ZELTNER, G. (1973): Die Bedeutung chemischer und pflanzlicher „Verschmutzungs-indikatoren“ im Fließgewässersystem Moosach (Münchener Ebene). - *Arch. Hydrobiol.* **72** (4): 533-549. Stuttgart.
- KOHLER, A. (1975): Veränderungen natürlicher submerser Fließgewässervegetation durch organische Belastung. - *Daten und Dokumente zum Umweltschutz* **14**: 59-66. Stuttgart.
- KOHLER, A. (1988): Veränderungen in der Vegetation süddeutscher Fließgewässer seit Anfang der 70er Jahre. - In: KOHLER, A. & RAHMANN, H. (eds.): *Gefährdung und Schutz von Gewässern (Hohenheimer Arbeiten)*: 143-147/162-167. Stuttgart.
- KOHLER, A. & ZELTNER, G.-H. (1974): Verbreitung und Ökologie von Makrophyten in Weichwasserflüssen des Oberpfälzer Waldes. - *Hoppea* **33**: 171-232. Regensburg.
- MELZER, A. (1976): Makrophytische Wasserpflanzen als Indikatoren des Gewässerzustandes oberbayrischer Seen. - *Diss. Bot.* **34**: 1-195. Vaduz.
- NOBEL, W. (1980): Wirkung von Salzen und Pflanzennährstoffen auf die Vegetation limnischer Ökosysteme. - *Daten und Dokumente zum Umweltschutz* **30**: 139-152. Stuttgart.
- PIETSCH, W. (1972): Ausgewählte Beispiele für Indikatoreigenschaften höherer Wasserpflanzen. - *Arch. Naturschutz u. Landschaftsforschung* **12** (2): 121-151. Berlin.
- POKORNY, J. & ONDOK, J.P. (1991): Macrophyte photosynthesis and aquatic environment. - 117 S.. Academia. Prag.
- POTT, R. (1980): Die Wasser- und Sumpflvegetation eutropher Gewässer in der Westfälischen Bucht - Pflanzensoziologische und hydrochemische Untersuchungen. - *Abhandlungen Landesmus. f. Naturkunde* **42** (2), 156 S., Münster.
- POTT, R. (1984): Vegetation naturnaher Fließgewässer und deren Veränderungen nach technischem Ausbau- und Pflegemaßnahmen. - *Informationen zu Naturschutz u. Landschaftspflege* **4**: 81-108. Wardenburg.
- POTT, R. (1990): Grundzüge der Typologie, Genese und Ökologie von Fließgewässern Nordwestdeutschlands. - *Natur- und Landschaftskunde* **26**: 25-32/55-62. Möhnesee-Körbecke.
- POTT, R. (1992): Die Pflanzengesellschaften Deutschlands. - *UTB - Große Reihe*, 350 S., Ulmer. Stuttgart.
- REMY, D. (1993a): Auswirkungen von Strömung und Schwebstoffführung auf die Verbreitung und Verteilung von Fließgewässermakrophyten. - *Verh. Ges. f. Ökologie* **22**: 279-284. Freising-Weihenstephan.
- REMY, D. (1993b): Licht als begrenzender Faktor für die Verbreitungsmöglichkeit von Makrophyten in unterschiedlichen Gewässertypen. - *Verh. Ges. f. Ökologie* **22**: 285-288. Freising-Weihenstephan.
- REMY, D. (1993c): Pflanzensoziologische und standortkundliche Untersuchungen an Fließgewässern Nordwestdeutschlands. - *Abhandl. Westf. Mus. Naturkunde* **55** (3), 118 S., Münster.
- REMY, D. (1993d): Anthropogener Einfluß auf die Vegetation kleiner Fließgewässer unter besonderer Berücksichtigung des Lichtes als Standortfaktor. - *Ber. Naturhist. Ges. Hannover* **135**: 49-71. Hannover.

- RÖRSLET, B. (1987): Statistic of the underwater light field: An empirical model. - *Int. Rev. ges. Hydrobiol.* **72** (1): 1-25. Berlin.
- SAUBERER, F. (1939): über die Lichtverhältnisse der Binnenseen. - *Bioklimatische Beiblätter* **1**: 33-41. Braunschweig.
- SAUBERER, F. & ECKEL, O. (1938): Zur Methodik der Strahlungsmessungen unter Wasser. - *Int. Rev. ges. Hydrobiol. u. Hydrographie* **37** (4/5): 257-289. Leipzig.
- SIRJOLA, E. (1969): Aquatic vegetation of the river Teuronjoki, south Finland, and its relation to water velocity. - *Ann. Bot. Fenn.* **6**: 68-75. Helsinki.
- STEUSLOFF, U. (1939): Zusammenhänge zwischen Boden, Chemismus des Wassers und Phanerogamenflora in fließenden Gewässern der Lüneburger Heide um Celle und Ülzen. - *Arch. Hydrobiol.* **35**: 70-106. Stuttgart.
- TRÉMOLIERES, M., CARBIENER, R., ORTSCHKEIT, A. & KLEIN, J.-P. (1994): Changes in aquatic vegetation in Rhine floodplain streams in Alsace in relation to disturbance. - *Journal of Vegetation Science* **5**: 169-178. Uppsala.
- UHLMANN, D. (1988): *Hydrobiologie - Ein Grundriß für Ingenieure und Naturwissenschaftler*. - 298 S., Fischer. Jena.
- WEBER, H.E. (1976): Die Vegetation der Hase von der Quelle bis Quakenbrück. - *Osnabrücker Naturwiss. Mitt.* **4**: 131-190. Osnabrück.
- WEBER-OLDECOP, D.W. (1970): Wasserpflanzengesellschaften im östlichen Niedersachsen I. - *Int. Rev. ges. Hydrobiol.* **55** (6): 913-967. Berlin.
- WEBER-OLDECOP, D.W. (1971): Wasserpflanzengesellschaften im östlichen Niedersachsen II. - *Int. Rev. ges. Hydrobiol.* **56** (1): 79-122. Berlin.
- WEBER-OLDECOP, D.W. (1977): Die makrophytischen Wasserpflanzengesellschaften von Forellenbächen in Niedersachsen. - In: TÜXEN, R. (ed.): *Ber. Int. Symp. I.V.V. 1976*: 171-178. Vaduz.
- WESTLAKE, D.F. (1965): The light climate for plants in rivers. - In: BAINBRIDGE, R.; EVANS, G.C. & RACKHAM, O. (eds.): *Light as an ecological factor*. - : 99-118. Blackwell. Oxford.
- ZFKBD (Zentralstelle für die floristische Kartierung der Bundesrepublik Deutschland) (1993): Standardliste der Farn- und Blütenpflanzen der Bundesrepublik Deutschland. - *Flor. Rundbr.*, Beiheft **3**, 480 S., Bochum.

Anschrift des Verfassers:

Dr. Dominique Remy, Universität Osnabrück, FB 5, Ökologie, Barbarastraße 11, D-49069 Osnabrück

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der Reinhold-Tüxen-Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 1994

Band/Volume: [6](#)

Autor(en)/Author(s): Remy Dominique

Artikel/Article: [Standorte und Standortfaktoren einiger Gesellschaften des *Ranunculus fluitantis* 41-59](#)