

Die Schätzskala nach Kohler: Zur Gültigkeit der Funktion $f_{(y)} = ax^3$ als Maß für die Pflanzenmenge von Makrophyten

Georg A. JANAUER und Elfriede HEINDL

Die Makrophytenvegetation der Fließ- und Stillgewässer nimmt heute in der ökologischen Untersuchung aquatischer Lebensräume einen wesentlichen Platz ein: Ihre quantifizierende Erfassung wird in rein wissenschaftlichen Fragestellungen ebenso benötigt wie in der Praxis der Gewässergüteanalyse, z.B. nach den Richtlinien der Europäischen Gemeinschaft. Bei der Kartierungsmethode für Makrophyten nach Kohler wird eine fünfstufige Schätzskala für die „Pflanzenmenge“ verwendet. Die vorliegende Studie prüfte die aus der langjährigen Praxis abgeleitete Hypothese, daß der Zusammenhang zwischen Raumerfüllung der Bestände im Gewässer und den einzelnen Stufen der Schätzskala einer Funktion $f_{(y)} = ax^3$ folgt. Statistische Kennwerte wie Standardfehler, Kurtosis und Schiefe zeigten die kompakte Lage der Meßwerte um die Mittelwerte für die einzelnen Schätzstufen. Die hohen Korrelationskoeffizienten ($r = 0,95$ für *Callitriche obtusangula*, $r = 0,98$ für *Groenlandia densa*, $r = 0,97$ für *Ranunculus fluitans*) erlauben es, die Hypothese $f_{(y)} = ax^3$ als korrekte Beschreibung für den numerischen Zusammenhang zwischen den Stufen der Schätzskala und der Pflanzenmenge im Gewässer anzunehmen.

JANAUER G. A. & HEINDL E., 1998: Kohler's estimation: on the validity of the function $f_{(y)} = ax^3$ as a measure for macrophyte mass.

Quantitative analysis of the aquatic vegetation is an indispensable aspect in the study of rivers and still waters. The scope of applications reaches from littoral ecotones to environmental assessments according to the Water Quality Directive of the European Community. The field mapping method developed by Kohler in the early 1970 uses a five-level scale for the plant mass ("Pflanzenmenge"). Following more than two decades of practical experience, this study provides evidence for the hypothesis that the estimate levels and the plant mass in a given river section – the mapping unit – follow the function $f_{(y)} = ax^3$. High correlation coefficients ($r = 0.95$ for *Callitriche obtusangula*, $r = 0.98$ for *Groenlandia densa*, $r = 0.97$ for *Ranunculus fluitans*) and other statistics support the opinion that field mapping data based on this method may be used to calculate numerical derivatives describing in more detail the appearance of the aquatic vegetation.

Keywords: macrophytes, field mapping, ecotones, water quality assessment, plant mass.

Einleitung

Makrophyten sind großwüchsige Wasserpflanzen (DEN HARTOG & SEGAL 1964, SCULTHORPE 1967, WESTLAKE 1975), zu denen Vertreter der Charo-

phyta, Bryophyta, Pteridophyta und Spermatophyta zählen (CASPER & KRAUSCH 1980). Die von ihnen gebildeten Bestände sind floristisch und strukturell komplex und in das Gewässerökosystem vielfältig eingebunden (LAMPERT & SOMMER 1993). Makrophyten sind ein unverzichtbarer Aspekt in der Beschreibung aquatischer Lebensräume, und ihre quantitative Erfassung wird für Charakterisierung und Monitoring von Süßwasserbiotopen in Wissenschaft und Praxis eingesetzt (KOHLER et al. 1971, KOHLER & ZELTNER 1974, HOLMES & WHITTON 1975, 1977, JORGA & WEISE 1977, 1981, KOHLER 1978, JANAUER 1981, POTT 1981, MONSCHAU-DUDENHAUSEN 1982, MELZER et al. 1986, MELZER 1988, KONOLD et al. 1990, 1992, WYCHERA et al. 1992, ZANDER et al. 1992, JANAUER et al. 1993, SCHÄFER-GUIGNIER 1994, JANAUER 1997).

KOHLER & JANAUER (1995) haben methodische Grundsätze für die Vorgangsweise bei der Beschreibung der Makrophytenvegetation zusammengefaßt und sich für die Eingliederung der Gewässervegetation in Regelwerke und Richtlinien (ÖNORM M 6232, 1993, CEN/ISO, in Bearbeitung, sowie Entwurf zur Gewässer-Rahmenrichtlinie der Europäischen Gemeinschaft) eingesetzt. Erst die numerische Beschreibung des Zustandes der Gewässervegetation ermöglicht ihre Eingliederung in die standardisierte Gewässerqualitätsanalyse (z.B. EHS 1995, NRA 1992, 1993). In Anlehnung an ELLENBERG (1956) und KOHLER & JANAUER (1995) werden dabei nicht Vegetationstypen (z.B. Assoziationen), sondern die Pflanzenarten selbst als die Grundeinheiten der Vegetation angesehen.

Für die Beschreibung der Vegetation größerer Teile von Fließ- und Stillgewässern oder für Totalinventare wurde von KOHLER zur quantifizierenden Erfassung der Gewässervegetation eine Schätzmethode entwickelt (KOHLER et al. 1971, KOHLER 1978). Der dabei verwendete Begriff der „Pflanzenmenge“ ist aber nicht der „Menge“ als Verbindung von Abundanz und Dominanz im Sinne von TÜXEN & PREISING (1942) gleichzusetzen, da KOHLER unter dem von ihm eingeführten Terminus ausschließlich die räumliche Ausprägung der Arten im Kartierungsabschnitt versteht (KOHLER & JANAUER 1995).

Die Schätzung der Pflanzenmenge von Wasserpflanzen nach dieser Methode gelangt heute international zur Anwendung, und zwar sowohl in Fließ- als auch in Stillgewässern (unter anderem: Donauraum: PALL et al. 1996; Schweden: KOHLER et al. 1996; Nepal: SHRESTHA 1997, SHRESTHA & JANAUER, in press; Senegal: HELLSTEN et al. 1998, JANAUER et al. 1998). Die Skala umfaßt fünf Schätzstufen, die für eine genaue und reproduzierbare Beschreibung der Wasservegetation ausreichen:

Schätzstufe	Verbreitung
1	sehr selten*
2	selten
3	verbreitet
4	häufig
5	sehr häufig bis massenhaft

* Der Schätzwert 1 kann auch als „nicht mehr als fünf Exemplare einer Art pro Aufnahmeﬂäche“ deﬁniert werden (MAAS & KOHLER 1983).

Die über mehr als zwei Jahrzehnte reichende Erfahrung zahlreicher Bearbeiter führte zu der Vermutung, daß die Abfolge der Schätzstufen, mit denen die Pflanzenmenge in den Kartierungsabschnitten beschrieben wird, durch eine stetige Funktion der Form $f_{(y)} = ax^3$ ausgedrückt werden kann (MELZER et al. 1986, MELZER 1988, 1990, JANAUER et al. 1993, JANAUER 1997). In der vorliegenden Arbeit wird diese Hypothese für einige Makrophytenarten beispielhaft überprüft.

Material und Methoden

Die vorliegende Studie behandelt drei Makrophytenarten mit unterschiedlicher Wuchsform. Es handelt sich um *Callitriche obtusangula* LE GALL (submers und Schwimmblattrosetten, rautenförmig-spatelige Blätter), *Groenlandia densa* (L.) FOURREAU (submers, lineal-lanzettliche, paarweise gegenständig sitzende Blätter) und *Ranunculus fluitans* LAM. (submers, 2-3teilige fadenförmige Blätter) (CASPER & KRAUSCH 1980, 1981).

Für jede Pflanzenart (s. Tab. 1) wurden in verschiedenen Gewässern Flußstrecken als Kartierungsabschnitte mit solchen Pflanzenmengen ausgewählt, die einer der fünf Schätzstufen nach KOHLER entsprachen (je Stufe vier Wiederholungen). Die Abschnitte waren zwischen 25 und 150 m lang und 2,6 bis 32 m breit. Um mit der Wathose arbeiten zu können, wurden Abschnitte mit einer maximalen Tiefe von 110 cm bei festem Untergrund und geringer Strömung ($< 0,7 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) gewählt.

Zur Erfassung der Volumina der Pflanzenbestände und Wasserkörper wurden in jedem Wiederholungsabschnitt je sechs Transekte in identischen Abständen angeordnet und die Umrisse der Pflanzenbestände und des Wasserkörpers vermessen. Daraus wurden die jeweiligen Teilflächen der Transekte nach der Trapezformel berechnet und das Verhältnis (%) der Summe aller Aufrißflächen der Bestände zu der Summe der Aufrißflächen des Wasserkör-

Tab. 1: Lage der Kartierungsabschnitte für die einzelnen Schätzstufen. Abk.: Cal obt = *Callitriche obtusangula*; Gro den = *Groenlandia densa*; Ran flu = *Ranunculus fluitans*. — Location of mapping stretches for the estimate levels 1 to 5. Abbreviations: Cal obt = *Callitriche obtusangula*; Gro den = *Groenlandia densa*; Ran flu = *Ranunculus fluitans*.

Spezies	Schätzstufe 1	Schätzstufe 2	Schätzstufe 3	Schätzstufe 4	Schätzstufe 5
Cal obt	Kalter Gang, Gramatneusiedl	Straßer Aufeld-Bach	Straßer Aufeld-Bach	Straßer Aufeld-Bach	Straßer Aufeld-Bach
Gro den	Fischa, Mitterndorf	Fischa, Mitterndorf	Fischa, Siegersdorf	Fischa, Siegersdorf	Fischa, Siegersdorf
Ran flu	Kamp, Stein-egg	Kamp, Stein-egg	Kamp, Stein-egg	Kamp, Stein-egg	Kamp, Stein-egg

pers ermittelt. Die Pflanzenmenge, also das gesuchte Volumen der Pflanzenbestände, steht mit jenem des Wasserkörpers im selben Verhältnis, weil die Abstände der Transekte identisch gewählt wurden.

Die Daten wurden in Korrelationsdiagrammen dargestellt (s. Abb. 1). Mittels Maquart-Compromise-Methode (SPIEGEL 1976) wurde die beste Kurvenanpassung ermittelt. Die Regressionen verlaufen nach der Gleichung der Potenzfunktion $y = ax^b$. Für jede Pflanzenart wurde außerdem die Anpassung für die Potenzfunktion mit vorgegebenem Exponenten $f_{(y)} = ax^3$ berechnet.

Ergebnisse

Für *Callitriche obtusangula*, *Groenlandia densa* und *Ranunculus fluitans* wurden anhand der ermittelten Verhältnisse der Volumina einige statistische Kennwerte ermittelt (Tab. 2). Anschließend wurden Regressionskurven (Schätzstufen gegen Anteile des Pflanzenvolumens am Wasserkörper) errechnet (Tab. 3 und Abb. 1).

Tab. 2: Ausgewählte statistische Kennzahlen der Schätzstufen 1 bis 5. — Selected statistical parameters for the estimate levels 1 to 5.

Callitriche obtusangula

Schätzstufen	1	2	3	4	5
Mittelwert	0,27	0,97	8,76	25,88	37,36
Standardfehler (%)	41,85	15,07	9,17	10,38	3,96
Kurtosis	3,66	2,08	-5,84	2,57	0,53
Schiefe	1,89	-1,01	-0,03	1,58	1,06

Groenlandia densa

Schätzstufen	1	2	3	4	5
Mittelwert	0,80	2,94	12,55	32,72	49,28
Standardfehler (%)	16,63	15,97	11,78	3,15	3,78
Kurtosis	-1,94	-1,25	-3,19	0,44	1,21
Schiefe	-0,70	-0,71	0,29	-0,26	-0,76

Ranunculus fluitans

Schätzstufen	1	2	3	4	5
Mittelwert	0,14	0,81	4,27	21,42	44,38
Standardfehler (%)	8,45	7,31	13,87	3,70	7,75
Kurtosis	-0,29	3,64	-1,61	-1,58	1,22
Schiefe	-0,96	-1,88	0,38	-0,21	0,71

Die Streuung der Meßwerte um den Mittelwert (ZÖFEL 1992), ausgedrückt durch den Standardfehler, ist unter Berücksichtigung der erwartbaren Variabilität natürlicher Bestände in allen Fällen als gering anzusehen. Auffällig ist bei *C. obtusangula* und *G. densa* die Tatsache, daß die relative Streuung der niedrigen Schätzstufen deutlich höher ist als jene der oberen.

Kurtosis und Schiefe (SPIEGEL 1976) zeigen weder extrem flache noch extrem schiefe Verteilungen der Meßwerte (s. auch Abb. 1): folglich haben die Bearbeiterinnen, obgleich noch wenig in der Kartierungsarbeit erfahren, genügend exakte Schätzungen der Pflanzenmenge vorgenommen.

Die Exponenten der Regressionskurven (Tab. 3) liegen bei bester Anpassung zwischen 2,5 und 3,8 (gerundet). Im Hinblick auf die unterschiedliche Form der Kartierungsabschnitte ist dies als ausreichend gute Entsprechung der Hypothese zu werten. Bei vorgegebenem Exponenten „3“ ist die Güte der Kurvenanpassung fast ebenso hoch (rechter Teil in Tab. 3): die Hypothese ist damit bestätigt.

Tab. 3: Kennwerte der Regressionskurven für die Schätzstufen der Pflanzenmenge nach KOHLER, ermittelt bei *Callitriche obtusangula* (= Cal obt), *Groenlandia densa* (= Gro den) und *Ranunculus fluitans* (= Ran flu). Entsprechend der geltenden Hypothese wurde die Potenzfunktion $y = ax^b$ zugrunde gelegt. Der Korrelationskoeffizient ist auf zwei Dezimalen gerundet. – Regression line parameters of plant mass estimation according to KOHLER for selected plant species: *Callitriche obtusangula* (= Cal obt), *Groenlandia densa* (= Gro den) and *Ranunculus fluitans* (= Ran flu). According to the hypothesis the general function $y = ax^b$ was applied.

Spezies	a	b = best fit	r	a	b = 3	r
Cal obt	0,63	2,557	0,95	0,32	3	0,94
Gro den	0,93	2,481	0,98	0,42	3	0,96
Ran flu	0,10	3,754	0,97	0,34	3	0,96

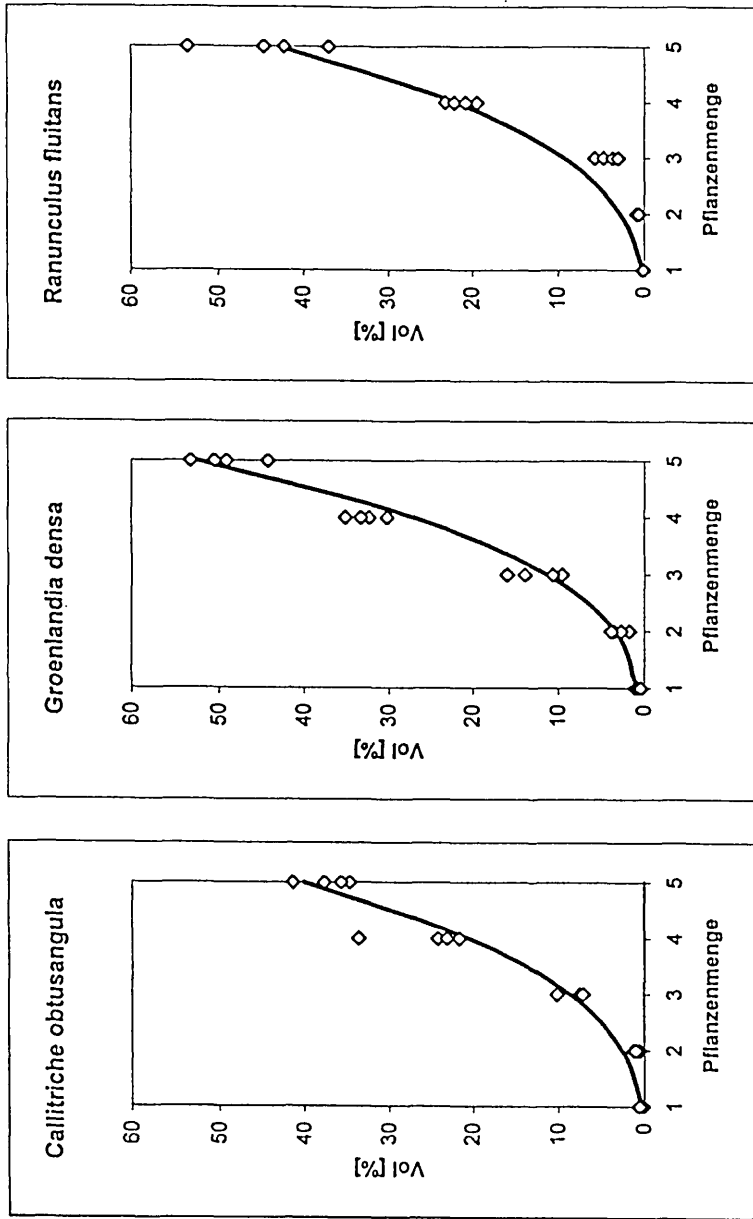


Abb. 1: Regressionskurven der Schätzstufen 1 bis 5. x-Achse: Schätzstufen; y-Achse: Pflanzenmenge (in Prozent des Gesamtvolumens). —
Regression lines of the estimate levels 1 to 5. Abscissa: estimate levels. Ordinate: plant mass (per cent of total water volume).

Diskussion

Die von KOHLER et al. (1971) beschriebene Kartierungsmethode für Makrophyten verwendet eine fünfstufige Schätzskala für die „Pflanzenmenge“, die die Raumerfüllung der Bestände zur Grundlage hat, eine Eigenschaft, die auch von NIEMANN (1980) als essentiell erkannt wurde. Die Notwendigkeit der Erfassung der dritten Dimension wird auch durch die Hinweise von RIEDWYL (1979, p. 21) gestützt, wonach Volumina unbewußt und spontan überall dort als Bezugsgröße genommen werden, wo sie deutlich erkannt werden können.

Schon lange wurde vermutet, daß die Schätzstufen einer nicht-linearen Funktion folgen. Nach MELZER et al. (1986), MELZER (1988) und JANAUER et al. (1993) sollten sie durch eine Funktion der Form $f_{(y)} = ax^3$ beschrieben werden können: eine exakte Überprüfung dieser Hypothese durch Messungen am Standort erfolgte jedoch erst mit der hier vorgestellten Untersuchung.

Die von uns ausgewählten Wuchsformen umspannen eine große Bandbreite der in Fließgewässern vorkommenden Makrophytenbestände. Die Kartierungsabschnitte lagen in Flußstrecken mit deutlicher Strömung (etwa 0,2 bis 0,7 $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$). Trotz der standort- und wuchsformbedingten Variabilität zeigen die Ergebnisse einheitliche Trends.

Die Mittelwerte der Schätzstufe 1 liegen bei allen Pflanzenarten unter 1 % des Volumens des Wasserkörpers, die Schätzstufe 5 lag im Mittel zwischen 37 % (*C. obtusangula*) und 49 % (*G. densa*). Höhere mittlere Raumerfüllungen sind offensichtlich nur in sehr langsam strömenden oder stehenden Bereichen möglich. Voruntersuchungen (HEINDL 1997) zeigen jedoch auch dann eine gute Anpassung an den hier vorgestellten, generellen Kurvenverlauf.

Aus den Punktwolken in den Diagrammen und aus dem Standardfehler läßt sich die Streuung um den Mittelwert ablesen. Für ein Schätzverfahren, das unterschiedliche Gewässerbreiten, verschiedene Länge der Kartierungsabschnitte und variable Mengen der Bestände innerhalb einer Schätzstufe berücksichtigen muß, ist die Streuung bei allen drei Arten und in allen Schätzstufen als ausreichend niedrig zu klassifizieren. Die Verteilungen der Meßwerte wurden auf ihre Kurtosis und Schiefe untersucht. Es traten weder sehr flache, noch sehr schiefe Verteilungen der Meßwerte auf. Dies kann als Hinweis darauf interpretiert werden, daß es auch Bearbeitern mit relativ geringer Erfahrung (hier: zum Teil Diplomanden) gelingt, gut reproduzierbare Schätzungen der Pflanzenmenge vorzunehmen.

Bei *C. obtusangula* und bei *G. densa* ist die relative Streuung bei niedrigen Schätzstufen deutlich größer als bei höheren Schätzstufen. Es läßt sich daher vermuten, daß Schätzskalen mit sehr differenzierter Unterteilung der niedrigen Werte (BRAUN-BLANQUET 1964, LONDO 1984, ZANDER et al. 1992) in diesem Bereich durch stärkere Streuungseffekte beeinträchtigt sein können: Wenn dabei die Signifikanzgrenzen zwischen den einzelnen Stufen überschritten werden, ist jede numerische Weiterverarbeitung zumindest mit Schwierigkeiten verbunden.

Für die allgemeine Funktion $y = ax^b$ weisen die Regressionskurven bei bester Anpassung Exponenten zwischen 2,5 und 3,8 (gerundet) auf. Bedenkt man die unterschiedliche Länge und Breite der als Kartierungsabschnitte gewählten Gewässerteile, so ist dies eine ausreichend gute Bestätigung der Hypothese. Aber auch bei vorgegebenem Exponenten „3“ ist die Güte der Anpassung sehr hoch ($r = 0,95$ für *C. obtusangula*, $r = 0,98$ für *G. densa*, $r = 0,97$ für *R. fluitans*). Bei allen drei untersuchten Arten kann somit die Hypothese, daß sich die Abfolge der Schätzstufen durch eine Funktion $f_{(y)} = ax^3$ beschreiben läßt, als bestätigt angesehen werden.

Literaturverzeichnis

- BRAUN-BLANQUET J., 1964: Pflanzensoziologie. Springer, Wien, New York.
- CASPER S. J. & KRAUSCH H.-D., 1980: Pteridophyta und Anthophyta. 1. Teil: Lycopodiaceae bis Orchidaceae. In: Ettl H., Gerloff J. & Heynig H. (Ed.), Süßwasserflora von Mitteleuropa, Bd. 23. Gustav Fischer, Stuttgart, New York.
- CASPER S. J. & KRAUSCH H.-D., 1981: Pteridophyta und Anthophyta. 2. Teil: Saururaceae bis Asteraceae. In: Ettl H., Gerloff J. & Heynig H. (Ed.), Süßwasserflora von Mitteleuropa, Bd. 24. Gustav Fischer, Stuttgart, New York.
- DEN HARTOG C. & SEGAL S., 1964: A new classification of the water-plant communities. Acta Bot. Netherlandica 13, 367-393.
- EHS, 1995: River quality in Northern Ireland. Environment and Heritage Service, Belfast.
- ELLENBERG H., 1956: Grundlagen der Vegetationsgliederung IV. Aufgaben und Methoden der Vegetationskunde, 1. Teil. Eugen Ulmer, Stuttgart.

- HEINDL E., 1997: Mathematische Entsprechung der Schätzstufen für die Pflanzenmenge nach Kohler. Diplomarbeit Univ. Wien.
- HELLSTEN S., DIEME C., MBENGUE M., KLOFF S. R., DEN HOLLANDER N. G., AHONEN H., RANTAKOKKO J., JANAUER G. A. & PIETERSE A. H., 1998: Mechanical control of *Typha* stands in the Senegal River Valley by means of a weed cutting boat: impact and time input. Proc. 10th EWRS Symposium on Aquatic Weeds, Lisbon, p. 361-364.
- HOLMES N. T. H. & WHITTON B. A., 1975: Macrophytes of the River Tweed. Trans. Bot. Soc. Edinb. 42, 369-381.
- HOLMES N. & WHITTON B. A., 1977: Macrophytic vegetation of the River Swale, Yorkshire. Freshwater Biol. 7, 545-558.
- JANAUER G. A., 1981: Die Zonierung submerser Makrophyten und ihre Beziehung zur Gewässerbelastung am Beispiel der Fische (Niederösterreich). Verh. Zool.-Bot. Ges. Österreich 120, 73-98.
- JANAUER G. A., 1997: Macrophytes, hydrology, and aquatic ecotones: a GIS-supported ecological survey. Aquat. Bot. 58, 379-391.
- JANAUER G. A., SYLLA S. I., PIETERSE A. H., DIOUF S., HELLSTEN S. & EXLER N., 1998: Monitoring aquatic plant infestations by remote sensing and plant mass estimates in Lac de Guiers, Senegal. Proc. 10th EWRS Symposium on Aquatic Weeds, Lisbon, p. 269-272.
- JANAUER G. A., ZOUFAL R., CHRISTOF-DIRRY P. & ENGLMAIER P., 1993: Neue Aspekte der Charakterisierung und vergleichenden Beurteilung der Gewässervegetation. Ber. Inst. Landschafts-Pflanzenökologie Univ. Hohenheim, Heft 2, p. 59-70.
- JORGA W. & WEISE G., 1977: Biomasseentwicklung submerser Makrophyten in langsam fließenden Gewässern in Beziehung zum Sauerstoffhaushalt. Int. Revue Ges. Hydrobiol. 62 (2), 209-234.
- JORGA W. & WEISE G., 1981: Verfahren zur Abschätzung der Verkräutung von Wasserläufen. Acta Hydrochim. Hydrobiol. 9, 189-202.
- KOHLER A., 1978: Methoden der Kartierung von Flora und Vegetation von Süßwasserbiotopen. Landschaft u. Stadt 10 (2), 73-85.
- KOHLER A., VOLLRATH H. & BEISL E., 1971: Zur Verbreitung, Vergesellschaftung und Ökologie der Gefäßmakrophyten im Fließwassersystem Moosach (Münchner Ebene). Arch. Hydrobiol. 69 (3), 333-365.

- KOHLER A. & ZELTNER G., 1974: Verbreitung und Ökologie von Makrophyten in Weichwasserflüssen des Oberpfälzer Waldes (Naab, Pfreimd und Schwarzach). *Hoppea, Denkschr. Regensb. Bot. Ges.* 33, 171-232.
- KOHLER A., LANGE B. & ZELTNER G.-H., 1992: Veränderung von Flora und Vegetation in den Fließgewässern Pfreimd und Naab (Oberpfälzer Wald) 1972-1988. *Ber. Inst. Landeskultur Pflanzenökologie Univ. Hohenheim, Heft 1*, p. 72-138.
- KOHLER A. & JANAUER G. A., 1995: Zur Methodik der Untersuchung von aquatischen Makrophyten in Fließgewässern. In: STEINBERG C., BERNHARDT H., KLAPPER H. (Ed.), *Handbuch Angewandte Limnologie*, p. 3-22. Ecomed-Verlag, Landsberg/Lech.
- KOHLER A., SIPOS V. & BJÖRK S., 1996: Makrophytenvegetation in Standorten im humösen Bräkne-Fluß (Südschweden). *Bot. Jahrb.* 118 (4), 451-501.
- KONOLD W., SCHÄFER O. & KOHLER A., 1990: Wasserpflanzen als Bioindikatoren, dargestellt am Beispiel kleinerer Stellgewässer Oberschwabens und der Franche Comté. *Ökologie u. Naturschutz* 3, 167-182.
- LAMPERT W. & SOMMER U., 1993: *Limnoökologie*. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York.
- LONDO G., 1984: The decimal scale for relevés of permanent quadrats. In: KUAP R. (Ed.), *Sampling methods and taxon analysis in vegetation science*, p. 45-49. Dr. W. Junk Publishers, The Hague.
- MELZER A., 1988: Die Gewässerbeurteilung bayerischer Seen mit Hilfe makrophytischer Wasserpflanzen. In: KOHLER A. & RAHMANN H. (Ed.), *Gefährdung und Schutz von Gewässern*, p. 105-115. Hohenheimer Arbeiten. Eugen Ulmer, Stuttgart.
- MELZER A., HARLACHER R., HELD K., SIRCH R., VOGT E., 1986: Die Makrophytenvegetation des Chiemsees. *Informationsbericht Bayer. Landesamt Wasserwirtschaft* 4/86, p. 210.
- MONSCHAU-DUDENHAUSEN K., 1982: Wasserpflanzen als Belastungsindikatoren in Fließgewässern, dargestellt am Beispiel der Schwarzwaldflüsse Nagold und Alb. *Beih. Veröff. Naturschutz Landschaftspflege Bad.-Württ.* 28, 1-118.

- NIEMANN E., 1980: Zur Ansprache des „Verkrautungszustandes“ in Fließgewässern. *Acta Hydrochim. Hydrobiol.* 8, 47-57.
- NRA, 1992: River corridor surveys. *Conservation Technical Handbook 1.* National River Authority, Bristol.
- NRA, 1993: River landscape assessment. *Conservation Technical Handbook 2.* National River Authority, Bristol.
- ÖNORM M 6232, 1993: Richtlinien für die ökologische Untersuchung und Bewertung von Fließgewässern. Österreichisches Normungsinstitut, Wien.
- PALL K., RATH B. & JANAUER G. A., 1996: Die Makrophyten in dynamischen und abgedämmten Gewässersystemen der Kleinen Schüttinsel. *Limnologica* 26 (1), 105-115.
- POTT R., 1981: Ökologie und Indikatorwert von Wasserpflanzengesellschaften. *Mitt. Landesanst. Ökologie, Landschaftsentwicklung und Forstplanung Nordrhein-Westfalen, Sonderheft Landestagungen 1980*, p. Recklinghausen.
- RIEDWYL H., 1979: Graphische Gestaltung von Zahlenmaterial. *UTB 440.* Paul Haupt, Bern.
- SCHÄFER-GUIGNIER O., 1994: Weiher in der Franche-Comte: eine floristisch-ökologische und vegetationskundliche Untersuchung. In: CRAMER J. (Ed.), *Diss. Bot.* 213, Bd. 1. Gebr. Borntraeger, Berlin, Stuttgart.
- SCULTHORPE C. D., 1967: *The biology of aquatic vascular plants.* Edward Arnold, London.
- SHRESTHA P., 1997: Ecological study on aquatic macrophyte vegetation of Lake Phewa and Lake Rupa, Nepal. *Inaug.-Diss. Univ. Wien.*
- SHRESTHA P. & JANAUER G. A., in press: Spatial variation in abundance pattern of aquatic plants by using Kohler index in Lake Phewa, Nepal. *Proc. 10th EWRS Symposium on Aquatic Weeds*, Lisbon.
- SPIEGEL M. R., 1976: *Statistik. Schaum's Outline.* McGraw-Hill Book Company.
- TÜXEN R. & PREISING E., 1942: Grundbegriffe und Methoden zum Studium der Wasser- und Sumpfpflanzen-Gesellschaften. *Deutsche Wasserwirtschaft* 37, 10-17.

- WESTLAKE D. F., 1975: Macrophytes. In: WHITTON B. A. (Ed.), *River ecology*, p. 109-126. Blackwell Scientific Publ. Ltd., Oxford.
- WILMANN O., 1989: *Ökologische Pflanzensoziologie*. UTB 269. Quelle & Meyer, Wiesbaden, Heidelberg.
- WYCHERA U., CHRISTOF-DIRRY P., JANAUER G. A. & POSPISIL P., 1992: Verbreitung, Struktur und Entwicklung der Makrophytenbestände und ihre Standortbedingungen im Mühlwassersystem. *Österreichische Wasserwirtschaft* 11/12, 314-322.
- ZANDER B., WOHLFAHRT U. & WIEGLEB G., 1992: *Typisierung und Bewertung der Fließgewässervegetation der Bundesrepublik Deutschland*. 90 pp. Carl-von-Ossietzky-Universität Oldenburg.
- ZÖFEL P., 1992: *Statistik in der Praxis*. UTB 1293. Gustav Fischer, Stuttgart, Jena.

Manuskript eingelangt: 1998 04 16

Univ.-Prof. Dr. Georg A. JANAUER, Institut für Pflanzenphysiologie der Universität Wien, Althanstraße 14, A-1090-Wien ((e-mail: georg.janauer@univie.ac.at); Mag. Elfriede HEINDL, Landstraße Hauptstraße 90/25, A-1030 Wien.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Verhandlungen der Zoologisch-Botanischen Gesellschaft in Wien. Früher: Verh. des Zoologisch-Botanischen Vereins in Wien. seit 2014 "Acta ZooBot Austria"](#)

Jahr/Year: 1998

Band/Volume: [135](#)

Autor(en)/Author(s): Janauer Georg A., Heindl Elfriede

Artikel/Article: [Die Schätzskala nach Kohler: Zur Gültigkeit der Funktion \$f\(y\) = ax^3\$ als Maß für die Pflanzenmenge von Makrophyten. 117-128](#)