

Zur Soziologie und Ökologie von *Lemna minuta* H., B. & K. in Mitteleuropa

– Peter Wolff, Herbert Diekjobst und Arno Schwarzer –

Zusammenfassung

Lemna minuta (syn. *L. minuscula*) und *Azolla filiculoides* zeigen in Europa eine subatlantisch (-submediterrane) Ausbreitungstendenz bei noch andauernder Ausbreitung. Beide überwintern in standörtlich begünstigten Refugien, die bei *A. filiculoides* an Zahl offensichtlich noch zunehmen. Die 114 Aufnahmen mit *L. minuta* aus der Oberrheinebene und der Blies sowie 38 aus dem Niederrheinischen Tiefland und der Hase verteilen sich auf 8 *Lemnetea*-Gesellschaften. Die weitaus meisten Bestände gehören zu einer Assoziation, die zuerst als *Lemno minusculae*-*Azolletum filiculoidis* aus Mittelfrankreich beschrieben wurde. Sie läßt sich gut in Subassoziationen und Varianten gliedern. Die Inversion dieses Assoziationsnamens wird mit der Dominanz von *L. minuta* über *A. filiculoides* begründet. In Mitteleuropa kann im Gegensatz zu Mittelfrankreich nur *L. minuta* Charakterart des *Azollo filiculoidis*-*Lemnetum minusculae* sein. *A. filiculoides* zeigt trotz ähnlichen standörtlichen Verhaltens wie *L. minuta* eine größere Affinität zu *Spirodela polyrrhiza* und fehlt z.B. in der Typischen Subassoziation.

Das *Azollo filiculoidis*-*Lemnetum minusculae* läßt sich auch ökologisch gut charakterisieren. Herausragende Eigenschaften sind die ausgeprägte Fließwassertoleranz, Schattenverträglichkeit und das späte jahreszeitliche Entwicklungsoptimum (September bis November). Die Assoziation kann im Herbst ein anderes Syntaxon ablösen, v.a. das *Lemnetum gibbae*. Die saisonale Entwicklung der 7 häufigsten *Lemnetea*-Arten am Oberrhein wird dargestellt, von 2 Probestellen auch der Jahresgang des Verhältnisses zwischen *L. minuta*-Vegetation und den Wasserparametern.

Aus der unteren Erft mit ihrem künstlich erwärmten und häufig reißenden Wasser wird die Assoziation mit 45 Aufnahmen belegt. Sie läßt sich dort, trotz vorhandener floristischer Unterschiede, wegen der recht einheitlichen, aber extremen hydrologischen Bedingungen nicht standortbezogen untergliedern.

Die Einbürgerung von *L. minuta* und *L. turionifera* verlangt eine Erweiterung des Synsystems der *Lemnetea* in Europa. Die Berechtigung des *Azollo filiculoidis*-*Lemnetum minusculae* als Neophyten-Assoziation wird diskutiert und bejaht. Sie eignet sich v.a. in regional abgrenzbaren Fließgewässersystemen zur Bioindikation, ebenso wie *L. minuta* als Art.

Abstract

Lemna minuta (syn. *L. minuscula*) and *Azolla filiculoides* display a subatlantic (-submediterranean) distribution tendency in Europe and are apparently still spreading. Both hibernate in suitable habitat refuges which are evidently increasing in number in the case of *A. filiculoides*. 114 relevés with *L. minuta* from the Upper Rhine plain and the Blies River, as well as 38 from the Lower Rhine area and the Hase River, can be divided into 8 *Lemnetea* associations. By far, the majority of the stands belongs to an association which was first described as *Lemno minusculae*-*Azolletum filiculoidis* from central France. It easily can be subdivided into subassociations and variants. The proposed inversion of the original association name is due to the dominance of *L. minuta* over *A. filiculoides*. In central Europe, unlike in central France, only *L. minuta* can be a characteristic species of the *Azollo filiculoidis*-*Lemnetum minusculae*. In spite of similar habitat preferences, compared with those of *L. minuta*, *A. filiculoides* displays a greater affinity towards *Spirodela polyrrhiza* and does not appear in the Typical subassociation, for example.

The *Azollo filiculoidis*-*Lemnetum minusculae* can be well characterized ecologically. Its prominent characteristics are the marked tolerance for running water and shade and the developmental optimum during the latter part of the year (September through November). In autumn the association may replace another syntaxon, especially the *Lemnetum gibbae*.

The seasonal development of the 7 most frequent *Lemnetea*-species on the Upper Rhine is described. For 2 sampling locations, the yearly development of the correlation between the *L. minuta* vegetation and the water parameters is described as well. From the lower Erft River, with its artificially heated water and the often swift current, the association is represented by 45 relevés. There, in spite of existing floristic differences, it cannot be subdivided in relation to its habitats because of the rather uniform but extreme hydrological conditions.

The naturalization of *L. minuta* and *A. filiculoides* requires an enlargement of the European synsystem of the *Lemnetea*. The eligibility of the *Azolla filiculoidis-Lemnetum minusculae* as a neophyte association is discussed and accepted. It is suitable for bio-indication, as well as *L. minuta* as a species, especially in restricted running-water systems.

1. Einleitung und Fragestellung

Wasserlinsen-Gesellschaften stehen wegen ihrer Artenarmut und ihrer einfachen Struktur am Anfang des pflanzensoziologischen Systems. Manche Botaniker schenken ihnen wenig Beachtung, weil sie diese Bestände für räumlich und zeitlich zu instabil für eine synsystematische Gliederung und für ökologische Fragestellungen halten.

Es gibt jedoch genügend Untersuchungen, die auf einen hohen Indikatorwert der *Lemnetea*-Gesellschaften und -Arten für die Gewässerökologie hinweisen, so z.B. WIEGLEB (1976), MÉRIAUX (1978), POTT (1980, 1981, 1983, 1992), LANDOLT (1976), CARBIENER & ORTSCHKEIT (1987), KLEIN et al. (1990), CARBIENER et al. (1990), SIMON (1991) und DOLL (1991).

In SCHWABE-BRAUN & TÜXEN (1981) ist das umfassendste und regional am breitesten gestreute Aufnahmestoffmaterial zu einer standortsbezogenen, schlüssigen Synsystematik der *Lemnetea* in Europa verarbeitet. Wir betrachten darum dieses Werk als Grundlage für unsere Arbeit.

Inzwischen haben sich in Mitteleuropa allerdings zwei neue *Lemna*-Arten eingebürgert und dadurch die Zusammensetzung der Wasservegetation stellenweise erheblich verändert. Dies ließ erwarten, daß auch eine Aktualisierung der Synsystematik notwendig sein würde. Für *L. turionifera* haben WOLFF & JENTSCH (1992) und WOLFF & ORSCHIEDT (1993) erste Ansätze dazu geliefert.

Die vorliegende Arbeit widmet sich vorrangig der schon seit 1966 in Mitteleuropa nachgewiesenen *L. minuta*. Wir beobachten sie in der Erft seit 1981 und am Oberrhein seit 1982. Die seither gesammelten soziologischen und ökologischen Daten sollen nicht nur den Anschluß der neuen Art klären, sondern auch die Frage, ob das von FELZINES & LOISEAU (1991) aus dem mittleren Loire-Becken neu beschriebene *Lemna minusculae-Azollatum filiculoidis* auch für Mitteleuropa Gültigkeit hat. Wir beziehen daher *Azolla filiculoides* in unsere Betrachtung mit ein.

2. Zur aktuellen Verbreitung von *Lemna minuta* und *Azolla filiculoides* in Europa

2.1 *Lemna minuta* Humboldt, Bonpland & Kunth 1816

REVEAL (1977, 1990) weist auf diesen gültigen älteren Namen hin und verweist *L. minuscula* Herter als illegitim in die Synonymie. Die von LANDOLT (1986) noch geäußerten Bedenken sind ausgeräumt; er schließt sich mittlerweile dem Standpunkt REVEALS an (LANDOLT, briefl. 1991).

Auf ausführliche Merkmalsvergleiche der Art mit der oft ähnlichen *L. minor* wird an dieser Stelle verzichtet, da bereits in WOLFF (1991) ausführlich diskutiert. Ergänzen muß man, daß selten auch Populationen von *L. minuta* vorkommen, die schon im Sommer einen deutlichen Grat in der Längsachse vermissen lassen.

Außer der Beschreibung der Ausbreitungsgeschichte am Oberrhein, dem mitteleuropäischen Verbreitungszentrum der Art, findet sich l.c. auch eine Verbreitungskarte für Deutschland. Wir konnten sie inzwischen anhand vieler neuer Daten aktualisieren (Abb. 1). Neben eigenen Neufunden enthält sie auch Angaben aus LENSKI (1990) sowie unveröff. Beobachtungen von U. ABTS, Krefeld; E. DÖRR, Kempten; F.G. DUNKEL, Würzburg und K. v. d. WEYER, Nettetal.

Auch die Europa-Karte aus LANDOLT (1990) wurde von uns entsprechend ergänzt; zusätzlich nach FELZINES & LOISEAU (1990) und SIMON (1991). Das so gewonnene Verbreitungsbild läßt eine deutliche subatlantisch(-submediterrane) Ausbreitungstendenz erkennen.

L. minuta ist offenbar immer noch in Ausbreitung begriffen. In Tabelle 1 ist als Beispiel die Entwicklung eines Vorkommens N Speyerdorf dokumentiert (Pfalz, Oberrheinebene; Tab. 2, Sp. 112). Die Ausbaggerung des besiedelten Teiches im Winter 1991/92 war der Vermehrung der Zierlichen Wasserlinse offenbar sehr förderlich.

Tabelle 1: Ausbreitung von *Lemna minuta* am großen Teich N Speyerdorf, Mitte des Südufers (Quadrant 6615/3).

Datum	A	B	C (= Sp.112)
	2.9.1990	11.7.1991	9.8.1992
pH		10.4	7.7
Leitfähigkeit ($\mu\text{S}/20^\circ\text{C}$)		220	243
Gesamthärte (dH)		4.1	4.9
Cl ⁻ (mg/l)		22	16
NH ₄ -N (mg/l)		0.12	0.07
PO ₄ -P (mg/l)		0.15	0.04
<i>Lemna minor</i>	5.5	5.5	2.3
<i>Riccia fluitans s.str.</i>	1.3	2.4	2.4
<i>Lemna minuta</i>	.	+1	5.5
<i>Callitriche hamulata</i>	.	+2	2.4
<i>Alisma plantago-aquatica s.str.</i>	.	.	3.4j
<i>Typha latifolia</i>	.	.	2.3j

Wir kennen jedoch auch Gewässer, aus denen die Art nach einigen Jahren wieder verschwunden ist. In den Hausdülmener Teichen/NRW (RAABE 1984, WOLFF & RAABE 1991) und in den Heiligensteiner Tongruben/Pfalz (Tab. 2, Sp. 113, aufgenommen 1984/85) hatte 1991 jeweils *L. turionifera* den Platz von *L. minuta* eingenommen (WOLFF & ORSCHIEDT 1993, Tab. 2, Sp. 42).

2.2 *Azolla filiculoides* Lamarck 1783

Der Große Algenfarn stammt wie *L. minuta* aus warmen Gebieten des amerikanischen Kontinents. Wir haben die Deutschlandkarte aus HAEUPLER & SCHÖNFELDER (1988) ebenfalls aktualisiert, und zwar nach PHILIPPI in SEBALD et al. (1990), RUNGE (1990), BERNHARDT (1991) u. briefl. (1993), sowie unveröff. Angaben von U. ABTS, Krefeld; J. HEINRICHS, Mönchengladbach; R. KESEL, Bremen; F. MANG, Hamburg; W. MOLL, Jülich; K. v. d. WEYER, Nettetetal sowie nach eigenen Funden (Abb. 2).

Ergänzt man damit die Europakarte in JALAS & SUOMINEN (1972), so erhält man ein Verbreitungsbild, das dem von *L. minuta* auffallend ähnelt, also ebenfalls zu einer subatlantisch(-submediterranen) Ausbreitung tendiert. In Frankreich, wo die *A. filiculoides*-Punkte auf der Karte dichter liegen als die von *L. minuta*, und in Portugal, wo die Zierliche Wasserlinse noch nicht nachgewiesen ist, wird sie vielleicht nur nicht überall bzw. gar nicht erkannt, oder sie hat ihr potentiell Areal noch nicht ausgefüllt (LANDOLT 1990). Den Großen Algenfarn dagegen kann man kaum übersehen.

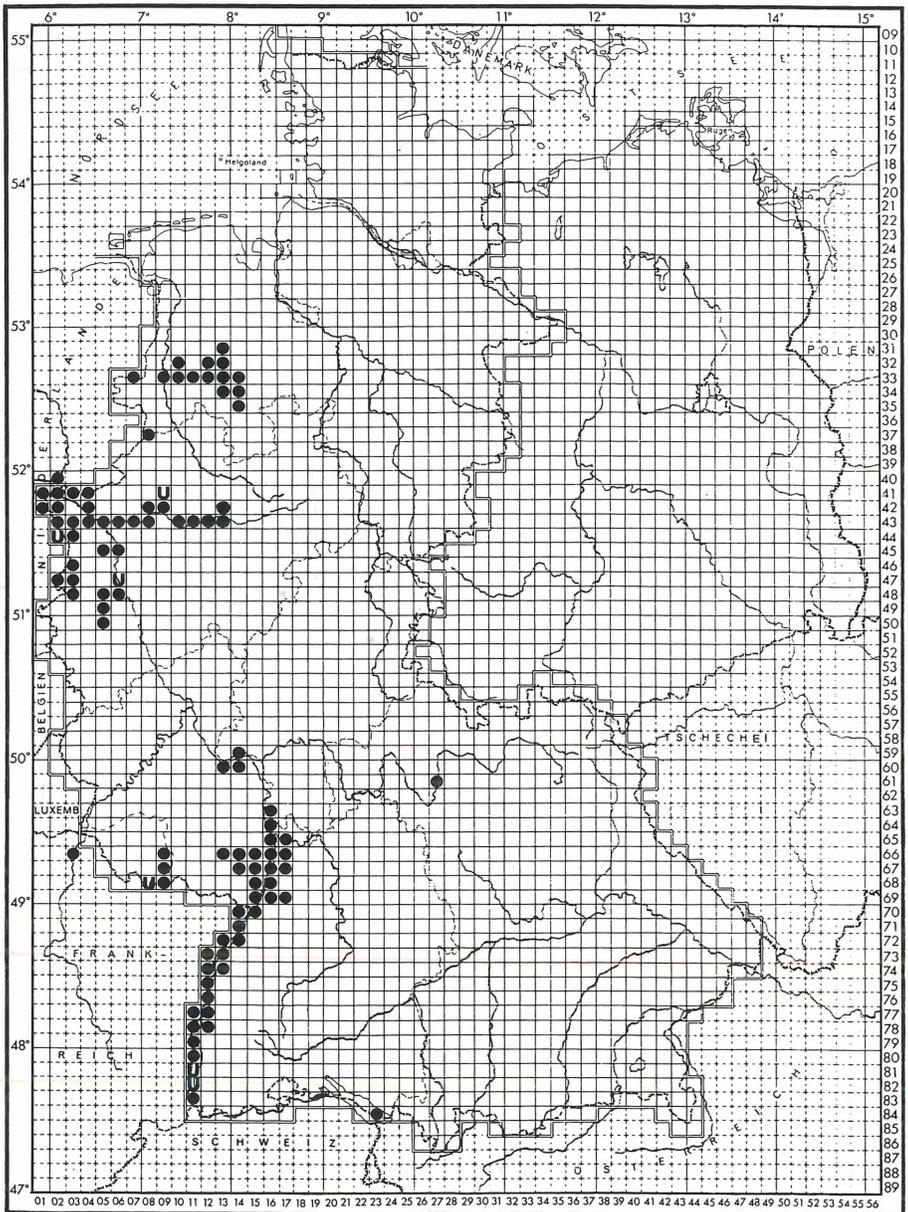


Abb. 1: Karte der Verbreitung von *Lemna minuta* H., B. & K. in Deutschland (Stand November 1993).
 • = eingebürgert U = unbeständig oder verschollen

Die Literatur zeigt, daß seine Ausbreitungsgeschichte am Oberrhein aufmerksam verfolgt wurde. Nach JAEGER & CARBIENER (1956) war das Gewässersystem im Mündungsgebiet der Ill (Elsaß) bisher das einzige Überwinterungsrefugium, in dem die Pflanzen bis April sichtbar bleiben. Nach dem Auskeimen der Sporen verdriftet das Sommer-Hochwasser die jungen Thalli alljährlich rheinabwärts, wo sie neue Populationen aufbauen können. Diese Situation spiegelt auch noch die Karte in HAEUPLER & SCHÖNFELDER (1989) wider, denn sie enthält nur Fundpunkte unterhalb von Strassbourg (Kartierungsschluß 1982).

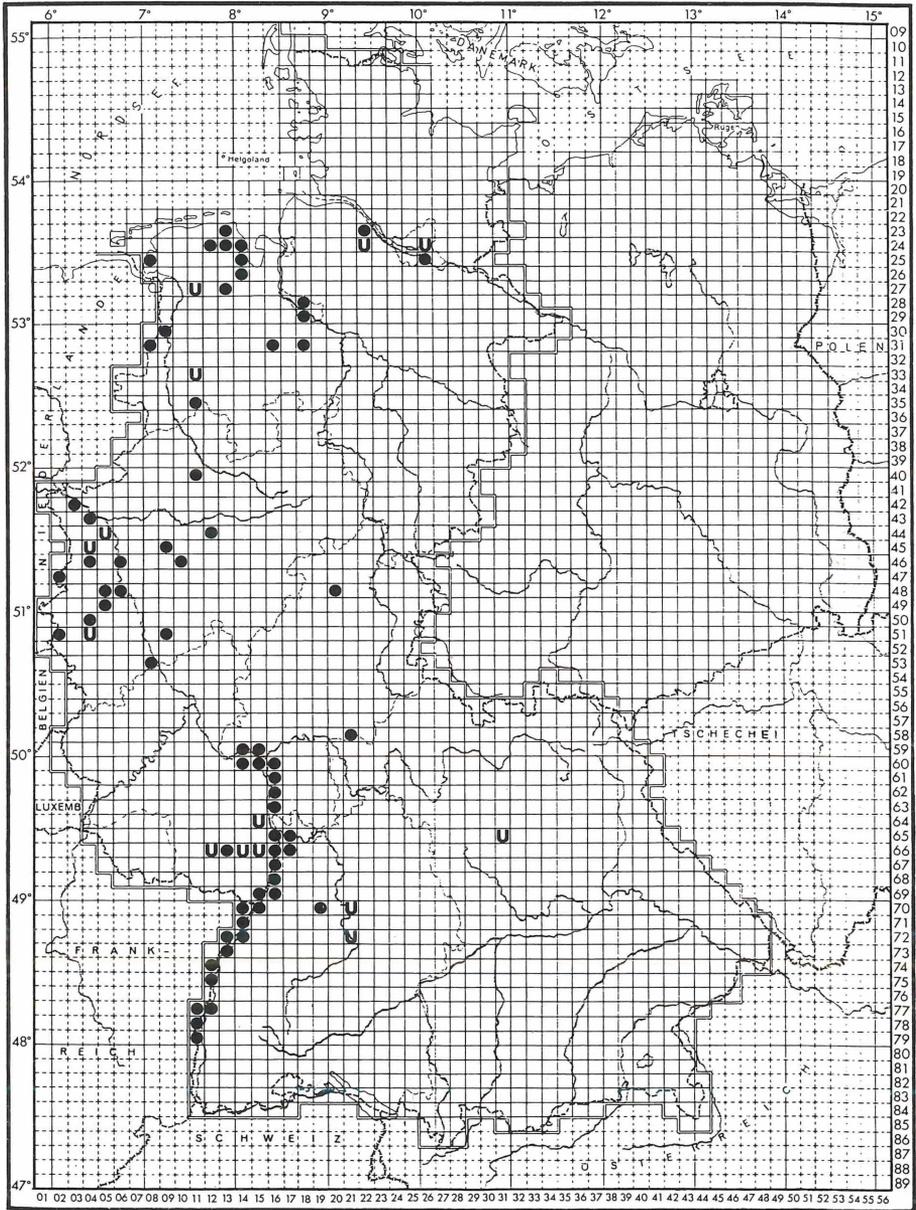


Abb. 2: Karte der Verbreitung von *Azolla filiculoides* Lam. in Deutschland (Stand November 1993).
 • = eingebürgert U = unbeständig oder verschollen

In den Folgejahren tauchte der Farn aber auch stromaufwärts auf, so 1985 W Burkheim (7911/1) und 1989 bei Altenheim (7512/2, PHILIPPI in SEBALD et al. 1990); 1990 NW Wyhl (7811/2), W Niederhausen (7712/3), im Leopoldskanal (7712/1), NW Weisweil (7711/4) und 1991 N Marlen (7412/4). Für die elsässische Seite berichten CARBIENER & ORTSCHKEIT (1987), daß sie dieselbe Entwicklung seit 1980 beobachten. Dies läßt darauf schließen, daß oberhalb Strasbourg weitere Überwinterungsmöglichkeiten mit Sporenbildung entstanden sind.

Aber auch unterhalb davon kann *A. filiculoides* neuerdings ortsfest und beständig vorkommen. Wir haben sie dort 1990–1992 in isolierten Gewässern angetroffen, die in diesen Jahren von den nur schwachen Rheinhochwässern nicht erreicht worden waren: Altrip (6516/4), Ibersheim (6216/4) und Stockstadt (6116/4).

Man könnte einwenden, Wasservögel hätten die *Azolla*-Pflanzen bzw. -Sporocarprien dorthin verschleppt. Dagegen spricht, daß dies nicht schon früher geschah – die Art lebt seit mindestens 1937 im Elsaß (JAEGER & CARBIENER 1956) – und daß es sich offenbar um stabile Populationen handelt, während die Art in Nachbargewässern fehlt.

Aus dem Niederrheinischen Tiefland liegt ebenfalls ein Überdauerungs-Nachweis von *A. filiculoides* vom Winter 1990/91 vor (K. v. d. WEYER, unveröff. Aufnahmen; Schwalm-Nette-Platte E Venlo, 4702/4). Dort tritt die Art jährlich im selben Graben auf.

Natürlich kann es auch vorkommen, daß zwar die Farnindividuen einen milden Winter überstehen, es nach ihrem Absterben im April aber mangels Sporen keinen Wiederaufbau der Populationen gibt. BERNHARDT (1991) berichtet aus Niedersachsen ebenfalls von überlebenden Pflanzen in den Wintern 1988/89 und 1989/90, hält aber eine Weiterentwicklung aus Sporen für unwahrscheinlich.

Als Ursachen für die vermehrten Überwinterungsorte kommt die Milde der letzten Winter und Wärme der Sommer in Betracht, aber auch eine durch Mutation hervorgerufene verminderte Kälteempfindlichkeit des Farns. Dafür spräche sein neuerliches Vorkommen in dauernd kühlen Grundwasserbächen, den Gießen, v.a. im Elsaß (s. z.B. CARBIENER & ORTSCHNEIT 1987), aber auch in Gerinnen nahe der Randsenke der Rheinniederung zwischen Karlsruhe und Germersheim. LOISEAU & FELZINES (1988) diskutieren ähnliche Möglichkeiten für das mittlere Loirebecken, wo *A. filiculoides* sich 1988/89 sprunghaft vervielfacht hat.

3. Soziologie von *Lemna minuta*

Einziges Kriterium für die Auswahl aus unseren *Lemnetea*-Aufnahmen war das Vorhandensein von *L. minuta*, unabhängig von ihrer Deckung. Eventuell vorhandene wurzelnde Hydrophyten sowie Helophyten haben wir mit aufgenommen und weitgehend auch in die Tabellen integriert. Eine ausführliche Begründung für dieses nicht von allen Pflanzensoziologen gebilligte Vorgehen findet sich in WOLFF & ORSCHIEDT (1993).

Zeichenerklärung für die Tabellen:

- Wasserbewegungsstufen: s = stehend (kleinere Gewässer), z = ziehend (langsam fließend) oder zeitweise windbewegt (größere, langgestreckte Gewässer), f = fließend (\pm schnell)
- Beschattungsstufen: – = fehlend oder gering (ca. 0–10%), ! = mäßig (ca. 10–50%), !! = stark (über 50%)
- * (vor dem Deckungsgrad): abgerissene, treibende Pflanzenteile
- r: Deckungsgrad für 1–5 Exemplare
- (nach dem Deckungsgrad)^o: herabgesetzte Vitalität
- (nach dem Deckungsgrad)^j: juvenile Pflanzen
- (nach dem Deckungsgrad bei *Nasturtium*)⁺: *N. officinale* s.str.

Die ökologischen Textangaben zu den einzelnen Syntaxa stellen immer Mittelwerte aus den daran beteiligten Aufnahmen dar.

3.1 Die Aufnahmen vom Oberrheingraben und aus der Blies (Tabelle 2 im Anhang)

Am Oberrhein ist *L. minuta* seit 1966 bekannt (WOLFF 1991), im Saarland seit 1992 in der Blies. 28 der Aufnahmen stammen aus SCHWARZER (1992).

3.1.1 Die syntaxonomischen Einheiten

(alle Autor-Zitate sind überprüft)

Lemnetea Koch & Tx. ex Oberdorfer 1957

Lemnetalia minoris Koch & Tx. ex Oberdorfer 1957

Lemnion gibbae Tx. & Schwabe ex Tx. 1974

Von den Nicht-*Lemnetalia*-Arten kommen in Tab. 2 nur in diesem Verband *Enteromorpha intestinalis*, *Ranunculus fluitans*, *Potamogeton nodosus* und *P. pectinatus* vor, also alles Arten, die auf einen hohen Nährstoffgehalt und/oder fließendes Wasser schließen lassen. Die hohen Ammonium- und Orthophosphatwerte bestätigen die Eutrophie der Gewässer.

Lemnetum gibbae Miyawaki & J. Tx. 1960: Sp. 1

Nomenklatur: W. KOCH (1954) hat kein *Lemnetum gibbae* erwähnt. Sein Name muß also entfallen.

– Subass. *lemnetosum minutae*, subass. nova; Typus: Sp. 1,

Differentialart: *L. minuta*. – Typische Variante. Flacher Seitenarm eines Altrheins mit hohem Orthophosphatgehalt, vermutlich von Wasservögeln verursacht.

Spirodeletum polyrrhizae Koch 1954 em. Tx. & Schwabe ex Tx. 1974: Sp. 2–14

Hier ausgewählter Lectotypus: KOCH (1954), Tab. 3, Aufn. 1.

In der Tabelle ist es die Assoziation mit den Wässern geringster Leitfähigkeit, Gesamthärte und Bewegung, aber – zusammen mit dem *Azollo filiculoidis*-*Lemnetum minusculae* – höchster Orthophosphat- und Ammoniumgehalte.

– Subass. *lemnetosum gibbae*, Variante von *L. minuta*: Sp. 2.

Überdurchschnittlich ammoniumreicher Kanal mit Schwarzwaldwasser, bei geringer Leitfähigkeit und Gesamthärte.

– Subass. *lemnetosum minutae*, subass. nova: Sp. 3–14, Typus: Sp. 3, Differentialart: *L. minuta*. – Fläche bis fast 2 m tiefe Gewässer; die ökologische Charakteristik fällt mit derjenigen der Assoziation zusammen.

* Typische Variante: Sp. 3–9

* Variante von *L. gibbae*: Sp. 10–13. Sie zeichnet sich durch meist extrem hohe Ammoniumwerte aus.

* Variante von *L. turionifera*: Sp. 14. Tiefer Kanal mit stehendem, ziemlich sauberem Wasser.

Lemna turionifera-Gesellschaft (Wolff & Jentsch 1992): Sp. 15

Untergesellschaft von *L. minuta*, Ausbildung von *Spirodela polyrrhiza*. Stehender Kanalabschnitt mit belastetem Wasser (hoher Orthophosphatgehalt). – Wegen ihrer meist gegenläufigen Ansprüche und Eigenschaften kommen *L. turionifera* und *L. minuta* nur ausnahmsweise, so wie hier, in größeren Mengen gemeinsam vor (WOLFF & ORSCHIEDT 1993).

Azollo filiculoidis-*Lemnetum minusculae* Felzines & Loiseau 1991 nomen inversum: Sp. 16–75

Nomenklatur: *L. minuta* dominiert in der Typus-Aufnahme über *Azolla filiculoides*, ebenso wie in den meisten übrigen Aufnahmen der Orginaltabelle, und besonders ausgeprägt in den mitteleuropäischen Probfleichen. Wir vollziehen deshalb die Inversion des Namens *Lemno minusculae*-*Azolletum filiculoidis*, entsprechend Empfehlung 10 C und Artikel 42 des Code (BARKMAN et al. 1986).

Von den vier in der Tabelle mit den meisten Aufnahmen belegten Assoziationen ist es die mit den Wässern geringsten Chloridgehalts und geringster Tiefe, der zweitgeringsten Gesamthärte und Leitfähigkeit, der zweithöchsten Beschattung (am intensivsten an stehenden Gewässern), den – zusammen mit dem *Spirodeletum polyrrhizae* – größten Orthophosphat- und Ammoniummengen sowie dem höchsten pH-Wert und der stärksten Wasserbewegung. An wurzelnden Hydrophyten treten in der Tabelle *Ranunculus fluitans*, *Potamogeton pectinatus* und *P. nodosus* nur hier auf.

– Subass. *typicum*, subass. nova: Sp. 16–34. Typus: Sp. 25. – Hier herrscht *L. minuta* allein oder zusammen mit *L. minor*. *A. filiculoides* fehlt immer. Die Wuchsorte (± seichte Kanäle,

auch Altrheine, Gräben, Grundwasserbäche (Gießen) u.a.) zeichnen sich innerhalb der Assoziation durch geringsten Chloridgehalt und geringste Tiefe, aber höchste Orthophosphat- und Ammonium-Konzentrationen und stärkste Beschattung aus. Sie sind mäßig bis stark abwasserbelastet.

– Subass. *lemnetosum gibbae*, subass. nova: Sp. 35–43, Typus: Sp. 43, Differentialart: *L. gibba*.

Soweit an den relativ wenigen standörtlichen Daten erkennbar, scheint hier die höchste Gesamthärte, Leitfähigkeit und Wassertiefe innerhalb der Assoziation vorzuliegen. Die Gewässertypen sind sehr unterschiedlich (gering bis stark belastete Grundwasserbäche, Altrheinebuchten, Weiher sowie ein Fluß).

* Typische Variante: Sp. 35–39

* Variante von *Spirodela polyrrhiza*: Sp. 40–42 (immer mit *A. filiculoides*).

* Variante von *L. turionifera*: Sp. 43. Grundwasserhaltiger Graben mit langsam fließendem, gering belastetem Wasser.

– Subass. *spirodeletosum polyrrhizae*: Sp. 44–75. Alle Aufnahmen der Originaltabelle gehören hierher. Zum Lectotypus erklären wir den Typus der Assoziation: Sp. 4 in FELZINES & LOISEAU (1991). Die Wässer zeigen die geringste Gesamthärte und Ammoniumkonzentration sowie die mit Abstand geringsten Orthophosphatwerte. Diese Flüsse, Bäche (z.T. grundwasserreich), Altrheine, Schluten, Kanäle und Teiche sind demnach überwiegend gering belastet.

* Typische Variante: Sp. 44–63

* Variante von *L. gibba*: Sp. 64–73. Die N- und P-Werte liegen doppelt so hoch wie in der Typischen Variante (durch Verschmutzung).

* Variante von *L. turionifera*: Sp. 74–75. Angespülte, aber stationäre Decken am Rand ausbaggerter, durchströmter Altrheine; wenig belastet.

– Subass. *lemnetosum turioniferae*, subass. nova: Sp. 76 (= Typus), Differentialart: *L. turionifera*.

Stark beschatteter, mäßig belasteter Altrhein. Seltene Subass. (Pendant zur Unterges. von *L. minuta* der *L. turionifera*-Gesellschaft).

Lemnion trisulcae Den Hartog & Segal 1964 em. Tx. & Schwabe ex Tx. 1974

Nomenklatur: Wie WOLFF & JENTSCH (1992) übernehmen wir die von SCHWABE-BRAUN & TÜXEN (1981) vorgeschlagene Namensänderung in *Riccia fluitantis*-*Lemnion trisulcae* nicht, weil

1. *Riccia fluitans* s.l. als Sammelartname zu Verwechslungen mit *R. fluitans* L. emend. Lorbeer führen kann,

2. wir *R. fluitans* L. emend. Lorbeer nicht als VC, sondern als AC betrachten, und

3. die Änderung nach dem Code unzulässig war (was die Autoren wußten).

Nur in den Beständen dieses Verbandes haben wir, als Zeichen für sauberes Wasser, *Utricularia vulgaris* und *U. australis* angetroffen. Die Analysen zeigen dementsprechend niedrigere Ammonium- und v.a. Orthophosphatgehalte als im *Lemnion gibbae*. Auch LANDOLT (1986) weist auf den oft konstant niedrigen Phosphatspiegel im Wasser der Schweber-Gesellschaften hin.

Lemnetum trisulcae Den Hartog 1963 em.: Sp. 77–102

Nomenklatur: Das *Lemnetum trisulcae* in KELHOFER (1915) war ein nomen nudum; KNAPP & STOFFERS (1962) sprachen nur von einer *Lemna trisulca*-Gesellschaft. Der erste gültig veröffentlichte Assoziationsname stammt also von DEN HARTOG (1963). In der Originalbeschreibung zählt er allerdings auch *Riccia fluitans* und *Ricciocarpos natans* zu den AC, was aus heutiger Sicht den ganzen Verband umfassen würde. Dies begründet die Berechtigung einer Emendation. DEN HARTOG (1963) schließt die Lemniden-Schicht weder in der Originalbeschreibung noch in der Tabelle ausdrücklich aus (wohl aber DEN HARTOG & SEGAL 1964, zit. in SCHWABE-BRAUN & TÜXEN 1981).

Hier ausgewählter Lectotypus: DEN HARTOG (1963), Tab. 2: Sp. 2.

Als charakteristische Standortbedingungen erwiesen sich am Oberrhein die geringste Beschattung sowie die zweitniedrigsten Ammonium-, Orthophosphat- und pH-Werte, aber

auch die zweithöchste Gesamthärte, Leitfähigkeit und Wasserbewegung. Wuchsorte sind saubere bis gering belastete, ± klare Altrheine, Grundwasserbäche, Gräben, Schluten (d.h. schmale Wasserrinnen, die bei Niedrigwasser trockenfallen können), Kolke und Teiche.

– Subass. *lemnetosum turioniferae*: Sp. 77–79

Ruhige, sonnig liegende Gewässer mit z.T. erhöhtem Ammoniumgehalt.

* Variante von *Spirodela polyrrhiza*: Sp. 77

* Variante von *L. minuta*: Sp. 78–79

– Subass. *lemnetosum minutae*, subass. nova: Sp. 80–102, Typus: Sp. 88;

Differentialart: *L. minuta*. Gewässer teilweise bewegt und/oder beschattet; sonstige Eigenschaften wie bei der Assoziation.

* Typische Variante: Sp. 80–89

* Variante von *L. gibba*: Sp. 90–92

* Variante von *Spirodela polyrrhiza*: Sp. 93–100

* Variante von *L. turionifera*: Sp. 101–103.

Riccietum rhenanae Knapp & Stoffers 1962: Sp. 103–110

Alle bewohnten Altarme, Gräben und ein Tongrubenteich liegen in der Rheinaue. Die klaren Wässer zeigen die geringsten Ammonium- und Orthophosphatgehalte sowie pH-Werte der Tabelle. Am höchsten liegen dagegen Gesamthärte, Leitfähigkeit, Chloridgehalt und Beschattungsgrad. Die Standortverhältnisse von sauberen, härteren und weniger stark erwärmbar Gewässern sind hier noch ausgeprägter als im *Lemnetum trisulcae*. Erhöhter Rohhumusgehalt war nur teilweise erkennbar.

PHILIPPI (1969) hat die Assoziation erstmals für den Oberrhein belegt. Er schließt allerdings, wie schon DOLL (1991) feststellt, im Gegensatz zur Originaltabelle auch Bestände mit ein, in denen *Ricciolepis natans* über *Riccia rhenana* dominiert.

In Rheinnähe kann in die *R. rhenana*-Populationen auch *R. fluitans* s. str. eindringen. Letztere wird wohl durch Hochwässer eingespült oder durch Wasservogel verschleppt und kann sich dort halten. Ihre Beteiligung erlaubt keine ökologische Differenzierung; deshalb werten wir sie auch nicht als Differentialart. *R. fluitans* hat offenbar eine extrem weite standörtliche Amplitude, *R. rhenana* dagegen eine sehr enge. Verschleppte *R. rhenana* würde in für sie ungeeigneten Gewässern nicht überleben.

– Subass. *typicum*: Sp. 103–108

* Variante von *Spirodela polyrrhiza*: Sp. 103

* Variante von *L. turionifera*: Sp. 104–105 (in Altrheinresten)

* Variante von *L. minuta*: Sp. 106–108.

– Subass. *ricciocarpetosum natantis*, Variante von *L. minuta*: Sp. 109–110.

Das ausgesprochen tonige Substrat unter dem Pflanzendetritus steht im Gegensatz zu den gröberen Fraktionen unter den Beständen der Typischen Subassoziaton.

Riccietum fluitantis Slavnić 1956 em. Tx. 1974 sensu Pott 1980: Sp. 111–112.

Nomenklatur: Die Emendation TÜXENs (1974; in seinen Literaturverzeichnissen fanden wir keine Arbeit von 1972) bezog sich auf die Abtrennung des *Ricciolepis natantis* und des *Salvinietum natantis*. Unklar bleibt, ob SLAVNIĆ (1956) als AC *Riccia fluitans* s.l. gemeint hat oder aber s.str., also *R. fluitans* L. emend. Lorbeer. Nach H.E. WEBER (briefl. 1992) muß man, bis zum Beweis des Gegenteils, den letzteren Fall annehmen und deshalb den Namen „*Riccietum fluitantis*“ für Bestände von *R. fluitans* L. emend. Lorbeer als dominierende Lebermoos-Art beibehalten. Solche liegen in unseren Sp. 111/112 vor.

Der Name „*Riccietum fluitantis*“ wurde aber bisher mehrdeutig verwendet: von MIYAWAKI & J. TÜXEN (1960), TÜXEN (1974) und SCHWABE-BRAUN & TÜXEN (1981) im weiteren Sinn (also einschließlich des *Riccietum rhenanae*), von POTT (1980) und POTT & WITTIG (1985) dagegen im engeren Sinn. MÜLLER (1973) in OBERDORFER (1977) und DOLL (1991) lassen die Frage offen.

Im Interesse der Eindeutigkeit hatten deshalb WOLFF & JENTSCH (1992) den provisorischen Namen „Assoziation von *Riccia fluitans* L. emend. Lorbeer“ gewählt, was nach H.E. WEBER (briefl. 1993) jedoch unzulässig ist. Wir fügen deshalb dem gültigen Namen zur Präzisierung „sensu Pott 1980“ hinzu, da dieser Autor u.W. als erster in unserem Sinn verfahren ist. Eine endgültige Klärung wird erst möglich sein, wenn man im Gebiet der Originaltabelle von SLAVNIĆ (1956), der Vojvodina, nachprüfen

kann, ob dort *R. fluitans* L. emend. Lorbeer, *R. rhenana* oder beide vorkommen. Dies ist vorerst noch unbekannt (S. JOVET, briefl. 1992).

Hier ausgewählter Lectotypus: SLAVNIĆ (1956), Tab. VI, Sp. 5.

Unsere Umgrenzung schließt eine Beteiligung von *R. rhenana* aus. Selbst wenn sie in geringerer Menge als *R. fluitans* vertreten wäre, würde der Bestand ins *Riccietum rhenanae* gehören (s. dort).

– Typische Subass., Variante von *L. minuta*. – Innerhalb der Tabelle haben beide Gewässer den geringsten Elektrolytgehalt und die geringste Gesamthärte. Das erste zeigt auch den niedrigsten pH-Wert. Die hier erhöhten N- und P-Werte stammen aus der Zersetzung von Fallaub. Beide Gewässer sind unbelastet.

Ökologisch hat das *Riccietum fluitantis* sensu Pott nach unseren Erfahrungen seinen Schwerpunkt in sauer-oligotrophen, sandig-torfigen und kühlen Gewässern. Seine Spannbreite reicht jedoch noch bis in schwach basische, eutrophe Gewässer über Auelehm sommerwarmer Tallagen.

Die Standorte der Sp. 111/112 liegen zwischen diesen beiden Extremen. Die hier anstehenden Pfälzerwald-Sande des Rehbach-Speyerbach-Schwemmfächers sind zwar nährstoffarm: *Callitriche hamulata*, eine Art überwiegend kühler, basenarmer Gewässer, hat hier ihr einziges wurzelndes Vorkommen der Tabelle. Das basische Grundwasser und die warme Lage in der Rheinebene führen jedoch schon zu mittleren Standortverhältnissen. Hier liegt die Untergrenze der Existenzmöglichkeit der Zierlichen Wasserlinse.

Die Identität von *R. fluitans* in Sp. 111/112 haben H. BISCHLER und S. JOVET, Paris, cytologisch und morphologisch gesichert. *R. rhenana* und *R. fluitans* der Sp. 109 wurde nach den Landformen bestimmt, die wir aus der Kultur einer Wasserformen-Probe vom 27.6.1993 gewonnen haben.

Lemno minoris-Salvinion natantis Slavnić 1956 em. Schwabe-Braun & Tüxen 1981

Subkontinentaler, sommerwärmebedürftiger Verband.

Spirodelo polyrrhizae-Salvinietum natantis Slavnić 1956 em. Müller & Görs 1960, nomen inversum: Sp. 113–114.

Nomenklatur: Der Name „*Salvinieto-Spirodelletum polyrrhizae*“ Slavnić 1956 hat Priorität vor dem „*Lemno minoris-Salvinietum*“ Korneck 1959. SLAVNIĆs Assoziation schließt allerdings auch das *Spirodelletum polyrrhizae* noch mit ein. Müller & Görs (1960) haben dessen Bestände als „*Spirodelo-Lemnetum minoris* ass. nov.“ p.p. abgetrennt, allerdings ohne die Emendierung ausdrücklich zu formulieren.

Da die *Salvinia*-Pflanzen normalerweise die *Spirodela*-Sproßglieder überwachsen, also räumlich dominieren, wird auch die Inversion des Namens notwendig. MÜLLER & GÖRS (1960) haben sie zwar schon vorweggenommen, aber mit dem Argument, daß *Salvinia* allein und nicht mehr *Spirodela* die AC ist (nach Abtrennung des *Spirodelletum*). Dies sieht der Code aber nicht als Inversionsgrund vor.

Wir folgen der Auffassung von SCHWABE-BRAUN & TÜXEN (1981), alle Bestände mit einer *Salvinia*-Deckung von + bis 5 in diese Assoziation zu stellen. Frühere Autoren, z.B. KORNECK (1959) und MÜLLER & GÖRS (1960), haben nur Dominanzbestände des Farns darunter verstanden.

Hier ausgewählter Lectotypus, zugleich für die subass. *typicum*: SLAVNIĆ 1956, Tab. IV, Sp. 2.

– Subass. *lemnetosum trisulcae*, Variante von *L. minuta*.

Beide Bestände leben in sauberen, eutrophen Gewässern, und zwar in einer ehemaligen Tongrube bzw. einem verlandenden Altrhein.

3.1.2 Artenzahl-Statistik

Die 11 insgesamt im Gebiet vorkommenden *Lemnetea*-Arten verteilen sich wie folgt auf die 4 häufigsten Assoziationen:

- *Azollo filiculoidis-Lemnetum minusculae* (61 Aufnahmen): 1–5 Arten, $\bar{\varnothing}$ 3.2
- *Spirodelletum polyrrhizae* (13 Aufnahmen): 3–5 Arten, $\bar{\varnothing}$ 3.8
- *Lemnetum trisulcae* (26 Aufnahmen): 3–7 Arten, $\bar{\varnothing}$ 4.2
- *Riccietum rhenanae* (8 Aufnahmen): 3–9 Arten, $\bar{\varnothing}$ 5.6

In der gleichen Reihenfolge nehmen im Mittel Orthophosphat und Ammonium ab, deren erhöhte Konzentration man als Verschmutzungsindiz bewerten kann. Vertauscht man die beiden ersten Assoziationen, so entsteht eine ähnliche Reihe mit ebenfalls abnehmenden pH-Werten, aber ansteigender Gesamthärte und Leitfähigkeit. Ursächliche Zusammenhänge mit den Artenzahlen sind zu vermuten. Daß sie im *Azollo filiculoidis-Lemnetum minusculae* geringer sind als im *Spirodeletum polyrrhizae*, dürfte auch mit der dort viel stärkeren Wasserbewegung zusammenhängen. *Spirodela polyrrhiza* als Dominante und *L. turionifera* allgemein sind besonders bewegungsempfindlich (WOLFF & ORSCHIEDT 1993).

Alle hier getroffenen Aussagen gelten nur für den Bereich dieser Tabelle, also nicht für die Gesellschaften generell. In anderen Gebieten haben sich teilweise andere Abfolgen ergeben.

3.1.3 Literaturvergleich

Die ersten veröffentlichten *Lemnetea*-Aufnahmen aus dem Gebiet finden sich bei KAPP & SELL (1965), PHILIPPI (1969) und MÜLLER (1973) in OBERDORFER (1977). Ein direkter Vergleich mit unseren Beständen ist kaum möglich, weil meist nur Stetigkeitstabellen vorliegen und die Gesellschaften anders gefaßt sind. Auch fehlen genaue ökologische Angaben. Jedenfalls wurde damals weder *L. minuta* noch *L. turionifera* beobachtet.

3.2 Die Aufnahmen vom Niederrhein und aus dem Hase-Einzugsgebiet (Tabelle 3 im Anhang)

Am Niederrhein hat K. v. d. WEYER 1990 *L. minuta* erstmals gesammelt (WOLFF 1991). Den Erstfund in der Hase 1988 beschreibt GARVE (1989). Den Nachweis im Dwertger Meer (3113/1) 1987 verdanken wir F.G. DUNKEL (briefl. 1987). Nach unseren Beobachtungen aus den Jahren 1992 und 1993 ist die Art im Niederrheinischen Tiefland in den verschiedenen Gewässertypen schon recht verbreitet.

Im Flußsystem der Hase, einem Nebenfluß der Ems, beginnen ihre Vorkommen derzeit gleichzeitig in der Tiefen und der Hohen Hase in Malgarten NE Bramsche. Beide führen bis zu ihrer Vereinigung große Mengen von *L. minuta*. Danach begleiten ausgedehnte Decken die Ufer der Hase noch bis Bersenbrück. Besonders ab Quakenbrück läßt die ständig spärlicher werdende ufernahe Vegetation mit Haltefunktion nur noch die Bildung von kleinen schwimmenden Inseln zu, deren Größe meist unter die einer sinnvollen Probefläche sinkt. Über Stumborner Bach, Bohlenbach und Kleine Hase driftet weniger ab als über die Große Hase, die aus der Lager Hase zusätzlich große Mengen von *L. minor* aufnimmt. Mit abnehmender Tendenz kann man *L. minuta* noch bis zur Mündung der Hase in den Dortmund-Ems-Kanal in Meppen inmitten von Inseln aus *L. minor* beobachten.

3.2.1 Die syntaxonomischen Einheiten

Aktuelle Meßwerte von Wasserparametern liegen ausschließlich vom Niederrhein vor. Die obere und mittlere Hase ist 1966–69 hydrochemisch untersucht worden (NEUMANN 1976). Es ergaben sich dort die folgenden Mittelwerte:

pH	7.2–7.3
Gesamthärte	15.4–20.3 dH
NH ₄ -N	0.06–1.8 mg/l
PO ₄ -P	0.2–1.0 mg/l
Cl ⁻	73–124 mg/l.

Lemnion gibbae Tx. & Schwabe ex Tx. 1974

Lemnetum gibbae Miyawaki & J. Tx. 1960: Sp. 1

– Subass. *lemnetosum minutae*, Variante von *Spirodela polyrrhiza*.

Dieses Vorkommen von 1991 in der Hase war 1993 nicht mehr nachweisbar.

Spirodeletum polyrrhizae Koch 1954 em. Tx. & Schwabe ex Tx. 1974: Sp. 2

– Subass. *lemnetosum turioniferae*, Variante von *L. minuta*. Mäßig nährstoffreicher, stehender Kanalabschnitt nahe dem Rhein.

Lemna turionifera – Gesellschaft (Wolff & Jentsch 1992): Sp. 3–5

Ruhige Altrheinarme bzw. ein teichtartiger Altrheinrest; Wässer nährstoff- und basenreich, gering bis mäßig belastet.

– Untergesellschaft von *L. gibba*, Ausbildung von *Spirodela polyrrhiza*: Sp. 3

– Untergesellschaft von *Spirodela polyrrhiza*, Ausbildung von *L. minuta*: Sp. 4

– Untergesellschaft von *L. minuta*, typische Ausbildung: Sp. 5.

Azollo filiculoidis-*Lemnetum minusculae* Felzines & Loiseau 1991 nomen inversum: Sp. 6–36

Da in Tabelle 3 82% der Aufnahmen zu dieser Assoziation gehören, kann man keine floristischen und ökologischen Vergleiche mit den übrigen Gesellschaften anstellen. Die Bestände befinden sich überwiegend in fließendem bis ziehendem Wasser, v.a. in der Hase. Solche in stehenden Gewässern unterliegen überdurchschnittlich starker Beschattung. In den beiden einzigen sonniger liegenden Wasserlinsendecken ist *L. minuta* nur schwach vertreten.

Mittelwerte der gemessenen Wasserparameter:

Tiefe	Ø 43 cm (10–120)
pH	Ø 8.3 ([7.4]8.0–8.9)
Leitfähigkeit	Ø 628 µS (393–1006)
Gesamthärte	Ø 12.7 dH (8.7–23.9)
NH ₄ -N	Ø 1.45 mg/l (0.07–7.0)
PO ₄ -P	Ø 0.25 mg/l (0.02–1.6)
Cl ⁻	Ø 48 mg/l (24–95)

Dies entspricht (meso- bis) eutrophen Verhältnissen bei selten geringer, meist mittlerer bis starker Verschmutzung.

– Subass. *typicum*: Sp. 6–22. Wegen der wenigen Meßwerte aus den übrigen Subassoziationen sind auch auf dieser Ebene kaum Vergleiche möglich.

– Subass. *lemnetosum gibbae*: Sp. 23–26

Hier finden sich die höchsten Meßwerte für pH, Leitfähigkeit, Ammonium und Phosphor innerhalb der Assoziation, was auf starke Wasserbelastung schließen läßt.

* Typische Variante: Sp. 23–24

* Variante von *Spirodela polyrrhiza*: Sp. 25–26

– Subass. *spirodeletosum polyrrhizae*: Sp. 27–35

* Typische Variante: Sp. 27–34

* Variante von *L. turionifera*: Sp. 35. Der Asper Mühlteich enthält die geringste Elektrolytmenge und wohl auch das sauberste Wasser, soweit für diese Tabelle untersucht.

– Subass. *lemnetosum turioniferae*, Typische Variante: Sp. 36.

Lemnion trisulcae Den Hartog & Segal 1964 em. Tx. & Schwabe ex Tx. 1974

Lemnetum trisulcae Den Hartog 1963 em.: Sp. 37

– Subass. *spirodeletosum polyrrhizae*, Variante von *L. turionifera*. Dominanzbestand von *Spirodela polyrrhiza* in einer ruhigen Bucht eines trägen Flusses; trotz mäßiger Trübung offenbar recht sauber.

Riccietum fluitantis Slavnić 1956 em. Tx. 1974 sensu Pott 1980: Sp. 38

– Typische Subassoziation, Variante von *L. minuta*.

Der hohe Ammoniumgehalt im an sich sauberen Wasser dieser ehemaligen Flachskuhle dürfte von der Zersetzung organischen Materials am Grund herrühren. Floristisch auffällig sind 2 erkennbar verschiedene Formen von *L. minor*. Die häufigere ist klein und dunkel und deshalb *L. minuta* sehr ähnlich; die seltenere groß und hell (teste E. LANDOLT, R. MUES). H. BISCHLER und S. JOVET haben auch in diesem Fall die Artzugehörigkeit der *Riccia fluitans* cytologisch und morphologisch abgesichert.

3.2.2 Artenzahl-Statistik

Im Gebiet wurden nur 8 *Lemnetea*-Arten aufgenommen. Gegenüber dem Oberrhein fehlen hier *Salvinia natans* (nicht vorkommend) sowie *Ricciocarpos natans* und *Riccia rhenana* (vorhanden, aber nicht in den Aufnahmen erfaßt: W Emmerich bzw. in ABTS & FRAHM 1992). Es kommen in der Tabelle vor:

- im *Azollo filiculoidis-Lemnetum minusculae* (31 Aufnahmen): 1–5 Arten, Ø 2.6,
- in den übrigen 5 Gesellschaften (7 Aufnahmen): 2–5 Arten, Ø 4.1.

Das *Azollo filiculoidis-Lemnetum minusculae* erscheint also, wie am Oberrhein, als besonders artenarm. Dies gilt aber nicht generell. Auch fast alle anderen Assoziationen können – soweit ohne *L. minuta* – aus nur 1–2 Arten bestehen.

3.2.3 Literaturvergleich

Lemnetea-Aufnahmen aus dem Gebiet der Tabelle 3 sind in WEBER (1976), POTT (1980) und POTT & WITTIG (1985) publiziert. Keiner dieser Autoren erwähnt *L. minuta* oder *L. turionifera*. Deren Neuauftreten dürfte vom gleichen Faktor gefördert sein, der alleinverantwortlich ist für die von POTT & WITTIG (1985) dokumentierte Zunahme von *Lemnion gibbae*-Beständen zwischen 1978 und 1982/83 und das damit verknüpfte Verschwinden von *Lemnion trisulcae*-Gesellschaften aus Teilen des Niederrheingebietes, nämlich der zunehmenden Verschmutzung der meisten Gewässer. *Lemna trisulca* selbst z.B. war aus diesem Grunde schon nach Weber (1978) in weiten Teilen Nordwestdeutschlands stark gefährdet. Wir haben *L. minuta* im Gebiet nur ein einziges Mal gemeinsam mit *L. trisulca* angetroffen. Dies entspricht < 3% der Aufnahmen. An Oberrhein und Blies waren es immerhin noch 30%.

3.2.4 Vergleich der Tabellen 2 und 3

(siehe Tab. 4)

Zunächst fällt die geringere Gesamtartenzahl an Niederrhein und Hase gegenüber Oberrhein und Blies auf. Dies betrifft sowohl die *Lemnetea*-Arten und ihre Begleiter als auch die Hydro- und Helophyten. Von ersteren ist *A. filiculoides* im Norden erheblich seltener als im Süden. Auch für *L. gibba* scheint dies zu gelten.

Sieht man von diesen Differenzen ab, so zeigt der Tabellenvergleich, daß sowohl die Assoziation als auch ihre Subassoziationen in beiden Regionen recht gute Übereinstimmungen bei den Stetigkeiten wie bei den Mengen zeigen.

Die ökologischen Daten der Tab. 4 werden in Kap. 6 betrachtet.

3.3 Die Aufnahmen aus der unteren Erft

(Tabelle 5 im Anhang)

3.3.1 Die ökologische Ausnahmesituation der Erft

In Nordrhein-Westfalen wurde *L. minuta* zuerst in der unteren Erft nachgewiesen (DIEKJOBST 1983). Wegen der besonderen limnologischen Verhältnisse dieses Fließgewässers sollen die dortigen Bestände von *L. minuta* gesondert behandelt werden.

Die Erft, ein kanalisierter linker Nebenfluß des Niederrheins, entspringt in der Nordeifel und mündet bei Neuss in den Rhein. Die aus dem Braunkohle-Tieftagebau der Ville-Scholle ab-

Tabelle 4. Stetigkeits-Vergleich des Azollo filiculoidis-Lemnetum minusculae zwischen Oberrhein/Blies und Niederrhein/Hase-Einzugsgebiet

	Subass. typicum		lemnetosum gibbae		spirodelet.		polyrrhizae		lemnetosum turioniferae		Assoziation		Assoz.
	Ob'rhein/B	Nd'rh/H	Ob'rhein/B	Nd'rh/H	Ob'rhein/B	Nd'rh/H	Ob'rhein/B	Nd'rh/H	Ob'rhein/B	Nd'rh/H	Ob'rhein/B	Nd'rh/H	
Ø pH (n=Anzahl der Messungen)	7.7 (13)	8.1(6)	7.7(6)	8.6(3)	7.7(23)	8.4(2)	7.7(1)	8.1(1)	7.7(43)	8.3(12)	7.8	O+N	
Ø Leitfähigkeit µS/20° C (n)	584(13)	651(7)	642(6)	689(4)	588(24)	446(2)	676(1)	597(1)	596(44)	628(14)	604		
Ø Gesamthärte °dH (n)	13.2(11)	14.9(6)	13.7(5)	10.5(3)	11.2(21)	9.3(2)	14.0(1)	13.0(1)	12.2(38)	12.7(12)	12.3		
Ø NH ₄ -N (mg/l) (n)	1.17(11)	0.80(6)	0.39(6)	4.04(3)	0.16(23)	0.23(2)	0.05(1)	0.07(1)	0.46(41)	1.45(12)	0.69		
Ø PO ₄ P (mg/l) (n)	0.62(11)	0.13(6)	0.49(6)	0.64(3)	0.15(23)	0.07(2)	0.06(1)	0.20(1)	0.32(41)	0.25(12)	0.31		
Ø Cl ⁻ (mg/l) (n)	59(11)	53(6)	63(6)	49(3)	70(22)	38(2)	82(1)	37(1)	66(40)	48(12)	62		
Ø Wassertiefe (cm) (n)	17(14)	44(17)	75(6)	32(4)	32(25)	49(9)	30(1)	2(1)	33(46)	43(31)	37		
Ø Artenzahl (Lemnetea-Arten)	2.0	1.9	3.9	3.5	3.7	3.3	4	3	3.1	2.5	2.9		
Anzahl der Aufnahmen	19	17	9	4	32	9	1	1	61	31	92		
<i>Lemna gibba</i>	-	-	V+-2	4r-2	IIr-2	-	-	-	IIr-2	Ir-2	IIr-2	IIr-2	
<i>Spirodela polyrrhiza</i>	-	-	II+-1	2+-2	Vr-3	Vr-3	1+	-	IIIr-3	IIr-3	IIIr-3	IIIr-3	
<i>Lemna turionifera</i>	-	-	I+	-	+r-1	Ir	12	1r	+r-2	+r	+r-2	+r-2	
<i>Lemna minuta</i>	V+-5	V+-5	V2-5	44-5	V+-5	V1-5	13	11	V+-5	V+-5	V+-5	V+-5	
<i>Azolla filiculoides</i>	-	-	III+-2	-	IIr-2	II+-5	-	-	IIr-2	++-5	Ir-5	Ir-5	
<i>Lemna trisulca</i>	-	-	-	-	-	(Ir)	-	-	-	(r)	(r)	(r)	
<i>Riccia thernana</i>	+r	-	-	-	-	-	-	-	Ir	-	Ir	Ir	
<i>Lemna minor</i>	Vr-5	Vr-5	V+-4	4+-1	V+-4	V+-4	13	15	Vr-5	Vr-5	Vr-5	Vr-5	
<i>Ceratophyllum demersum</i>	I+-2	II+-3	II+-4	14	IIIr-2	III+-3	-	-	IIr-4	IIr-4	IIr-4	IIr-4	
<i>Enteromorpha intestinalis</i>	+r	-	-	-	I+-1	-	-	-	++-1	-	++-1	++-1	

gepumpten Sumpfungswässer sind 20–40 °C warm. Sie werden v.a. dem Unterlauf der Erft zu-geführt, wo sie $\frac{2}{3}$ bis $\frac{3}{4}$ der Gesamtwassermenge ausmachen. Zusätzlich hat der Fluß die Abwärme von Braunkohle-Großkraftwerken aufzunehmen. Durch diese doppelte Wärmezufuhr wird die Temperatur der unteren Erft im Bereich der Einleitungen das ganze Jahr um 20 °C gehalten. Selbst nach der letzten Einleitung vor Grevenbroich bis zur Mündung sinkt die Temperatur im Winter nicht unter 10 °C ab.

Nach der Gewässergütekarte von Nordrhein-Westfalen (1990) sind Mittel- und Unterlauf der Erft kritisch belastet (Güteklasse II/III). Eigene punktuelle Messungen an verschiedenen Stellen der Flusses ergaben die folgende Spannweite der hydrochemischen Parameter:

pH	7.0–7.5	NO ₃ ⁻	0–3.5 mg/l
Leitfähigkeit	500–700 µS/20 °C	NO ₂ ⁻	0–0.2 mg/l
Gesamthärte	13.4–14.6 dH	SO ₄ ²⁻	15–80 mg/l
NH ₄ -N	0.7–3.3 mg/l	Fe ²⁺	0.40–0.45 mg/l
PO ₄ -P	0.2–0.5 mg/l	Cl ⁻	15–75 mg/l.

Besonders im Bereich der Zuleitungen kommt es in dem gut durchlüfteten, CO₂-reichen und stark eisenhaltigen Sumpfungswasser zur Massenentfaltung des Brunnenfadens (*Crenothrix polyspora*). V.a. in den lichtschwachen Monaten setzen sich seine braunen Gallertmassen am Grunde des Gewässers ab oder umhüllen die Wasserpflanzen und führen schließlich zu auffälligen Eisenocker-Ausfällungen.

Es war zu erwarten, daß in der Warmwasserstrecke der Erft (sub)tropische Adventivpflanzen auftreten würden. Als erste wurde die Roßschweifalge (*Compsopogon hookeri*) gemeldet (FRIEDRICH 1966, 1973; KREMER 1983, 1984). 1981 erschienen viele Hunderte von Exemplaren des Wassersalats (*Pistia stratiotes*, eine Aracee) sowie die thermophile Wasserlinse *Lemna aequinoctialis* (syn. *L. paucicostata*) in kleinen Beständen (DIEKJOBST 1984). Beide Arten sind längst wieder aus dem Flußsystem der Erft verschwunden. Hingegen haben sich dort in den letzten Jahren offensichtliche dauerhafte Vorkommen der Dichtblättrigen Wasserpest (*Egeria densa*) aufgebaut, die z.T. sogar blühen (1993, in Gustorf). Als weitere Aquariumsadvective konnten seit 1992 auch das Mexikanische Eichenblatt (*Shinnersia rivularis*) an vielen Stellen in der ufernahen Vegetation beobachtet werden (4805/4, 4806/1+3), sowie 1993 das Brasilianische Tausendblatt (*Myriophyllum aquaticum*) in 4805/4, 4806/1+3, 4905/1+2.

Bestände von heimischen Wasserlinsen spielten im Unterlauf der Erft noch vor 2 Jahrzehnten eine ganz untergeordnete Rolle, wie aus der Untersuchung von FRIEDRICH (1973) hervorgeht. Zwar ist der Gehalt an Nährelementen im Fluß günstig für die Besiedlung mit Wasserlinsen. Auch die Eisenkonzentrationen liegen über 0.4 mg/l Fe²⁺ und damit deutlich über dem für Lemnaceen erforderlichen Wert von 0.25 mg/l (GILGEN 1989). Die starke Wasserführung – FRIEDRICH (1973) spricht von ständig mittlerem Hochwasser – und die dauernd hohe Fließgeschwindigkeit erschweren aber die Bildung von Wasserlinsendecken am Gewässerrand selbst dann, wenn Makrophyten mit Haltefunktion vorhanden sind. Offensichtlich reicht die Vermehrungsrate der heimischen Wasserlinsen nicht aus, die Abdriftverluste auszugleichen.

Mit ihrer höheren Vermehrungsrate ist *L. minuta* hingegen leicht in der Lage, solche Abgänge mehr als zu ergänzen und an den Fließgewässerrändern inselartig Schwimmdecken zu bilden, wo andere Wasserpflanzen oder im Wasser treibende Teile von Uferpflanzen einen Stau bewirken. Die Art ist geradezu prädestiniert, unbedrängt von heimischen Wasserlinsenarten an Fließgewässerrändern Dominanzbestände aufzubauen.

Seit Anfang der achtziger Jahre gibt es diese physiognomisch auffälligen Vegetationsdecken von *L. minuta* an den Rändern der Fließwasserstrecken sowie in den Stillwasserbereichen der Erft. 1981 reichten sie ertaufwärts bis Bedburg; heute (1993) sind sie schon ab Glesch zu sehen.

Daß *L. minuta* auch natürlicherweise in dauernd 35 °C warmem Wasser leben kann, berichtet LANDOLT (1957) von einer Thermalquelle in Amerika.

3.3.2 Die floristische Zusammensetzung der Bestände

Bis vor wenigen Jahren gab es in der Erft im wesentlichen Reinbestände von *L. minuta* oder Mischbestände mit *L. minor* (Sp. 1–22), viel seltener solche mit weiteren Lemnaceen (Sp. 23–32). Diese Aufnahmen entstanden meist 1981–86 zwischen Bedburg und Reuschenberg. Den für die Bildung von Schwimmdecken aus Pleustophyten erforderlichen Wasserstau bewirken im Gebiet v.a. Elemente des *Sparganio emersi-Potamogetonnetum pectinati* oder Angetreibsel davon. Diese Assoziation ist im Raum Grevenbroich streckenweise bereits durch eine *Egeria densa*-Gesellschaft ersetzt worden. Im letzten Gewässerabschnitt ist stellenweise schon wieder ein *Ranunculetum fluitantis sparganietosum* ausgebildet, das durch die Belastung des Wassers schon ganz aus dem Unterlauf der Erft verschwunden war.

Seit wenigen Jahren tritt auch *Azolla filiculoides* von Bedburg an flußabwärts z.T. in Massenbeständen auf. Von nun an konnte dort an vielen Stellen die komplette Neophyten-gesellschaft in Form von Mischbeständen aus *L. minuta* und *A. filiculoides* angetroffen werden (Sp. 33–45, 1991–92). Die Dominanzverhältnisse zwischen den beiden rheotoleranten Pleustophyten werden wohl meist nach dem Zufall des Erstbesiedlers geregelt. Auch der Algenfarn kann durch seine starke vegetative Vermehrung die Abdriftverluste im Staubereich von Wasserpflanzen oder Angetreibsel leicht ausgleichen.

In solchen *L. minuta*-Decken mit oder ohne *A. filiculoides* ist in den meisten Fällen auch *L. minor* enthalten, wird aber nur in wenigen Fällen darin durch größere Mengenanteile auffällig. Viel seltener sind in den Beständen der Erft *Spirodela polyrrhiza*, *L. gibba* oder *L. trisulca* anzutreffen. Zumindest das Vorkommen der beiden ersten Arten rechtfertigt hier aber keineswegs die Zuordnung der Bestände zu den in Kap. 3.1 und 3.2 ausgewiesenen Subassoziationen der Gesellschaft. Dort sind sie floristischer Ausdruck unterschiedlicher hydrochemischer und physikalischer Bedingungen. Solche Unterschiede kommen in dem von *L. minuta* besiedelten Erftlauf nicht zustande. Vielmehr handelt es sich hier durchweg um Zufallsansiedlungen durch Verdriftung aus Nebengewässern. Nur die Aufnahmen mit *L. trisulca* aus dem heute toten Erftabschnitt mit Altarmcharakter zwischen Bedburg und Kaster, der saubereres Wasser enthält, könnten dem *Lemnetum trisulcae lemnetosum minutae* zugerechnet werden (Sp. 30–33).

3.3.3 Die Überwinterungsverhältnisse von *Lemna minuta*

In den ersten Untersuchungsjahren waren die Bestände von *L. minuta* in der Erft schon im Frühjahr gut entwickelt. In einem nur wenige hundert Meter langen, grabenartigen Bach mit ziehendem Wasser nördlich Bedburg, der durch einen Überlauf ständig Zufuhr von Erftwasser erhielt, wodurch seine Temperatur auch bei strengem Frost nicht unter 12 °C sank, überwinterte *L. minuta* in Form von dicken Schwimmdecken. Durch Verdriftung von dort konnten sich dann relativ früh im Jahr die im Winter zugrunde gegangenen Bestände im Fluß selbst wieder aufbauen. Dieses Überwinterungsgewässer wurde im Zuge von Bebauungen zunächst von der Warmwasserzufuhr abgeschnitten und schließlich ganz beseitigt. Ebenso verschwanden zwei Stillwasserbereiche mit Kontakt zur Erft, in denen die Wasserlinse ebenfalls überwintert angetroffen werden konnte. Seitdem regenerieren sich die Bestände offensichtlich nur aus Resten, die den Winter irgendwo im Bedburger Raum überdauern. Sie sind darum erst vom Spätsommer an gut entwickelt.

4. Jahreszeitliche Verläufe an ausgewählten Probestellen (Oberrhein)

Um die saisonalen Schwankungen der Umweltfaktoren und ihre Auswirkungen auf die Vegetation mit *L. minuta* kennenzulernen, wurden 1991–92 an 2 Probestellen etwa monatlich 7 physikalisch-chemische Wasserparameter gemessen und mit der jeweiligen Wuchsform von *L. minuta* bzw. mit der Deckung und Zusammensetzung der Wasserlinsenbestände verglichen. Die an beiden Probepunkten herrschende geringe Fließgeschwindigkeit läßt abiotische Verhältnisse erwarten, die zwischen denen stehender Kleingewässer und schnell fließender Bäche liegen.

4.1 Albersweiler Kanal (Pfalz, Haardtrand, Queichtal)

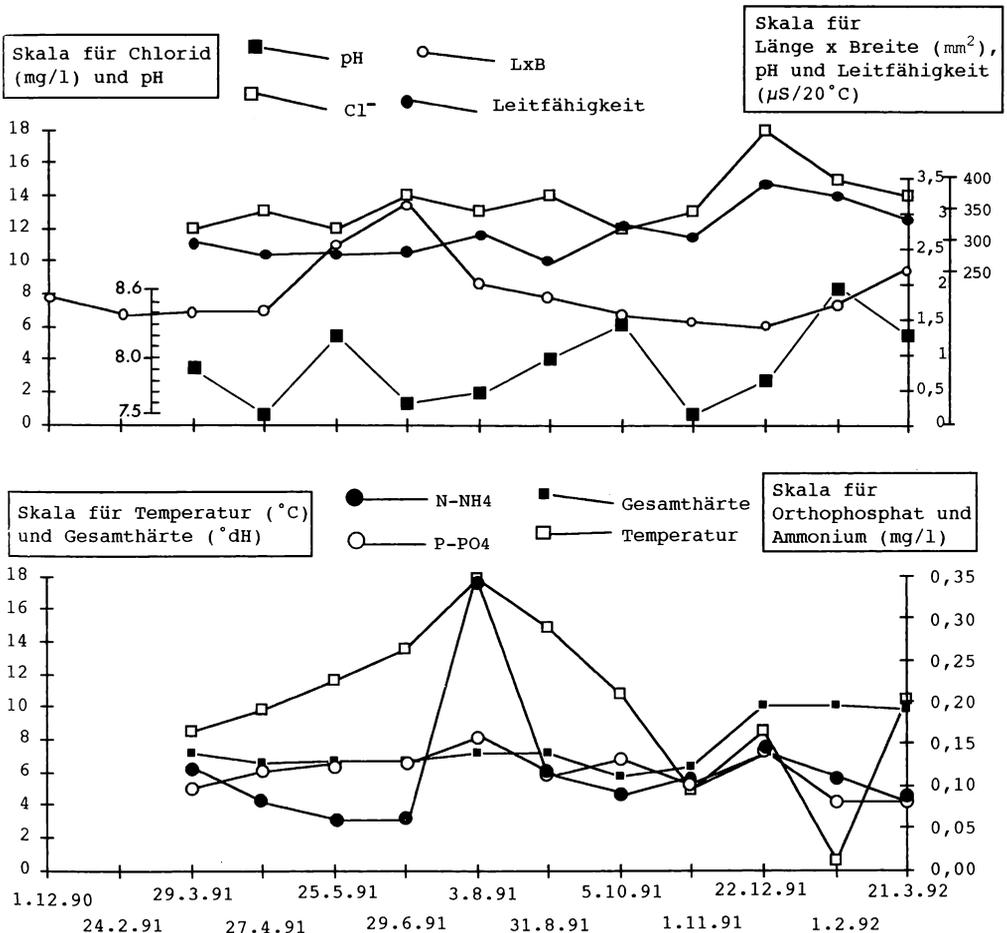
Probepunkt: Albersweiler, Brücke SE Ortsmitte, unterhalb Aufn. 20 in Tabelle 2, *Azollo filiculoidis-Lemnetum minusculae*. Ca. 2 m breite Sandsteinrinne, Wasser langsam fließend bis ziehend und ± klar. Mäßig belastetes Queichwasser, vermischt mit Quellabflüssen und evtl. auch Haushaltsabwässern; meist nur wenige cm tief, über Lehmschlamm. Die mäßigen Schwankungen von Wasserhöhe und -temperatur, das warme Klima sowie die geringe Strömung machen den Kanal zu einem optimalen Überwinterungsgewässer für *L. minuta*. Beobachtungszeitraum: (9/1990)3/1991–3/1992; Probeentnahme jeweils gegen 11 Uhr an Wochenenden.

4.1.1 Vegetation

Die Wasserlinsendecke ist im Sommer geschlossen – 1991 von Juni bis November – und bis 2 cm dick; im Winter stellen- und zeitweise lückig. Fast immer dominiert *L. minuta*, nur selten und ganz lokal *L. minor*. An Hydrophyten gedeihen in der Nähe *Callitriche obtusangula* und *Elodea nuttallii*.

4.1.2 Wassertemperatur und Größe der Sproßglieder von *L. minuta* (Abb. 3)

Ungünstige Wuchsbedingungen führen bei dieser Art zur Entwicklung kleiner, dicklicher Sproßglieder, die mit Lufthöhlen ausgefüllt sind (LANDOLT 1979, 1986; DIEKJOBST



1983; WOLFF 1991). Für Abb. 3 wurde an je 26 Exemplaren das mittlere Produkt aus Länge x Breite ermittelt.

Die Verlaufskurve zeigt einen ausgeprägten Gipfel Ende Juni und einen Tiefpunkt Ende Dezember. Die Temperaturkurve läuft ihr um einen Monat voraus. Danach sieht es eher so aus, als ob die Tageslänge die Größenverhältnisse steuern würde. Langsam abnehmender Lichteinfall könnte für die Wasserlinsen ungünstig sein. Dazu kommt wohl der intraspezifische Konkurrenzdruck der dichter aufeinander rückenden Sproßglieder. Die Periode der zurückgehenden Individuengröße (Juli – Dezember) entspricht – mit einer leichten anpassungsbedingten Verzögerung – in etwa der Zeit des dichtesten Schlusses der Wasserlinsendecke (Juni – November).

4.1.3 Leitfähigkeit, Gesamthärte und Chloridgehalt (Abb. 3)

Diese Parameter zeigen Minima im Spätsommer/Frühherbst und Maxima zu Jahresende. Die Leitfähigkeit wird v.a. von den Härtebildnern beeinflusst, kaum hingegen vom Chlorid. Dies läßt auf einen nur geringen Abwasseranteil schließen.

4.1.4 Orthophosphatgehalt (Abb. 3)

Er schwankt häufig und geringfügig zwischen 0.08–0.16 mg/l. Phosphat- und Temperaturkurve zeigen einen ähnlichen Verlauf.

4.1.5 Ammoniumgehalt (Abb. 3)

Über die ansonsten geringen Variationen (0.06–0.14 mg/l) ragt der Peak von Anfang August 1991 mit 0.34 mg/l weit hinaus. Da einerseits auch das Phosphat hier sein Maximum hat, andererseits aber das Chlorid eher zurückgegangen ist, scheidet ein Abwasserstoß wohl aus.

4.1.6 pH-Wert

Er schwankt rhythmisch zwischen 7.5 und 8.6 mit 3 Peaks im Untersuchungszeitraum. Die etwas verschobene Gegenläufigkeit zur Temperaturkurve dürfte eher zufällig entstanden sein, angesichts des tatsächlich viel rascheren Wechsels des pH-Wertes.

4.2. Rheinzabern (Pfalz, Rheinebene, Niederterrasse)

Probepunkt: Graben SE des Ortes, parallel zur B9, SE Kieswerk, unterhalb Aufn. 87 in Tab. 2, *Lemnetum trisulcae*. 1.4 m breit, Wasser langsam fließend bis fast stehend, klar bis leicht getrübt; Grundwasser über humosem Lehm. Umgebung aus Wiesen, Brachen, Äckern, Ufergehölz; Belastung allenfalls episodisch durch Landwirtschaft. Beobachtungszeitraum: 5/1991–7/1992; Probeentnahme jeweils am frühen Nachmittag, meistens sonntags.

4.2.1 Vegetation (Tab. 6)

Die submersen Hydrophyten sind von Mai bis August optimal entwickelt. Höhepunkt ist der Juni als Blütezeit des dann raumfüllend-dominierenden *Potamogeton berchtoldii*. Erst nach dem Absterben der Sprosse und der Turionenbildung dieses Laichkrauts im September beginnt die Wasserlinsendecke, sich zu schließen. In diesem Monat erreichte *L. trisulca* 1991 ihre höchste Deckung, und *L. minor* dominierte ausnahmsweise über *L. minuta*. Von Oktober bis Dezember beherrscht dann letztere das Bild. An untergeordneten Hydrophyten ist *Elodea canadensis* ganzjährig zu finden, während *Callitriche obtusangula* und *Hottonia palustris* ein ausgeprägtes sommerliches Maximum entwickeln.

Tabelle 6

Rheinzabern

Datum	28-4-91	26-5-91	30-6-91	4-8-91	1-9-91	6-10-91	2-11-91	22-12-91	1-2-92	21-3-92	25-4-92	8-6-92	12-7-92
Temperatur °C		13.3	15.8	18.6	14.0	12.3	5.3	8.0	3.4	10.7	14.7	15.7	17.0
Wassertiefe (cm)		40	45	42	25	37	30	86	57	46	40	35	30
pH		7.3	7.3	7.2	7.3	7.4	7.4	7.4	7.7	7.7	7.4		
Leitfähigkeit $\mu\text{S}/20^\circ\text{C}$		573	559	668	623	832	643	795	686	707	648	648	598
Gesamthärte dH		17.9	17.9	17.6	14.3	24.4	20.0	25.0	20.8	22.2	19.9		
Cl ⁻ (mg/l)		26	26	43	42	49	27	34	30	30	28		
NH ₄ -N (mg/l)		0.04	0.05	0.10	0.10	0.14	0.10	0.08	0.05	0.05	0.07		
PO ₄ -P (mg/l)		0.013	0.027	0.050	0.24	0.095	0.020	0.015	0.010	0.005	0.02		
Algen	1	5	2	+							5	3	5
Makrophyten %	60	70	100	95	100	100	95	70	8	20	60	90	80
Wasserlinsendecke %	<1	1	2	30	100	100	95	70	3	1	1	1	5
<i>Lemna minuta</i> (DSubass.)	+1	+2	+2	2.4	3.4	5.5	5.5	4.5	1.4	+2	+2	+2	1.3
<i>Lemna minor</i> (OC)	+1	+2	+2	2.3	4.4	2.3	2.2	2.2	+2	+2	+1	+2	1.3
<i>Lemna trisulca</i> (AC)	+2	1.3	1.3	2.4	4.5	2.4	2.3	1.1	r.1	r.1	+1	+2	1.2
<i>Spirodela polyrrhiza</i> (dVar.)				r.1	r.1	r.1							+2
<i>Potamogeton berchtoldii</i>	4.5	4.5	5.5!	5.5	*2.3	*+2	*+1			2.5	4.5	5.5	4.5
<i>Elodea canadensis</i>	+2	+2	+2	1.3	2.3	2.3	2.3	+2	1.3	1.3	2.3	2.3	2.3
<i>Callitriche obtusangula</i>	+3	1.3	1.3!	3.3!	2.3	*r.1	*r.1°			r.2°	+2	+2	+2°
<i>Hottonia palustris</i>	r.1	+2!	+2	+2	+2	*+1	*+1		*r.1	r.1	r.1	+2	r.1
<i>Potamogeton crispus</i>		r.1	r.1!								(r.1)	(r.1)	(r.1)

Legende: * abgerissen treibend | blühend

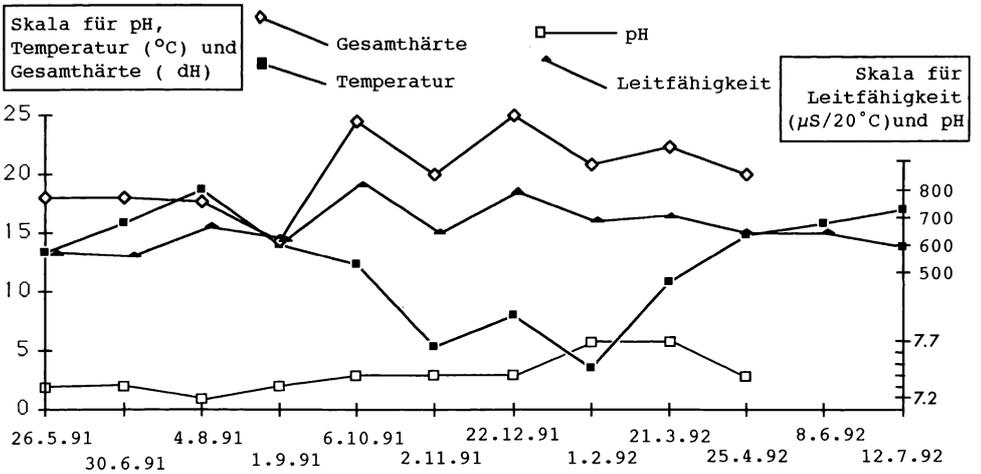
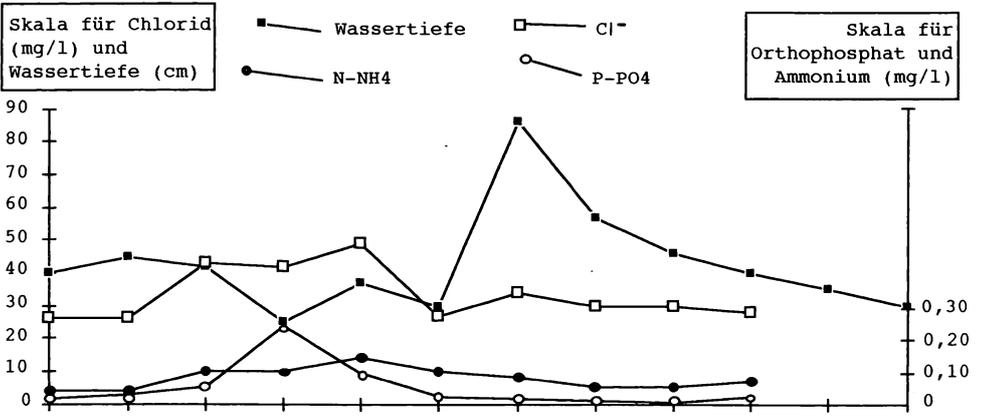


Abb. 4: Jahreszeitliche Verläufe von 8 Wasserparametern am Probepunkt Rheinzabern (Pfalz).

4.2.2 Temperatur (Abb. 4)

Das Jahresmaximum liegt Anfang August, das Minimum Anfang Februar; also wie in Albersweiler, nur jeweils etwas höher.

4.2.3 Mittlere Wassertiefe, Leitfähigkeit und Gesamthärte (Abb. 4)

Sie zeigen vergleichbare Verläufe, wenn auch die Amplituden etwas variieren. Auffällig ist die stark erniedrigte Gesamthärte Anfang September. Die Maxima liegen Anfang Oktober sowie im Dezember. Die Leitfähigkeitskurve ähnelt, mit einem Vorlauf von 1 Monat, der von Albersweiler.

4.2.4 pH-Wert, Chlorid- und Ammoniumgehalt (Abb. 4)

Der pH-Wert schwankt nur minimal (7.2–7.7). Wie in Albersweiler zeigt er sich von Januar bis März erhöht. Chlorid- und Ammoniumgehalt variieren ebenfalls nur mäßig bis gering, mit erhöhten Werten von August bis Oktober.

4.2.5 Orthophosphatgehalt (Abb. 4)

Für den extremen Peak Anfang September kann keine schlüssige Erklärung gegeben werden. Käme ein äußerer Eintrag als Ursache in Betracht, müßte das korrespondierend auch bei anderen Parametern erkennbar sein, wie das Anfang Oktober bei Leitfähigkeit, Gesamthärte, Chlorid, Ammonium und Phosphat der Fall ist. Wenn der Extremwert im September aus dem Abbau der großen Biomasse von *Potamogeton berchtoldii* im August in Verbindung mit dem Tiefststand des Wasserpegels resultieren sollte, müßte man erwarten, daß das ziehende Wasser die freiwerdenden Phosphatmengen verdünnt, wie das beim Ammonium der Fall zu sein scheint. Am Tag der Probenahme war allerdings keine Wasserbewegung erkennbar. Die entsprechende Kurve des *Lemnetum trisulcae* bei POTT (1980) zeigt ebenfalls nur im August-September erhöhte Werte. Jedenfalls hat weder hier noch in Albersweiler die Massenentwicklung der Lemmen den Phosphatgehalt des Wassers vermindert, wie das anderswo häufig beobachtet wurde (z.B. KLOSE 1963).

Offenbar ist es überhaupt viel schwieriger, Verlaufskurven in – wenn auch nur langsamen – Fließgewässern zu interpretieren als etwa in stehenden Kleingewässern (vgl. WOLFF & ORSCHIEDT 1993). Wenn anthropogener Eintrag nicht in Frage kommt, ist man bei der Suche nach Ursachen weitgehend auf Vermutungen angewiesen.

4.3 Weitere Dominanzbestände von *L. minuta*

Von den nicht so regelmäßig untersuchten Probestellen sollen die 3 bemerkenswertesten kurz erwähnt werden.

4.3.1 Gießengraben NE Altlußheim (Baden, Rheinaue)

Ein von Natur aus klarer, grundwasserreicher Bachgraben, dessen Degradierung zum Abwasserkanal sich anhand der Wasseranalysen und der Vegetationsveränderungen nachweisen ließ:

	29.3.1991	26.7.1991	3.10.1991
NH ₄ -N (mg/l)	0.04	0.25	0.36
PO ₄ -P (mg/l)	0.02	0.09	0.05
Gesamthärte (dH)	27.9	22.3	23.5

Chronologie der Beobachtungen und Ereignisse:

- 29.3.1991: Die Vegetation entspricht noch der Aufnahme vom 6.10.1990 (Tab. 2, Sp. 82) und zeigt, wie auch die Wasseranalyse, ein sauberes, sehr hartes Wasser.
- Juni 1991: Ein Landwirt leitet oberhalb der Probestelle den Inhalt von Klärgruben in den Bach ein.
- 26.7.1991: Versechsfachung der Ammonium- und Phosphatfracht. Die Wasserlinsen haben noch keinen Schaden erlitten, aber *Callitriche obtusangula* und *Elodea canadensis* sind fast völlig verschwunden. Das Wasser ist ± trüb.
- 3.10.1991: Der Phosphatwert ist zurückgegangen, der des Ammoniums weiter angestiegen. Jetzt ist auch *L. trisulca* ausgefallen.
- 8.6.1992: Es gibt fast keine Wasserlinsen mehr und nur noch wenig Wasserstern, dagegen viel *Potamogeton pectinatus* und Algen.

Die Vegetation hat sich also innerhalb eines Jahres grundlegend gewandelt und besteht nur noch aus Verschmutzungszeigern bzw. verschmutzungstoleranten Arten. Offenbar ist in der Zwischenzeit weiterhin Gülle oder ähnliches eingeleitet worden.

4.3.2 Altrhein „Alte Sandlach“ N Frei-Weinheim (Rheinessen, Rheinaue)

Von 1990–93 ist dieser Altarm nicht mehr vom Rheinhochwasser erfaßt worden. Dadurch konnte sich auch hier ein bedeutendes Überwinterungs-Refugium für *L. minuta* und *A. filiculoides* entwickeln. Die gegenüber Albersweiler stärkeren Wasserstandsschwankungen werden durch die fehlende Strömung und wohl auch durch das noch mildere Klima ausgeglichen. Die Aufnahme (Tab. 2, Sp. 109) enthält mit 9 *Lemnetea*-Arten die höchste bisher in Mitteleuropa festgestellte Zahl. In der Alten Sandlach kam 1992 der wohl ausgedehnteste Bestand von *L. minuta* mit *A. filiculoides* am Oberrhein vor. Die größte *L. minuta*-Fläche ohne *A. filiculoides* kennen wir aus dem Kanalsystem bei Rhinau S Strasbourg.

4.3.3 Otter-Bach in Neupotz (Pfalz, Rheinaue)

Anfang November 1991 war die 2 Monate vorher aufgenommene Wasserlinsendecke an den Ufern des Bachs (Tab. 2, Sp. 19) restlos verschwunden. Dieses Beispiel zeigt, daß in rasch fließenden Gewässern die Bestände von *L. minuta* fortgespült werden, sobald die als Halt für ihre Wurzelanker fungierenden Hydrophyten zerfallen. Dies ist auch der Grund, warum in der Erft, trotz hinreichender Wassertemperatur, die Wasserlinsen zum Winter hin regelmäßig verschwinden. Bei relativ früh einziehenden *Potamogeton*-Arten kann der Abbau bereits im September einsetzen. Populationen der zäheren *Elodea*-Arten halten sich entsprechend länger. Eventuelle erste Hochwässer schon im Frühherbst beschleunigen das Abdriften der Wasserlinsen noch. Solche Wuchsstellen mit nur vorübergehenden *L. minuta*-Decken bilden somit den Gegenpol zu den ganzjährig individuenreichen Überwinterungs-Refugien.

5. Die Periodizität der Lemnetea-Arten und -Gesellschaften

Mehrjährige Beobachtungsserien am Oberrhein an den 7 häufigsten *Lemnetea*-Arten ergaben für alle eine ausgeprägte jahreszeitliche Periodizität. Die Dauer, Intensität und zeitliche Lage des Vorkommens innerhalb der Vegetationsperiode erwies sich als artspezifisch (s. Abb. 5). Die Kurven zeigen ein mittleres Verhalten. Es kann je nach Standort etwas variieren.

5.1 Das Verhalten der einzelnen Arten

Lemna turionifera:

Bei dieser frühesten Art steigen die Turionen schon ab März an die Wasseroberfläche auf und treiben normale Sproßglieder aus. Der Höhepunkt der Entwicklung fällt in den Juni/Juli. Ab August entwickeln sich die ersten Turionen für den nächsten Winter und sinken allmählich auf den Grund des Gewässers. Im November sterben die letzten Sproßglieder an der Oberfläche ab.

Spirodela polyrrhiza:

Diese zweite turionenbildende Art in Mitteleuropa verhält sich ähnlich. Auf- und Abstieg der Amplitude der Sproßglieder-Entwicklung liegen ca. 2 Wochen später als bei *L. turionifera*. Das Optimum erreicht die Teichlinse im Juli/August.

Lemna trisulca:

Die Art hat ihr Optimum ebenfalls im Hochsommer. Sie bleibt aber aufgrund ihrer submersen Lebensweise auch im Winter in geringen Mengen ohne Formveränderung präsent.

Lemna minor:

Diese häufigste Art erreicht den Höhepunkt ihrer Populationsentwicklung im August/September. Sie bildet bei uns keine erkennbare Winterform aus und ist ganzjährig zu finden; am seltensten im Februar.

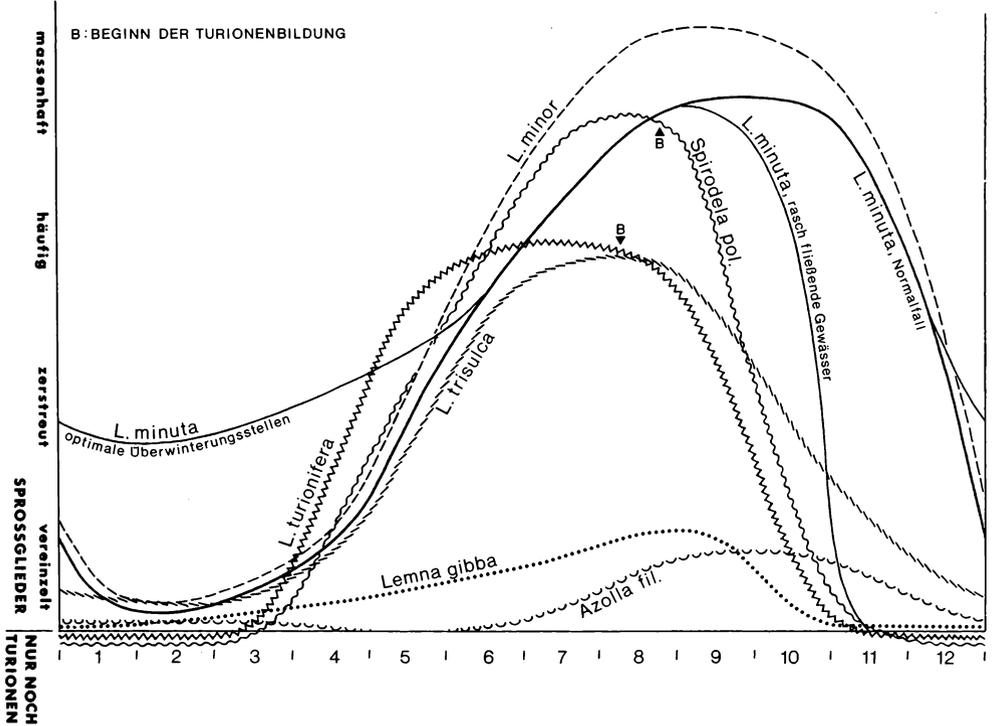


Abb. 5: Jahreszeitlicher Entwicklungsverlauf der 7 häufigsten *Lemneta*-Arten im Oberrheingraben (Menge und Verbreitung kombiniert).

Lemna gibba:

Die Buckellinse erreicht im August ihre höchste Partialdeckung. Schon im September/Okttober verschwindet sie ziemlich rasch. Ihre kompakte und flache Winterform überdauert nur in wenigen Einzelexemplaren.

Lemna minuta:

Im Hinblick auf den Jahreszyklus gibt es hier 3 Varianten:

- 1) An optimalen Überwinterungsstellen mit geringer Wasserbewegung, mäßigen Pegelschwankungen und wintermildem Klima zeigt die Art eine ganzjährig hohe Deckung, mit einem Maximum im Frühherbst und einem schwachen Minimum im Winter.
- 2) Der häufigste Fall findet sich in kühleren, stehenden bis ziehenden Gewässern oder an ruhigeren Uferpartien schneller fließender Gewässer, mit z.T. erheblichen Pegelschwankungen. Maximum und Minimum stimmen mit der ersten Variante überein; aber im Januar/Februar sind nur noch Einzelexemplare am Leben
- 3) In rasch fließenden Gewässern wird das Deckungsmaximum hingegen schon im August/September erreicht. Nach dem Zerfall der Hydrophyten und dem damit verbundenen Verlust der Verankerung werden die Wasserlinsen restlos weggeschwemmt.

Azolla filiculoides:

Der Algenfarn ist wie bei den ersten beiden Varianten von *L. minuta* im September/Okttober (November) am individuenreichsten. Im Winter und Frühjahr ist er selten zu finden. Er wurde aber schon ausnahmsweise im Mai als neue Generation beobachtet (PHILIPPI 1969).

5.2 Gültigkeitsbereich

Die Kurven der Abb. 5 zeigen die Verhältnisse in Südwestdeutschland. In anderen Regionen muß mit Abweichungen gerechnet werden. So waren nach unveröffentlichten Aufnahmen von v. d. WEYER aus dem Niederrheinischen Tiefland (Schwalm-Nette-Platte) noch im Dezember 1990 und Januar 1991 Sproßglieder von *Spirodela polyrrhiza* zu finden, sowie bis März 1991 reichlich *A. filiculoides* und massenhaft *L. minuta*. Hier scheint die Winterruhe weniger ausgeprägt zu sein. Je weiter die Vergleichsstellen entfernt sind, um so mehr verschieben sich die Verhältnisse. So erreicht *A. filiculoides* in Mittelfrankreich erst nach dem herbstlichen Rückgang von *L. minuta* ihr Optimum (FELZINES & LOISEAU 1991). In 2 uns freundlicherweise mitgeteilten Dauerquadraten von LANDOLT (briefl. 1993) aus Kalifornien erreicht *L. minuta* ihre maximale Deckung schon von Juli bis September, *L. turionifera* erst im September.

5.3 Auswirkungen auf die Assoziationsbestände

Die zeitlich versetzte Entwicklung mancher *Lemnetea*-Arten hat zur Folge, daß deren optimal entwickelte Bestände nur relativ kurzzeitig bestehen und aufgenommen werden können. Außerdem kommt es öfter vor, daß am selben Wuchsort sich 2 Syntaxa im Verlauf eines Jahres ablösen (s. auch SCHWABE-BRAUN & TÜXEN 1981). An der Bioindikation der Assoziationen und deren Subassoziationen ändert dies jedoch nichts, da sich die Toleranzbereiche ohnehin überschneiden.

Das sich am spätesten entwickelnde *Azollo filiculoidis*-*Lemnetum minusculae* hat also die Möglichkeit, die zeitliche Nische zwischen dem Einziehen der *L. turionifera*-Gesellschaft, des *Spirodeletum polyrrhizae* oder des *Lemnetum gibbae* einerseits und dem Wintereinbruch andererseits zu besetzen.

Auch am Oberrhein konnten wir vereinzelt solche Vorgänge verfolgen. Ein Dauerquadrat an der Kanalschleuse SE Mechttersheim (Pfalz) zeigte die in Tab. 7 dargestellte Entwicklung.

Die 1991 beobachtete Ablösung des *Lemnetum gibbae* durch ein *Azollo filiculoidis*-*Lemnetum minusculae* blieb demnach 1992 aus. Möglicherweise behinderten die dichten Massen des Hornblatts diesen Wechsel.

Zumindest am Oberrhein, in der Pfalz, im Saarland und an der Erft, wo wir am regelmäßigsten beobachten konnten, erwiesen sich solche Aufeinanderfolgen zweier Gesellschaften aber eher als Ausnahmen. In der Regel blieben die nach dem Einziehen von *L. gibba*, *L. turionifera* oder *Spirodela polyrrhiza* freiwerdenden Wasserflächen unbesetzt, oder der Wind schob *L. minor* hinein (WOLFF & ORSCHIEDT 1993). Umgekehrt blieben an der Erft und anderen Fließgewässern mit starker Strömung die ufernahen Wasserbereiche vor der Entwicklung des *Azollo filiculoidis*-*Lemnetum minusculae* leer.

Daß sich *Lemnetea*-Gesellschaften innerhalb einer Vegetationsperiode ablösen können, ist auch aus der Literatur bekannt. In wärmerem Klima können sogar 3 *Lemnetea*-Dominanzbestände aufeinander folgen, z.B. in Kalifornien (LANDOLT 1986).

6. Die Ökologie von *Lemna minuta*

6.1 Methoden

Leitfähigkeit und pH-Wert wurden mit gängigen WTW-Geräten ermittelt. Die hydrochemischen Daten wurden teils mit Analysesätzen der Firma Merck (Aquamerck, Aquaquant), teils spektralphotometrisch mit Hilfe des HACH-Geländekoffers gewonnen. Die Wasserproben wurden entweder sofort untersucht oder für die spätere Analyse eingefroren. Wasserbewegung und Transparenz haben wir geschätzt.

Tabelle 7: Beispiel einer zeitlichen Abfolge zweier *Lemnetea*- Gesellschaften

	4.8.1991	3.10.1991 (Tab.2,Sp.108)	22.8.1992, 26.9.1992
<i>Lemna gibba</i>	<u>5.5</u>	+1	2.2
<i>Lemna minuta</i>	+2	<u>5.5</u>	+2
<i>Spirodela polyrrhiza</i>	r.1	+1	1.2
<i>Lemna turionifera</i>	+2	r.1	r.1
<i>Lemna trisulca</i>	r.1	r.1	.
<i>Riccia rhenana</i>	.	+2	.
<i>Lemna minor</i>	2.2	2.2	3.4
<i>Ceratophyllum demersum</i>	2.2	2.3	<u>5.5</u>

6.2 Meßergebnisse

Tab. 8 zeigt die für den Ober- und Niederrhein zusammengefaßten Bereiche und Mittelwerte in den Beständen des *Azollo filiculoidis*-*Lemnetum minusculae*, jeweils ergänzt durch die Amplituden sämtlicher Vorkommen von *L. minuta* der Tabellen 2 und 3, als Artcharakteristik.

Ein Vergleich der Standortverhältnisse zwischen Ober- und Niederrhein ist nur bedingt möglich, da vom Oberrhein 3–4mal so viele Meßwerte vorliegen wie vom Niederrhein. Die Gegenüberstellung der Mittelwerte in Tab. 4 (Kap. 3.2.4) läßt aber vermuten, daß am Oberrhein pH, Leitfähigkeit und Ammoniumgehalt niedriger liegen, der Orthophosphat- und Chloridgehalt dagegen höher als am Niederrhein. Dementsprechend dürfte die ökologische Charakteristik der Syntaxa in beiden Gebieten etwas voneinander abweichen, zumal die Typen der Siedlungsgewässer etwa gleich häufig vertreten sind.

Ein Vergleich unserer Meßwerte vom Niederrhein mit denen aus der Westfälischen Bucht bei POTT (1980, 1981) wird dadurch erschwert, daß seine zahlreichen Meßwerte aus nur 1–2 Gewässern pro Assoziation stammen, und weil er letztere z.T. etwas anders abgrenzt. Auch die auf SCHWABE-BRAUN & TÜXEN (1981) zeitlich folgenden Arbeiten orientieren sich nicht konsequent an deren System, was eine ökologische Parallelisierung manchmal unmöglich macht.

Nach LÜÖND (1983) liegen die zwischen südlichem Oberrhein und Poebene gemessenen unteren Grenzwerte von Gesamtstickstoff und Orthophosphat in den Gewässern mit *L. minuta* bei 0.18 bzw. 0.012 mg/l und damit zwischen denen für *L. gibba* und für *Spirodela polyrrhiza* bzw. *L. minor*. Den Grenzwert für Orthophosphat können wir durch eigene Messungen bestätigen.

Tabelle 8: Meßdaten an *Lemna minuta*- Wuchsstellen

		Bereiche	Mittelwert M	M aus n Werten
pH	Assoz.	6.9-8.9	7.8	105
	Art	6.7-8.9		
Leitfähigkeit ($\mu\text{S}/20^\circ$)	Assoz.	255-1516	604	114
	Art	243-1516		
Gesamthärte (dH)	Assoz.	5.7-23.9	12.3	82
	Art	4.9-28.7		
NH ₄ -N (mg/l)	Assoz.	0-1.88(7.0)	0.69	85
	Art	0-1.88(7.0)		
PO ₄ -P	Assoz.	0.02-1.36(2.2)	0.31	85
	Art	0.01-1.36(2.2)		
Cl ⁻ (mg/l)	Assoz.	(15)36-95(132)	62	84
	Art	(15)36-95(141)		

6.3 Ökologische Charakterisierung der Assoziation

Für alle in Tab. 8 dargestellten oder sonstwie erfaßten Parameter lassen sich die Ergebnisse beim *Azollo filiculoidis*-*Lemnetum minusculae* wie folgt zusammenfassen (immer als Vergleich mit den übrigen *Lemnetea*-Gesellschaften):

Das Wasser ist viel öfter fließend bis ziehend als unbewegt, und wenn stehend, dann oft stark beschattet; beides bedingt relativ niedrige Wassertemperaturen trotz meist nur mäßiger Gewässertiefe. Es ist fast immer basisch und nur selten schwach sauer, meistens mittelhart bis hart und nur selten weich, sowie von mittlerem bis hohem Elektrolytgehalt. Es ist eutroph und nur selten mesotroph, sauber bis mäßig (nur selten stark) verschmutzt. Es kann klar oder trüb sein. Die saisonale Entwicklung vollzieht sich meist sehr spät (Optimum September/Okttober). Die Wuchsorte sind häufig rein anthropogen (Kanäle, Schleusen etc.); die Gewässer sind klein bis mittelgroß bzw. langgestreckt.

Auch im Loire-Becken gehören Schattentoleranz und relativ schlecht erwärmbare Wohngewässer zu den Charakteristika der Assoziation (FELZINES & LOISEAU 1991). Experimentelle Untersuchungen von LANDOLT (1957) bestätigen ebenfalls, daß *L. minuta* von allen in Mitteleuropa verbreiteten Wasserlinsen, die Schwimmdecken bilden, die stärkste Beschattung erträgt. CARBIENER & ORTSCHKEIT (1987) fanden die Art innerhalb der Grundwasserbäche des Elsaß nur in den floristisch-ökologischen Abschnitten D und E, was (stark) eutrophen Verhältnissen entspricht. – Die Beständigkeit eines ungewöhnlichen Vorkommens in einem oligotrophen Quellablauf im Pfälzerwald von nur 75–95 µS muß noch beobachtet werden.

Die ausgeprägte Rheophilie der Assoziation beruht auf folgenden Eigenschaften der beiden namengebenden Arten:

1) Sie zeigen hohe vegetative Vermehrungsraten, die die Abdriftverluste zumindest aufwiegen; bei *L. minuta* experimentell bestätigt (LÜÖND 1980) und während der ganzen Vegetationsperiode wirksam; bei *A. filiculoides* wohl nur im Herbst und auch räumlich begrenzt, dann aber verstärkt durch ihre Fähigkeit, Wasserlinsen zu überwachsen.

2) *L. minuta* weist kleine, dünne Sproßglieder mit relativ langen Wurzeln auf, was dem Druck und Zug des Wasserstroms wenig Angriffsfläche bietet.

3) *A. filiculoides* ist beidseitig schwer benetzbar und liegt nur punktuell der Wasseroberfläche direkt auf.

Von anderen emersen Wasserlinsen findet man in dieser Assoziation noch am häufigsten *L. minor*, die sich in rasch strömenden Gewässern ebenfalls an Rhizophyten festhakt. Nach POTT (1992) kann sich aber selbst die submerse *L. trisulca* so verhalten.

Die Assoziationen des *Lemnion gibbae* bilden nach unserem gesamten (z.T. unveröff.) Material die folgende Reihe abnehmender Trophie der Wohngewässer:

Lemnetum gibbae > *Spirodeletum polyrrhizae* > *Azollo filiculoidis*-*Lemnetum minusculae*.

6.4 Ökologische Charakterisierung der Art

L. minuta beteiligt sich, wenngleich seltener, auch an anderen *Lemnetea*-Gesellschaften; an denen des *Lemnion trisulcae* sogar oft als Dominante (s. Tab. 2). Deshalb finden sich in Tab. 8 zusätzlich die Meßergebnisse von allen Vorkommen der Art. Sie überschreiten die Grenzen der Assoziation nicht oder nur geringfügig. Allenfalls bei der Gesamthärte ergeben sich nennenswerte Abweichungen nach unten durch das *Ricciatum fluitantis* sowie nach oben durch das *Lemnetum trisulcae* und das *Ricciatum rhenanae* mit ihren jeweiligen Ausbildungen mit *L. minuta*.

Für die ökologische Charakterisierung der Art ergeben sich – gegenüber der Assoziation – folgende Erweiterungen: häufig auch in Stillgewässern sonniger Lagen; öfter auch in sauberem und klarem Wasser, dieses (weich-) mittelhart-hart (-sehr hart).

6.5 Vergleich mit der Ökologie von *Lemma turionifera*

Nur diese Art soll als Beispiel dienen, weil einerseits vor WOLFF & MANG (1991), WOLFF & JENTSCH (1992) und WOLFF & ORSCHIEDT (1993) über deren Standortverhältnisse in Europa fast nichts bekannt war, und weil sie sich andererseits ökologisch und jahreszeitlich als Antagonist zu *L. minuta* verhält.

Für *L. turionifera* gilt: Wasser fast immer stehend und gut erwärmbar; meist eu-, manchmal mesotroph und überwiegend sauber; Gewässer ± klein, meist naturnah und ungestört; saisonale Entwicklung sehr früh (Optimum Juni/Juli). Dagegen unterscheiden sich die Bereiche der meßbaren Parameter nicht wesentlich von denen der *L. minuta*-Gewässer, bis auf die im Schnitt etwas höhere Gesamthärte.

6.6 Vergleich mit Kulturversuchen

LÜÖND (1980) hat an Kulturen in Erlenmeyer-Kolben festgestellt, daß die Vermehrungsrate von *L. minuta* bei N-Konzentrationen über 0.122 mg/l schon etwas abnimmt, während sie bei *Spirodela polyrrhiza*, *L. gibba* und *L. minor* bis zu 350 mg/l N meist noch ansteigt. Die Konkurrenzkraft spontaner *L. minuta*-Populationen ist aber noch bei viel höheren N-Gehalten ungebrochen. LÜÖND (1983) betont denn auch, daß niedrige wie hohe N- und P-Werte im Labor wie im Gelände gut vertragen werden, ähnlich wie bei *L. minor*.

Gut auf Freilandvorkommen übertragen läßt sich dagegen, daß das Längen-Breitenverhältnis bei *L. minuta* in Kultur bei steigender N-Konzentration abnimmt (LÜÖND 1980). Das erklärt die sonst nirgends beobachtete, fast kreisrunde Form am Wuchsort Limbach/Blies (Tab. 2, Sp. 34), wo das Wasser mit 6.8 mg/l die höchste aller gemessenen NH₄-N-Mengen enthielt.

6.7 Sonderfälle in den Beziehungen zwischen Standort und Vegetation

– Wo *L. minuta* innerhalb seiner Assoziation zugunsten von *L. minor* stark zurücktritt, scheinen damit gesellschaftsuntypische Standortbedingungen verknüpft zu sein, z.B. Extremwerte der Wasserparameter oder vollsonnige Lage bei stehenden Gewässern.

– Daß *L. minor* nach Verdunsten des Wassers auf feuchtem Boden weiterleben kann, ist bekannt. Auf Land gesetzte *L. minuta* vertrocknet hingegen schnell. An 3 kurz vor dem Austrocknen stehenden Gewässern konnten wir zudem beobachten, daß *L. minuta* unter dem Konkurrenzdruck von *L. minor* oder anderer sich ausbreitender Arten fast verschwand.

6.8 Vergleich mit der Ökologie von *Azolla filiculoides*

Nur die Meßwerte vom Oberrhein sind in Tab. 9 enthalten, weil lediglich von dort hinreichend Daten für einen Vergleich zur Verfügung stehen.

Danach weichen die Wasserparameter von *A. filiculoides* und *L. minuta* nicht sonderlich voneinander ab. Beschattung und Wasserbewegung sind an Wuchsstellen von *A. filiculoides* in der Regel schwächer; die Bewegung ist aber immer noch lebhafter als bei den übrigen Assoziationen.

Daß *A. filiculoides* stärker verschmutzte Gewässer bevorzugen würde, läßt sich aus unseren Daten nicht eindeutig ablesen, im Gegensatz zu Autoren aus anderen Gebieten, z.B. Frankreich (MÉRIAUX 1978, FELZINES & LOISEAU 1991) und Mittelitalien (AVENA et al. 1982). Für unsere klimatischen Bedingungen gilt wohl noch heute die Aussage von JAEGER & CARBIENER (1956) über die elsässischen Vorkommen, nämlich daß der Farn unabhängig vom Grad der Wasserverschmutzung gedeihen kann. Dies läßt auch die Tabelle in BERNHARDT (1991) erkennen.

Tabelle 9: Wasserparameter an Wuchsstellen von *Azolla filiculoides* im Vergleich zu *L. minuta*

Arten	<i>Azolla filiculoides</i> (mit u. ohne <i>L. minuta</i>)		<i>Lemna minuta</i> (mit u. ohne <i>A. filic.</i>)	
	Bereich	Mittel	Bereich	Mittel
pH	7.1-8.8	7.6	6.9-8.8(10.4)	7.6
Leitf. ($\mu\text{S}/20^\circ\text{C}$)	(294)411-1403	675	255-1403	609
Gesamthärte (dH)	6.4-16.8(28.7)	12.4	4.1-28.7	13.2
NH ₄ -N (mg/l)	0-0.8(5.2)	0.48	0-1.88(6.8)	0.39
PO ₄ -P (mg/l)	0.02-1.43(4.4)	0.43	0.01-1.3(2.2)	0.27
Cl ⁻ (mg/l)	(29)50-180	88	(15)30-124(180)	68

7. Zur Berechtigung einer *Lemna minuta*-Assoziation

Im Folgenden soll der Frage nach der Berechtigung einer *L. minuta*-Assoziation generell sowie der nach der Möglichkeit, das *Lemno minusculae*-*Azolletum filiculoides* Felzines & Loiseau 1991 auch für Mitteleuropa zu übernehmen, nachgegangen werden.

7.1 Bedingungen der Assoziations-Definition

– Zur Charakterart: Da Wasserlinsenbestände innerhalb des *Lemnion gibbae* nach der dominierenden Art charakterisiert werden, muß dies konsequenterweise auch für *L. minuta* gelten. Sie kommt in Mitteleuropa überwiegend in ihrer eigenen Assoziation vor.

– Zu Unterausbildungen: Die Bestände lassen sich ebenso problemlos gliedern wie die der anderen Assoziationen. Die entsprechenden Subassoziationen vom Ober- und Niederrhein sind floristisch ganz ähnlich ausgebildet.

– Zur ökologischen Charakterisierung: Auch diese ist ausgeprägt, z.B. als einzige rheophile (besser: strömungstolerante) *Lemnetea*-Assoziation Europas.

– Zur Chorologie: Das Assoziations-Areal fällt mit dem der Art zusammen und ist klimatisch definierbar (LANDOLT 1990); für Deutschland s. Abb. 1, für Mitteleuropa kommen noch die Vorkommen in der Schweiz hinzu (Karte in LANDOLT 1989).

7.2 Berechtigung einer Neophyten-Assoziation

Neophyten-Dominanzbestände, zumal wenn sie unduldsame Herden bilden, werden oft nur als ranglose Gesellschaften gefaßt (z.B. *Solidago gigantea*-Gesellschaft, *Impatiens glandulifera*-Gesellschaft). In der Regel sind solche Arten Ubiquisten, deren Bestände sich synsystematisch nicht befriedigend gliedern lassen und die großflächig heimische Vegetation verdrängen.

Es gibt jedoch auch zahlreiche Neophyten-Assoziationen: *Cymbalarietum muralis*, *Che-nopodio-Oxalidetum fontanae*, *Bromo-Corispermetum leptopteri* u.a. Sie erfüllen die Assoziationsbedingungen und verdrängen indigene Vegetation nur in geringem Maße. Dasselbe gilt für *L. minuta*, die überwiegend unbesetzte Nischen ausfüllt, und zwar ökologisch (Fließgewässer, beschattete Gewässer, eutrophiertes Wasser) wie auch zeitlich (Herbst-Optimum) und strukturell (in kleine Lücken innerhalb von *Lemnetea*-Decken passen häufig nur noch einzelne *L. minuta*-Individuen).

Nach DOSTÁL (1984) war *A. filiculoides* in Mitteleuropa bis zum Mindel-Riß-Interglazial einheimisch.

7.3 Bisherige soziologische Bewertung von *Lemna minuta* und *Azolla filiculoides*

7.3.1 *Lemna minuta*

Die Art findet sich im weltweiten Synsystem der *Lemnetea* von LANDOLT (1986) – zusammen mit *L. gibba* und *A. filiculoides* – als VC seines *Lemnion gibbae* (d.h. ohne das *Spirodeletum polyrrhizae*). Er geht dabei von den ursprünglichen, also amerikanischen *L. minuta*-Vorkommen aus.

POTT (1992) führt die Art für Deutschland als KC/OC.

7.3.2 *Azolla filiculoides*

Hier klaffen die verschiedenen Ansichten weit auseinander. Die Art wird angesehen als KC: VAHLE (1990) in PREISING; KC/OC in POTT (1992); VC: *Lemnion gibbae* sensu LANDOLT (1986); VC: *Lemno minoris-Salvinion natantis*; darin DG einer Dominanzgesellschaft (POTT 1992). AC: *Lemno-Azolletum filiculoidis* Br.-Bl. ex Br.-Bl. et al. 1952 für Südfrankreich (eingeschränkt von SEGAL 1965 auch für die Niederlande: WESTHOFF & DEN HELD 1975), zusammen mit *Jussiaea grandiflora*. MÜLLER (1973) in OBERDORFER (1977) weist jedoch – v.a. im Hinblick auf MÜLLER & GÖRS (1960) – darauf hin, daß man die mediterranen Verhältnisse nicht auf Mitteleuropa übertragen kann. AC: *Lemno minusculae-Azolletum filiculoidis* Felzines & Loiseau 1991, zusammen mit *L. minuta*; AC: *Wolffio-Lemnetum gibbae* Bennema 1943, zusammen mit *L. gibba* und *Wolffia arrhiza* (SCHAMINÉE 1988); D Subass.: im *Spirodelo-Lemnetum minoris* (Oberrhein, PHILIPPI 1969); D Subass.: im *Lemnetum gibbae* und *Lemnetum trisulcae* (Nordfrankreich, MÉRIAUX 1978); d Variante: in verschiedenen Syntaxa, so am häufigsten (z.B. MÜLLER 1973 in OBERDORFER 1977; SCHWABE-BRAUN & TÜXEN 1981; AVENA et al. 1982); und zwar als Neophyt, Herbstaspektbildner, Verschmutzungs- oder Wärmezeiger.

7.4 Soziologisches Verhältnis beider Arten zueinander in Mitteleuropa

Am Oberrhein konnten wir die Affinitäten der häufigsten *Lemnetea*-Arten zu *L. minuta* und zu *A. filiculoides* abschätzen. Als Affinität definieren wir den Quotienten aus n Aufnahmen mit gemeinsamen Vorkommen zur relativen regionalen Häufigkeit der Vergleichsart, wobei wir diese nach einer zehnteiligen Skala geschätzt haben (z.B. *Lemna minor* 10, *Riccia rhenana* 3). Es ergaben sich die folgenden Affinitäten:

- zu *L. minuta*: *L. minor* > *Spirodela polyrrhiza* > *L. gibba* > *A. filiculoides* > *L. trisulca* > *L. turionifera* > *Riccia rhenana*;
- zu *A. filiculoides*: *Spirodela polyrrhiza* > *L. gibba* > *L. minuta* > *L. minor* > *L. trisulca* > *L. turionifera*.

In diesen beiden Reihen stehen die 2 Arten also erst an 4. bzw. 3. Stelle zueinander.

Soweit wir vor Ort und in der Literatur gesehen haben, liegen die Verhältnisse in West- und Norddeutschland ähnlich (s. z.B. unsere Tab. 3 sowie Tab. 2 in BERNHARDT 1991; nach ihm hat auch in Nordwestdeutschland *A. filiculoides* die höchste Affinität zu *Spirodela polyrrhiza*).

Auf der Ebene der Assoziationen kommt *A. filiculoides* am Oberrhein mit folgenden Steigtigkeiten vor: im *Spirodeletum polyrrhizae* 33%, im *Azollo filiculoidis-Lemnetum minusculae* 25%, im *Lemnetum trisulcae* 18%, im *Riccietum rhenanae* 15% und im *Lemnetum gibbae* 8%.

Trotzdem ist die ökologische Übereinstimmung zwischen *L. minuta* und *A. filiculoides* am Oberrhein noch recht gut (Kap. 6.8). Entscheidend für ihr gemeinsames Vorkommen ist wohl ihre optimale Anpassung an Fließgewässer und ihre Hauptentwicklung im Spätsommer und Herbst.

7.5 Die Situation in Westeuropa

In Frankreich ist die Bindung beider Arten aneinander offenbar wesentlich enger, wie aus FELZINES & LOISEAU (1991) hervorgeht (s. auch SIMON 1991). Der Hauptgrund liegt wohl in der dort viel häufigeren und stabileren Einbürgerung von *A. filiculoides*, bedingt durch das v.a. im Winter mildere Klima als in Mitteleuropa. Auch in Großbritannien besiedeln beide Arten häufig die gleichen Gewässer, jedoch oft zeitlich und räumlich versetzt (LESLIE & WALTERS 1983, LAST 1990, OLIVER 1991, BRIGGS 1992).

Seit dem Auftreten von *A. filiculoides* in der Warmwasserstrecke der Erft hat sich innerhalb dieser azonalen Wärmeinsel eine ähnlich hohe Bindung der beiden Arten aneinander ergeben. Allerdings erfüllt die Art wegen der zu kurzen Beobachtungszeit im Gegensatz zu *L. minuta* noch nicht das Einbürgerungskriterium.

Vergleicht man die hydrologischen Verhältnisse im Gebiet der Originaltabelle mit denen am Oberrhein, so zeigen sich weitere Unterschiede, die sich wohl ebenfalls auswirken (Tab. 10):

Tabelle 10: Standortunterschiede zwischen Loire-Allier-Becken und Oberrheinebene

	Mittl. Loire/Allier*	Oberrheinebene
Hochwässer im	Herbst und Winter	Frühsommer und Winter
optimale Entwicklung der Assoziation im	Sommer (später vom Hochwasser weggespült)	Spätsommer und Herbst
bevorzugter Standorttyp	Rinnen im Hochwasserbett	verschieden, eher außerhalb des Überflutungsbereiches
Eindeichung	einseitig-unterbrochen, Allier: fehlend	beidseitig und durchgehend

* aus FELZINES & LOISEAU (1990, 1991) sowie J.C. FELZINES brieflich 1992.

7.6 Konsequenzen für die Synsystematik

Was den Assoziationsrang betrifft, so ist an dessen Berechtigung und den 2 Charakterarten *L. minuta* und *A. filiculoides* in Mittelfrankreich nicht zu zweifeln. In Mitteleuropa läßt sich dagegen nur *L. minuta* als AC sichern. *A. filiculoides* läßt hier die nötige soziologische Treue vermissen. Wir haben sie bisher nie in der Typischen Subassoziation gefunden. Man kann ihr deshalb bei uns nur den Status einer Differentialart der artenreicheren Subassoziations-Gruppe geben. Daß der Farn in der Erft unabhängig von der sonstigen Artenkombination auftritt, liegt an den beschriebenen anomalen hydrologischen Verhältnissen.

Die Assoziation als solche akzeptieren wir jedoch. Die Begründung für die Inversion ihres ursprünglichen Namens haben wir bereits in Kap. 3.1.1 gegeben.

Die Synsystematik ist mit der Integration von *L. minuta* und *L. turionifera* in die europäische Vegetation notwendigerweise komplizierter geworden. Dies gilt v.a. für die Ebene der Subassoziationen, zu denen 9 neue hinzugekommen sind:

im *Lemnetum gibbae* Miy. & J. Tx. 1960:

– *lemnetosum minutae* subass. nova

im *Spirodeletum polyrrhizae* Koch 1954 em. Tx. & Schwabe ex Tx. 1974:

– *lemnetosum turioniferae* Wolff & Jentsch 1992

– *lemnetosum minutae* subass. nova

im *Azollo filiculoidis*-*Lemnetum minusculae* Felzines & Loiseau 1991 nomen inversum :

– *typicum* subass. nova

– *lemnetosum gibbae* subass. nova

– *lemnetosum turioniferae* subass. nova

im *Lemnetum trisulcae* Den Hartog 1963 em.:

– *lemnetosum gibbae* Wolff & Jentsch 1992 (unabhängig von den beiden neuen Arten)

– *lemnetosum turioniferae* Wolff & Jentsch 1992

– *lemnetosum minutae* subass. nova.

WOLFF & ORSCHIEDT (1993) hatten *L. turionifera* unterhalb der Assoziationsebene noch als Differentialart einer ranglosen Ausbildung betrachtet. Nachdem aber feststeht, daß die Art seit mindestens 1965 in Mitteleuropa vorkommt und die Stabilität ihrer Populationen zunehmend deutlicher wird, haben wir sie mit WOLFF & JENTSCH (1992) – bei entsprechenden Deckungsverhältnissen – als Subassoziations- und Varianten-Differentialart aufgewertet (das Mschr. WOLFF & ORSCHIEDT war älter!).

7.7 Zur Bioindikation der Assoziation und von *L. minuta* als Art

Wasserlinsen scheinen auf den ersten Blick optimal geeignet zu sein, ihre Wohngewässer zu bewerten, weil sie bei allen Stoffwechselvorgängen ausschließlich vom umgebenden Wasser abhängen und weil sie sich, da sie einjährig, klein und mobil sind, schnell auf eintretende Veränderungen einstellen können. Rhizophyten dagegen reagieren, v.a. wenn sie groß und mehrjährig sind, viel weniger deutlich und nur mit Verzögerung.

Einschränkungen ergeben sich für die *Lemnetea*-Arten und -Assoziationen aber durch ihre Verdriftbarkeit. Erfahrungsgemäß werden sie jedoch nur unter extremen und leicht erkennbaren Bedingungen in Wasserqualitäten gespült, die von ihrem Ursprungsgewässer abweichen, so z.B. bei Hochwasser oder in Flußunterläufen mit dauernd starker Wasserführung. Die Erfahrungen am mittleren Oberrhein, wo solche Hochwasserereignisse auftreten, zeigen, daß nur ganz bestimmte Wasserlinsengesellschaften von einer solchen Gewässerdynamik profitieren (vgl. SCHWARZER 1992). Das *Azollo filiculoidis*-*Lemnetum minusculae* ist optimal an solche „Störungen“ angepaßt und ist neben dem *Spirodeletum polyrrhizae* die am weitesten verbreitete Wasserlinsengesellschaft in den Augewässern des mittleren Oberrheins.

Weitere Einschränkungen ergeben sich aus der genetischen Variabilität der Arten (LAN-DOLT 1986), der regionalen Begrenzung der Indikationsmöglichkeit aufgrund unterschiedlicher standörtlicher und klimatischer Rahmenbedingungen (SCHWARZER 1992), sowie aus der möglicherweise noch nicht abgeschlossenen Ausbreitung und Stabilisierung des ökologisch-soziologischen Anschlusses der Neophyten.

Bei der Interpretation der Bioindikationseignung einzelner Arten oder Gesellschaften muß gesagt werden, daß bis heute zu großer Wert darauf gelegt wird, Zusammenhänge zwischen Wasserchemismus und Verbreitung der Arten zu suchen, die zweifellos auch vorhanden sind. Allerdings ist der Wasserchemismus nur ein (leicht meßbarer) Teil des komplexen Wirkungsgefüges, dem die nicht wurzelnden Hydrophyten unterliegen. Man interpretiert aber immer nur die Faktoren, die man auch erfaßt bzw. analysiert hat, ohne zu bedenken, daß andere, nicht wahrgenommene Einflußfaktoren die tatsächlich gemessenen Parameter überlagern und in ihrer Bedeutung relativieren können. Wie schwierig oftmals auch längerfristig-regelmäßige, aber punktuelle wasserchemische Untersuchungen im Einzelfall zu interpretieren sind, zeigen die jahreszeitlichen Verläufe an ausgewählten Stellen (s. Kap. 4).

Gerade bei Lemnaceen und anderen nicht wurzelnden Hydrophyten sind verbreitungsbestimmende Faktoren wie Konkurrenzverhalten, Gründereffekt und Ausbreitungsökologie ungenügend erforscht (vgl. KEDDY 1976). Laborversuche sind oft nicht auf Freilandverhältnisse übertragbar, so daß hier immer noch große Wissenslücken bestehen.

Durch unsere Untersuchungen hat sich trotzdem gezeigt, daß die Assoziationsbestände der *L. minuta* unter Bedingungen vorkommen, die sich als Ganzes gut von denen der übrigen *Lemnetea*-Gesellschaften abgrenzen lassen, v.a., wenn das Bezugsgebiet nicht zu groß gewählt

wird. Dies zeigen z.B. die viel engeren Amplituden der Loirewasser-Parameter (FELZINES & LOISEAU 1991). Daß unsere Analysenergebnisse ziemlich stark streuen, hängt eben mit dieser großen regionalen und typologischen Verschiedenheit der Gewässer zusammen.

Wie gut sich *Lemnetea*-Arten, auch *L. minuta*, als Bioindikatoren innerhalb eines begrenzten Fließgewässernetzes eignen, konnte SIMON (1991) zeigen. Für das Becken der oberen Somme (Nordfrankreich) hat er festgestellt, daß die zunehmende Eutrophierung des Wassers korreliert ist mit der jeweiligen Partialdeckung der Arten in folgender Reihenfolge:

L. trisulca < *L. minor* < *L. minuta* < *A. filiculoides* < *L. gibba* < *Wolffia arrhiza*.

PHILIPPI (1969) dagegen bestreitet ganz allgemein eine ökologische Aussagekraft von Wasserlinsen-Gesellschaften. Da er am Oberrhein nur 2 entsprechend weit gefaßte Assoziationen unterschieden hatte, mußte er zwangsläufig zu diesem Ergebnis kommen.

Danksagungen

Wir bedanken uns herzlich bei

Prof. Dr. E. LANDOLT, Zürich, für seine *Lemna*-Bestimmungen, anregende briefliche Diskussionen und großzügige Literaturbeschaffung;

Prof. Dr. R. MUES, Saarbrücken, für die dünnschichtchromatographische Überprüfung kritischer *Lemna*- und *Riccia*-Populationen;

Prof. Dr. S. JOVET und Dr. H. BISCHLER, Paris, für die morphologische und cytologische Bestimmung von *Riccia*-Proben;

Frau E. HANCK, Trier, für die cytologische Absicherung von *Riccia*-Kulturergebnissen;

Prof. Dr. Dr. H.E. WEBER, Osnabrück-Vechta, für Korrekturen und wertvolle Erläuterungen zur soziologischen Nomenklatur;

für Hinweise auf *Lemna*-Vorkommen, Unterstützung bei der Geländearbeit und/oder Literaturbeschaffung: U.W. ABTS, Krefeld; Dr. E. DÖRR, Kempten; Dr. F.G. DUNKEL, Würzburg; R. ENGEL, Saverne; Dr. E. FOERSTER, Kleve; V. FRÖHLICH, Neustadt/Weinstr.; B. HAUSTEIN, Xanten; Dr. W. LANG, Erpolzheim; Prof. Dr. G. PHILIPPI, Karlsruhe; Dr. H. LORENZ und Frau L. ROSENAU, Mainz; Dr. A. WEHRMAKER, Stuttgart; K. v. d. WEYER, Nettetel.

Ergänzungen zu Tabelle 2

(Reihenfolge:) Sonstige Arten. – Quadrant, Ort, Gewässertyp, Substrat, Aufnahmedatum.

Sp. 1: 6816/1, S Sondernheim, Seitenarm des S. er Altrheins, schwarzer organischer Schlamm, 5. 9. 1990. Sp. 2: 7712/1, NW Niederhausen, Mündung Leopoldskanal, lehmiger Sand, 24. 9. 1990. Sp. 3: 7612/4, NW-Rand Wittenweier, Teich, Humus über Lehm, 22. 7. 1991. Sp. 4: 7811/3, W Burkheim, S-Ende der Schlute W „Steingrien“, Humus über tonigem Lehm, 29. 7. 1991. Sp. 5: *Butomus umbellatus* 1. – 7811/2, NW Wyhl, Grienwasser oberhalb Brücke, Fluß, Lehm, 22. 9. 1990. Sp. 6: 8011/2, W Oberrimsingen, Teich oberhalb Bootshafen, Humus über Lehm, 23. 9. 1990. Sp. 7: 6816/3, NE Neupotz, weierähnlicher Altarm im „Nollgrund“, schwarzer organischer Schlamm, 13. 9. 1990. Sp. 8: 6816/3, E Leimersheim, „Karlskopf“, durchflossener Altarm, Ton, 1. 9. 1990. Sp. 9: 6915/2, SE Jockgrim, Schlute nahe Scherpfgraben, schwarzer organischer Schlamm, 13. 9. 1990. Sp. 10: 6316/3, SW Hofheim, Altrhein, N Wegdamm, lehmiger Sand, 13. 10. 1990. Sp. 11: 6816/1, N Dettenheim, Kolk im „Schopfert“ nahe Pfinzkanal, Geröll, 3. 10. 1990. Sp. 12: 6816/3, SE Neupotz, weierähnlicher Altarm im „Nollgrund“, schwarzer organischer Schlamm, 13. 9. 1990. Sp. 13: *Najas marina* +. – 6316/3, SW Hofheim, Altrhein, S Wegdamm, Lehm, 12. 10. 1991. Sp. 14: 7214/1, N Söllingen, Kanal zwischen Rheinniederungskanal und Rheinseitengraben, 20. 7. 1991. Sp. 15: 6816/1, W Rußheim, Rheinniederungskanal, NW-Seitenarm, Beton, 12. 6. 1991. Sp. 16: 7312/4, SSW La Wantzenau, Brunnenwasser du Salmenkopf, Altrhein, 10. 10. 1985. Sp. 17: 7015/1, N Neuburg, Graben SE Bahnlinie, Schilfhumus über tiefem organischem Schlamm, 31. 8. 1991. Sp. 18: 6816/1, NW Dettenheim, Kanal, Lehm, 11. 8. 1990. Sp. 19: 6815/4, Neupotz, Otter-Bach an der Kläranlage, Lehm und Ausbausteine, 1. 9. 1991. Sp. 20: *Polygonum hydropiper* (2). – 6714/3, Albersweiler, Kanal E Straßenbrücke Ortsmitte, Lehmschlamm, 1. 12. 1990. Sp. 21: 7612/4, NW-Rand Wittenweier, breiter Graben, Humus über Lehm, 22. 7. 1991. Sp. 22: 7312/2–4, SW La Wantzenau, SE Mühle, Ill (Fluß), 10. 10. 1985. Sp. 23: 7213/4, W Greffern, Altrhein, 12. 10. 1985. Sp. 24: 6616/4, NW Siegelhain, Schlute parallel Rhein, Ton, 3. 10. 1991. Sp. 25: *Lysimachia nummularia* 3. – 6516/4, NW Altrip, Altarm parallel Rhein, W-Ende, lehmiger Ton, 25. 7. 1991. Sp. 26: 6714/3, Albersweiler, Kanal, W Straßenbrücke Ortsmitte, Lehmschlamm über lehmigem Feinsand, 22. 7. 1990. Sp. 27: 7312/4, SW La Wantzenau, Steingiessen, Grundwasserbach, 10. 10. 1985. Sp. 28: *Galium elongatum* (+). – 6516/4, WNW Altrip, Seitenkanal zum

Rehbach, 23. 7. 1990. Sp. 29: *Vaucheria* sp. 1. – 7313/3, NW Honau, Gießen, 12. 10. 1985. Sp. 30: 6714/3, Albersweiler, Kanal E Ort, Lehmschlamm und Ausbausteine, 22. 7. 1990. Sp. 31: *Agrostis stolonifera* 2. – 7213/2, W Greffern, Rheinseitenkanal (Drainagekanal), Geröll, 25. 8. 1991. Sp. 32: 6816/3, SW Leimersheim, Kolk, Humus über Lehmschlamm, 15. 6. 1991. Sp. 33: 8211/1, W Steinstadt, Rhein, E-Ufer, lehmiger Sand mit Geröllen sowie Ausbausteine, 23. 9. 1990. Sp. 34: *Agrostis stolonifera* +. – 6609/4, N Limbach bei Homburg, Mühlgraben, sandiger Blies-Auelehm mit kleinen Geröllen sowie Ausbausteine, 19. 7. 1992. Sp. 35: 7213/2, SE Drusenheim, Giessen bei Brücke, 10. 10. 1985. Sp. 36: 6816/1, S Sondernheim, Bucht des S-er Altrheins, schwarzer organischer Schlamm, 6. 9. 1990. Sp. 37: 6916/1, WNW Eggenstein, Weiher zwischen Rhein und Albkanal, schwarzer organischer Schlamm, 31. 7. 1990. Sp. 38: 6916/1, WSW Eggenstein, NSG „Bodensee“, weiherartiger Altrhein, schwarzer organischer Schlamm, 13. 8. 1990. Sp. 39: 6709/4, E Blieskastel, Blies (Fluß), Schlamm über sandigem Auelehm, 30. 8. 1992. Sp. 40: 7213/2, SE Drusenheim, Giessen parallel Rhein, nahe Fähre, 10. 10. 1985. Sp. 41: *Cladophora* sp. 1. – Südlich (40). Sp. 42: 6816/1, W Eggenstein, isolierte Altrheinbucht zwischen Bodensee und Albkanal, schwarzer organischer Schlamm, 2. 8. 1990. Sp. 43: 6616/4, NNW Altlußheim, Kothlachgraben, Ton, 3. 10. 1991. Sp. 44: 6816/3, WNW Linkenheim, ruhige Altrheinbucht, Ton, 2. 8. 1990. Sp. 45: 6915/2, N Wörth, Altrhein SW Raffinerie, Ton, 1. 11. 1991. Sp. 46: *Vaucheria* sp. +. – 7015/1, NW Au, Altrhein, 12. 10. 1985. Sp. 47: *Mentha aquatica* +, *Cladophora* sp. 1. – 7213/2, ENE Drusenheim, Giessen, 10. 10. 1985. Sp. 48: 7312/4, SSW La Wantzenau, Steingiessen, 10. 10. 1985. Sp. 49: 6816/1, W Dettenheim, NSG „Königssee“, weiherartiger Altrhein, Ufer, Fallaub, 9. 8. 1990. Sp. 50: *Myriophyllum verticillatum* +, *Chara fragilis* r. – 7911/1, SW Burkheim, Waldschlüt S Kiesbaggersee, Bach, ruhige Bucht, Schlamm über Geröll, 23. 9. 1990. Sp. 51: 7213/2, ENE Drusenheim, Stillwasserbereich eines Giessen, 10. 10. 1985. Sp. 52: *Vaucheria* sp. 2, *Spirogyra* sp. 1. – 7015/1, NW Au, Altrhein, 12. 10. 1990. Sp. 53: *Sagittaria sagittifolia* r. – 7111/4, NW Weisweil, Altrhein, SW Brücke, Lehm, 22. 9. 1990. Sp. 54: 6816/3, SE Leimersheim, weiherartiger Altrhein nahe Fähre, Ton, 30. 7. 1990. Sp. 55: 6916/1, SW Leopoldshafen, Teich in der „Niederau“, schwarzer organischer Schlamm, 19. 7. 1990. Sp. 56: 7114/2, E Seltz, Sauer (Fluß), Lehmschlamm über Sand mit Geröllen, 5. 10. 1991. Sp. 57: 6816/3, SE Neupotz, weiherartiger Altarm im „Nollgrund“, schwarzer organischer Schlamm, 13. 9. 1990. Sp. 58: Wie (48), etwas unterhalb. Sp. 59: 7412/4, N Marlen, Blinde Elz (Fluß), Lehmschlamm über Geröll, 21. 7. 1991. Sp. 60: *Oenanthe fluviatilis* ?+ – 7512/3, S Plobsheim, Plan d'eau, Kiesbaggersee mit Rheinverbindung, 7. 9. 1985. Sp. 61: 6915/2, SE Jockgrim, rheinnahe Schlute beim Scherpfgraben, Ton, 13. 9. 1990. Sp. 62: 6916/1, SE Neupotz, rheinnahe Schlute, schwarzer organischer Schlamm, 26. 7. 1990. Sp. 63: 6816/3, NW Linkenheim, verlandender Graben am „Mittelgründloch“, kühl, schwarzer organischer Schlamm, 2. 7. 1990. Sp. 64: Wie (58), unterhalb. Sp. 65: *Sagittaria sagittifolia* (1). – 7213/2, E Drusenheim, Seitenarm der Moder (Fluß), Schlamm über Geröllen, 29. 9. 1991. Sp. 66: 6816/1, E Hördt, rheinnahe Schlute, Sand, 10. 9. 1990. Sp. 67: 7712/3, W Niederhausen, Innerer Rhein (Fluß), Lehm, 24. 9. 1990. Sp. 68: 7612/3, NW Kappel, Taubergießen (Fluß), Lehm mit Geröllen, 9. 7. 1990. Sp. 69: 6316/3, SW Hofheim, Altrhein, N Wegdamm, Lehm und Ausbausteine, 13. 10. 1990. Sp. 70: 7114/4, E Neuhaeusel, Moder (Fluß), Ausbausteine, 24. 9. 1990. Sp. 71: 7512/4, W Meißenheim, durchströmter Altrhein, Lehmschlamm über Geröllen, 22. 7. 1991. Sp. 72: 7114/4, SE Neuhaeusel, Rhein-Drainagekanal, Ausbausteine, 24. 9. 1990. Sp. 73: 6816/3, W Leopoldshafen, nahe Pfinz-Entlastungskanal, schmaler Altrheinarm in der „Schwabenlach“, schwarzer organischer Schlamm, 1. 8. 1990. Sp. 74: 7412/4, W Marlen, Altrhein, organischer Schlamm über Lehm, 21. 7. 1991. Sp. 75: 7114/2, NW Wintersdorf, Altrhein, sandiger Lehm mit Geröllen, 20. 7. 1991. Sp. 76: *Ranunculus rionii* r, Polygonum mite 1. – 6516/4, NW Altrip, Altarm parallel Rhein, E-Teil, Faulschlamm über tonigem Lehm, 25. 7. 1991. Sp. 77: 6816/1, SE Sondernheim, Großer Auwaldteich, Lehm, 1. 9. 1991. Sp. 78: *Potamogeton lucens* 1, *Oenanthe aquatica* +. – 6616/4, NW Altlußheim, W Siegelhain, Teich im Verlauf der „Oder“, Rohhumus über Lehm, 6. 9. 1991. Sp. 79: 7015/2, E Neuburg, östlicher Altrhein, Rohhumus über Lehm mit Geröllen, 30. 6. 1991. Sp. 80: *Scrophularia neesii* +, *Cladophora* sp. 1. – 7312/4, S La Wantzenau, Giessen am Bois de la Robertsau, 10. 10. 1985. Sp. 81: Wie (80), aber ohne „Sonstige Arten“. Sp. 82: 6617/3, NNE Altlußheim, Gießengraben, Lehm, 6. 10. 1990. Sp. 83: 6716/1, E Heiligenstein, Ziegeleigrubenteich, organischer Schlamm über Ton, 11. 10. 1984 u. 23. 6. 1985. Sp. 84: *Scrophularia neesii* 1, *Cladophora* sp. +. – Sonst wie (80). Sp. 85: 6816/3, WNW Linkenheim, Graben nahe Rheinniederungskanal, kühl, schwarzer organischer Schlamm, 25. 8. 1990. Sp. 86: 7812/1, SW-Rand Weisweil, Gießen, sandiger Lehm und Steine, 24. 9. 1990. Sp. 87: 6815/4, ESE Rheinzabern, Grabeneinmündung SE Kieswerk, Ton, 20. 10. 1985. Sp. 88: Wie (87), W davon, W-E-Graben. Sp. 89: 6816/3, SW Neupotz, verlandender Kolk, „Im alten Dorf“, schwarzer organischer Schlamm, 12. 9. 1990. Sp. 90: 7712/3, NW Niederhausen, Gießen, Gerölle, 24. 9. 1990. Sp. 91: 6416/1, E Roxheim, breite Wasserrinne, humoser Sand, 29. 7. 1990. Sp. 92: 7015/2, E Neuburg, westlicher Altrhein, S-Ende, organischer Schlamm, 19. 10. 1985. Sp. 93: 6816/3, W Linkenheim, Verbindungsgraben zwischen östlichem Herrenwasser und Rheinniederungskanal, kühl, schwarzer organischer Schlamm, 6. 7. 1990. Sp. 94: 6816/1, S Sondernheim, Teich, schwarzer organischer Schlamm, 7. 9. 1990. Sp. 95: *Vaucheria* sp. 1. – 7213/2, W Greffern, altrheinähnlicher Gießen, 12. 10. 1985. Sp. 96: 6915/2, N Wörth, W Hafen, E-Ende Schlute, Schlamm über Lehm mit Geröllen, 1. 11. 1991. Sp. 97: 6915/2, N Wörth, W Hafen, E-Ende Altrhein, Ausbausteine, 1. 11. 1991. Sp. 98: *Potamogeton natans* (r). – 6915/2, N-Rand Wörth, Heilbach, Gerölle mit Lehm, 19. 10. 1985. Sp. 99: 6915/2, N Wörth, W Hafen, E-Ende Altrhein, 6. 10. 1991. Sp. 100: 6816/3, W Dettenheim, Teich im „Nackfeld“, Torf, 9. 8. 1990. Sp. 101: 6915/4, SE Maximiliansau, kolk-

ähnlicher Teich, Sand und Gerölle, 1. 11. 1991. Sp. 102: 6816/1, S Dettenheim, breite Wasserrinne, Lehm, 12. 6. 1991. Sp. 103: Wie (63). Sp. 104: *Amblystegium humile* r. – 7612/3, NW Kappel, NSG „Taubergießen“, weierartiger Altrhein, Humus über Lehm und Geröllen, 22. 7. 1991. Sp. 105: *Chara contraria* (2), *Amblystegium riparium* 1. – 7512/2, NW Altenheim, weierartiger Altrhein, Rohhumus über Lehm mit Geröllen, 22. 7. 1991. Sp. 106: 7413/1, SW Kork, Panzergraben, sandiger Lehm mit Geröllen, 8. 7. 1990. Sp. 107: 7911/2, SW-Rand Burkheim, Graben N Fahrweg, sandiger Lehm mit Geröllen, 23. 9. 1990. Sp. 108: 6716/1, SE Mechtershheim, Kanalschleuse, Faulschlamm über Lehm bzw. Beton, 3. 10. 1991. Sp. 109: 6014/1, NE Frei-Weinheim (=Ingelheim-Nord), Altrhein „Alte Sandlach“, grauer humoser Ton-schlamm, 7. 9. 1991. Sp. 110: 6816/1, E Sondernheim, Ziegeleigrubenteich, Ton, 15. 7. 1990. Sp. 111: 6615/3, N Speyerdorf, Wasserloch im Wald, Humus über lehmigem Sand, 9. 8. 1992. Sp. 112: *Typha latifolia* juv. 1, *Alisma plantago-aquatica* juv. 1. – 6615/3, N Speyerdorf, neuer Teich, sandiger Ton, 9. 8. 1992. Sp. 113: 6716/1, E Heiligenstein, NW-Ecke des nordwestlichsten Ziegeleigrubenteichs, Humus über Ton, 11. 10. 1984. Sp. 114: 6816/1, NW Rußheim, S-Teil des NSG „Rußheimer Altrhein“, weierartiger Alt-arm, schwarzer organischer Schlamm, 13. 8. 1990.

Ergänzungen zu Tabelle 3

(Reihenfolge): Sonstige Arten. – Quadrant, Ort, Gewässertyp, Substrat, Aufnahmedatum.

Sp. 1: 3314/3, Hase E Wulfen, Ufer SW Brücke, Fluß, Ausbausteine bzw. lehmiger Feinsand, 10. 8. 1991. Sp. 2: 4103/4, E Emmerich, Löwenberger Landwehr, E Schleuse, S-Ufer, Kanal, grauer Auelehm, 11. 9. 1992. Sp. 3: 4103/4, SE Emmerich, W Segelflugplatz, Schlute, Auelehm, 11. 9. 1992. Sp. 4: *Acorus calamus* 3. – 4104/3, NW Bienen, Bienener Altrhein, E-Ufer, Sand und Gerölle, 11. 9. 1992. Sp. 5: 4204/2, zw. Rees und Haffen, Reeser Altrhein, N Brücke zum Eyland, grauschwarzer torfiger Ton, 5. 9. 1992. Sp. 6: *Sparganium erectum* ssp. *oocarpum* 1, *Ranunculus repens* +. – 3113/1, Dwertger Meer, E-Seite, See, 18. 10. 1992. Sp. 7: *Juncus effusus* +, *Spirogyra* sp. 4. – 3113/1, Dwertger Meer, S-Seite, See, 18. 10. 1992. Sp. 8: 3413/2, Hase E Heeke, unterhalb Wehr, Fluß, 22. 10. 1992. Sp. 9: *Rorippa amphibia* juv. +. – 4102/4, N Rindern, Kolk E Drususdeich, stark humos-lehmiger Sand, 11. 9. 1992. Sp. 10: *Carex pseudocyperus* 1. – 4603/3, NW Lobberich, Kleiner De Witt-See, NW-Ecke, Fallaub und Faulschlamm über lehmigem Sand, 6. 9. 1992. Sp. 11: 4803/2, S Rheindalen-Garrison, Eichhof-Teich, Ufer am Mönch, lehmiger Sand mit Geröllen, 12. 9. 1992. Sp. 12: 3514/1, Groß Wittfelder Ort, Hohe Hase, Bach, 22. 10. 1992. Sp. 13: 3413/2, SE Bersenbrück, zw. Hof Husmann u. Gut Twiestel, Hase, Fluß, 22. 10. 1992. Sp. 14: 3413/2, Bersenbrück, Wehr am SE-Rand, Hase, Fluß, 22. 10. 1992. Sp. 15: *Sparganium erectum* ssp. *erectum* 2. – 4204/1, S Millingen, Verbindungsgraben zw. Hurler Meer und Millinger Meer, Brücke, organischer Schlamm über lehmigem Sand mit Steinchen, 11. 9. 1992. Sp. 16: *Callitriche* cf. *stagnalis* 1. – 4703/2, E Breyell, Graben parallel W Nette, S Brückenweg, tiefer organischer Schlamm, 6. 9. 1992. Sp. 17: 3312/2, E Quakenbrück, Überfall-Hase, Fluß, 19. 10. 1992. Sp. 18: 3213/3, S Ahausen, Essener Kanal, 23. 10. 1992. Sp. 19: 3213/3, S Farwick, Große Hase, Fluß, 23. 10. 1992. Sp. 20: *Spirogyra* sp. 3, *Sphaerotilus natans* massenhaft auf dem Gewässergrund. – 3312/1, WNW Quakenbrück, Stumborner Bach, 20. 10. 1992. Sp. 21: 3313/1, WSW Quakenbrück, Bohlenbach, 21. 10. 1992. Sp. 22: 4703/2, E Breyell, Nettebruch, N-S-Waldgraben, tiefer organischer Lehmschlamm, 6. 9. 1992. Sp. 23: 4104/3, Millingen, Hetter Landwehr an Straßenbrücke, Kanal, Lehmschlamm über Sand und Steinen, 11. 9. 1992. Sp. 24: 4702/4, NSG „Elmpter Bruch“, Fischteiche am Diergardschen Hof, S-Rand, humoser lehmiger Sand, 6. 9. 1992. Sp. 25: 3413/2, Bersenbrück, E-Rand, Straßenbrücke, Hase, Fluß, 10. 8. 1991. Sp. 26: 4403/2, Kevelaer, N-Rand, Straßenbrücke, Niers, Fluß, stark humoser Lehm und Ausbausteine, 7. 9. 1992. Sp. 27: 3414/3, N Rieste, Tiefe Hase, Fluß, 22. 10. 1992. Sp. 28: 4702/4, NW Elmpt, N Bruch, straßenparalleler Graben, Detritus über lehmigem Sand, 6. 9. 1992. Sp. 29: 3514/1, Maschort, Tiefe Hase, Fluß, 23. 10. 1992. Sp. 30: 3413/2, E Heeke, oberhalb Wehr, Hase, Fluß, 22. 10. 1992. Sp. 31: 3414/3, WSW Neuenkirchen, Langkamp, Hohe Hase, Bach, 22. 10. 1992. Sp. 32: 3313/4, SSE Badbergen, Hase, Fluß, 23. 10. 1992. Sp. 33: *Sparganium erectum* ssp. *neglectum* 1. – 3413/2, SE Bersenbrück, Hof Husmann, Hase, Fluß, 22. 10. 1992. Sp. 34: Wie (28). Sp. 35: 4202/4, N Asperden, Asper Mühlteich, S-Ufer, Sand und Steine, 5. 9. 1992. Sp. 36: 3404/4, SSE Xanten, N Winnenthal, W. er Kanal NW L 460, lehmiger Sand mit kleinen Geröllen, 12. 9. 1992. Sp. 37: 4102/2, zw. Lobith und Elten, Grenzfluß „Die Wild“, Brücke, Sand und Steine, 9. 9. 1992. Sp. 38: 4703/2, NW Boisheim, W Nette, S Eisenbahn, ehem. Flachskuhle, Teich, Detritus über Sand und Steinen, 6. 9. 1992.

Ergänzungen zu Tabelle 5

Flächengröße je 1–2 qm. – Aufnahmen von September bis November.

Sp. 1 u. 10 (1981), 31 (1984): 4905/3, ehem. Überwinterungsgraben W Bedburg-Broich. Sp. 2: *L. minuta* als Kaltwasser-Zwergform. – (1981) 4905/3, Erft S Frimmersdorf, Wasseransammlung zwischen Gesteinsspackungen ohne Kontakt zum Flußwasser. Sp. 3: *Lycopus europaeus* +. – (1981) 4905/3, Erft S Frimmersdorf. Eb. da. Sp. 13 (1981), Sp. 29 (1984). Sp. 4: (1981) 4905/3, Erft W Frimmersdorf. Sp. 5: (1981) 4805/4,

Erft N Wevelinghoven. Sp. 6: *Scophularia neesii* +. – (1981) 4905/1, Erft SE Gustorf. Eb.da: Sp. 14 (1981). Sp. 7 (1981) u. 27 (1982): 4806/1, Erft E Reuschenberg. Sp. 8: (1981) 4905/1, Erft E Gustorf. Sp. 9: (1981) 4806/1, Erft SE Reuschenberg. Sp. 11 u. 12: (1984) 4905/1, ehem. Stillwasser mit Kontakt zur Erft NE Gustorf. Sp. 15: *Rorippa sylvestris* +. – (1981) 4905/2, Erft S Grevenbroich. Eb.da: Sp. 16 (1981) u. Sp. 22 (1982). Sp. 17 (1981) u. 41 (1992): 4905/1, Erft, Stillwasserbucht E Gustorf. Sp. 18 (1981) u. 23 (1982): 4905/4, Erft NW Bedburg-Broich. Sp. 19 u. 21 (1981), 33 (1986): 4905/3, inzwischen veränderter kleiner Altarm W Bedburg-Broich. Sp. 20: *Polygonum amphibium* +. – Sonst wie Sp. 19 u. 21. Sp. 24 (1982) u. 40 (1992): 4806/1, Erft SE Holzheim. Sp. 25: (1982) 4806/1, Erft E Holzheim. Sp. 26: *Polygonum hydropiper* +. – (1982), sonst wie Sp. 9. Sp. 28 (1982) u. 34 (1986): 4905/1, Erft N Gustorfer Mühle. Sp. 30: *Carex riparia* 1. – (1984) 4905/3, Altarm E Kaster. Sp. 32 (1984) u. 39 (1991): 4905/1, Wehrstau bei der Gustorfer Mühle. Sp. 35: (1991) 4905/3, Flachwasser im Amphibienschutzgebiet W Bedburg-Broich. Sp. 36: *Shinnersia rivularis* 2. – Sonst wie Sp. 40. Sp. 37: *Phalaris arundinacea* 1. – (1991) 4905/2, Erft W Neuenhausen. Sp. 38: (1991) 4806/1, Erft S Holzheim. Sp. 42: *Lycopus europaeus* +. – (1992), sonst wie Sp. 37. Sp. 43: *Senecio inaequidens* +. – (1992), sonst wie Sp. 8. Sp. 44: *Senecio inaequidens* +. – (1992), sonst wie Sp. 37. Sp. 45: *Scophularia neesii* +. – (1992) 5005/1, Erft N Bedburg.

Literatur

- ABTS, U.W., FRAHM, J.P. (1992): Neue und bemerkenswerte Moosfunde vom Niederrhein. – Natur am Niederrhein (N.F.) 7(1): 33–50. Krefeld.
- AVENA, G.C., BLASI, C., SCOPPOLA, A. (1982): Indagini ecologico-fitogeografiche sulle zone umide interne del Lazio. II – Sintassonomia delle comunità afferenti alla classe Lemneta minoris presenti nella Bonifica Pontina. – Annali di Botanica 40: 49–61. Rom.
- BARKMAN, J.J., MORAVEC, J., RAUSCHERT, S. (1986): Code der pflanzensoziologischen Nomenklatur. – Vegetatio 67(3): 159–173. Dordrecht.
- BERNHARDT, K.G. (1991): Zur aktuellen Verbreitung von *Azolla filiculoides* LAM. (1783) und *Azolla caroliniana* Willd. (1810) in Nordwestdeutschland. – Flor. Rundbr. 25(1): 14–19. Bochum.
- BRIGGS, J. (1992): *Lemna minuta* and *Azolla filiculoides* in canals. – B.S.B.I. News No. 60: 20. Cardiff.
- CARBIENER, R., ORTSCHAIT, A. (1987): Wasserpflanzengesellschaften als Hilfe zur Qualitätsüberwachung eines der größten Grundwasservorkommen Europas (Oberrheinebene). – In: MIYAWAKI, A., alii: Proceed. Intern. Symp. IAVS Tokyo-Yokohama 1984: 283–312. Tokio.
- CARBIENER, R., TRÉMOLIÈRES, M., MERCIER, J.L., ORTSCHAIT, A. (1990): Aquatic macrophyte communities as bioindicators of eutrophication in calcareous oligosaprobe stream water (Upper Rhine plain, Alsace). – Vegetatio 86: 71–88. Dordrecht.
- DIEKJOBST, H. (1983): Zur gegenwärtigen Verbreitung von *Lemna minuscula* Herter in der unteren Erft. – Gött. Flor. Rundbr. 17(3–4): 168–173. Göttingen.
- (1984): *Pistia stratiotes* L. und *Lemna aquinoctialis* Welwitsch vorübergehend im Gebiet der unteren Erft. – Gött. Flor. Rundbr. 18(3–4): 90–95. Göttingen.
- DOLL, R. (1991): Die Pflanzengesellschaften stehender Gewässer in Mecklenburg-Vorpommern. Teil I.2. Lemneta – Wasserlinsengesellschaften. – Feddes Repertorium 102 (3–4): 199–216. Berlin.
- DOSTÁL, J. (1984): Pteridophyta (p.p.). – In: HEGI, G. (Hrsg.): Ill. Flora von Mitteleuropa Bd. I/1. 3. Aufl. Parey, Berlin und Hamburg.
- FELZINES, J.C., LOISEAU, J.E. (1990): *Lemna minuscula* Herter, espèce nouvelle pour le bassin de la Loire. – Le Monde des Plantes No. 437: 18–20. Toulouse.
- (1991): Une association à *Lemna minuscula* et *Azolla filiculoides* dans les vallées de la Loire moyenne et du Bas-Allier. – Le Monde des Plantes No. 441: 6–9. Toulouse.
- FRIEDRICH, G. (1966): *Compsopogon hookeri* Montagne neu in Deutschland. – Nova Hedwigia 12 (3–4): 399–403. Berlin und Stuttgart.
- (1973): Ökologische Untersuchungen an einem thermisch anomalen Fließgewässer (Erft/Niederrhein). – Schriftenr. Landesanst. Gewässerk. u. Gewässersch. NW Bd. 33: 125 S. Krefeld.
- GARVE, E. (1989): Bericht von den niedersächsischen Kartiertreffen 1988. – Flor. Rundbr. 22(2): 125–134. Göttingen.
- Gewässergütekarte des Landes Nordrhein-Westfalen (1990). – Landesamt f. Wasser u. Abwasser NW. Düsseldorf.

- GILGEN, R. (1989): Beziehung zwischen Wasserqualität und Vorkommen von Lemnaceae im Häsirsied (Zürich). – Ber. Geobot. Inst. ETH, Stift. Rübel, 55: 89–130. Zürich.
- HAEUPLER, H., SCHÖNFELDER, P. (1988): Atlas der Farn- und Blütenpflanzen der Bundesrepublik Deutschland. – Ulmer, Stuttgart: 768 S.
- HARTOG, C. den (1963): Enige waterplantengemeenschappen in Zeeland. – Gorteria 1(14): 155–164. Leiden/Wageningen.
- JAEGER, P., CARBIENER, R. (1956): Les Azolla du confluent de l'ill (observations et expérimentations). – Bull. Ass. Philom. Alsace Lorr. 9(4): 183–190. Strasbourg.
- JALAS, J., SUOMINEN, J. (Hrsg.) (1972): Atlas Florae Europaeae Bd. 1 Pteridophyta. Helsinki: 121 S.
- KAPP, E., SELL, Y. (1965): Les associations aquatiques d'Alsace. 1ère partie: Strasbourg et ses environs. – Bull. Ass. Philom. Alsace Lorr. 12(1): 66–78. Strasbourg.
- KEDDY, P.A. (1976): Lakes as islands: The distributional ecology of two aquatic plants, *Lemna minor* L. and *Lemna trisulca* L. – Ecology 57: 353–359. Oxford.
- KELHOFER, E. (1915): Beiträge zur Pflanzengeographie des Kantons Schaffhausen. – Beilage zum Jahresbericht der Kantonsschule Schaffhausen auf Frühjahr 1915. Schaffhausen: 206 S.
- KLEIN, J.P., GEISSERT, F., TRÉMOLIÈRES, M., CARBIENER, R. (1990): La végétation aquatique comme test biologique de la qualité de l'eau: Exemples et problèmes de gestion. – Bull. Soc. Ind. Mulhouse No. 817(2): 91–94. Mulhouse.
- KLOSE, H. (1963): Zur Limnologie von Lemna-Gewässern. – Wiss. Zeitschr. Karl Marx-Univ. Leipzig, Math. Naturw. Reihe 12(1): 233–259. Leipzig.
- KNAPP, R., STOFFERS, A.L. (1962): Über die Vegetation von Gewässern und Ufern im mittleren Hessen und Untersuchungen über den Einfluß von Pflanzen auf Sauerstoffgehalt, Wasserstoff-Ionenkonzentration und die Lebensmöglichkeit anderer Gewächse. – Bericht Oberhess. Ges. f. Natur- u. Heilkunde zu Giessen, N.F., Nat.wiss. Abt. 32: 90–141. Gießen.
- KOCH, W. (1954): Pflanzensoziologische Skizzen aus den Reisfeld-Gebieten des Piemont (Po-Ebene). – Vegetatio 5–6: 487–493. Den Haag.
- KORNECK, D. (1959): Der Schwimmpflanzen, *Salvinia natans* (L.) ALL., an oberrheinischen Wuchsorten. – Hess. Flor. Briefe (88. Brief) 8: 389–391. Offenbach/Main.
- KREMER, B.P. (1983): Untersuchungen zur Ökophysiologie einiger Süßwasserrotalgen. – Decheniana 136(1): 31–42. Bonn.
- (1984): Rotalgen in Fließgewässern. – Natur und Museum 114(5): 135–144. Frankfurt/Main.
- LANDOLT, E. (1957): Physiologische und ökologische Untersuchungen an Lemnaceae. – Ber. Schweiz. Bot. Ges. 67: 217–410. Bern.
- (1979): *Lemna minuscula* Herter (= *L. minima* Phil.), eine in Europa neu eingebürgerte amerikanische Wasserpflanze. – Ber. Geobot. Inst. ETH, Stift. Rübel, 46: 86–89. Zürich.
- (1986): The family of Lemnaceae – a monographic study. Vol. 1: Biosystematic investigations in the family of duckweeds (Lemnaceae) (Vol. 2). – Veröff. Geobot. Inst. ETH, Stift. Rübel, Heft 71. 566 S. Zürich.
- (1989): Geographisch-ökologisches Vorkommen der Lemnaceae-Arten in der Schweiz im Rahmen ihrer Gesamtverbreitung. – Flora 182: 87–98. Jena.
- (1990): Über zwei seit kurzer Zeit in Europa neu beobachtete Lemna-Arten. – Razprave IV razreda SAZU XXXI(8): 127–135 (Festschrift E. Mayer). Ljubljana.
- LAST, B. (1990): *Lemna minuscula* in Wiltshire. – B.S.B.I. News No. 56: 9–10. Cardiff.
- LENSKI, H. (1990): Farn- und Blütenpflanzen des Landkreises Grafschaft Bentheim. – Das Bentheimer Land Bd. 120: 226 S. Bad Bentheim.
- LESLIE, A.C., WALTERS, S.M. (1983): The occurrence of *Lemna minuscula* Herter in the British Isles. – Watsonia 14: 243–248. Arbroath.
- LOISEAU, J.E., FELZINES, J.C. (1988): Nouvelles observations sur la Flore Alluviale d'Introduction dans le Bassin moyen de la Loire. – Rev. Sc. Nat. d'Auvergne 54: 15–23. Clermont-Ferrand.
- LÜÖND, A. (1980): Effects of nitrogen and phosphorus upon the growth of some Lemnaceae. – In: Biosystematische Untersuchungen in der Familie der Wasserlinsen (Lemnaceae) Bd. 1. – Veröff. Geobot. Inst. ETH, Stift. Rübel, Heft 70: 118–141. Zürich.
- (1983): Das Wachstum von Wasserlinsen in Abhängigkeit des Nährstoffangebots, insbesondere Phos-

- phor und Stickstoff. – Biosystematic investigations in the family of duckweeds (Lemnaceae) Vol. 3. – Veröff. Geobot. Inst. ETH, Stift. Rübel, Heft 80: 116 S. Zürich.
- MÉRIAUX, J.L. (1978): Étude Analytique et Comparative de la Végétation Aquatique d'Étangs et Marais du Nord de la France (Vallée de la Sensée et Bassin Houiller du Nord – Pas-de-Calais). – Doc. Phytos., N.S. III: 1–244. Vaduz.
- MIYAWAKI, A., TÜXEN, J. (1960): Über Lemnetae-Gesellschaften in Europa und Japan. – Mitt. Flor.-soz. Arbeitsgem. N.F. 8: 127–135. Stolzenau/Weser.
- MÜLLER, Th. (1973): Lemnetae R. Tx. 55 (Lemnetae minoris). – In: OBERDORFER, E. (Hrsg.) (1977): Süddeutsche Pflanzengesellschaften, Teil I: 67–77. Jena.
- MÜLLER, Th., GÖRS, S. (1960): Pflanzengesellschaften stehender Gewässer in Baden-Württemberg. – Beitr. naturkundl. Forsch. in Südw.deutschl. XIX(1): 60–100. Karlsruhe.
- NEUMANN, H. (1976): Hydrochemische Untersuchungen an der oberen und mittleren Hase (1966–1969). – Osnabrücker Naturw. Mitt. 4: 27–84. Osnabrück.
- OLIVER, J.E. (1991): Spread of *Lemna minuscula* in Wilts. 2. – B.S.B.I. News No. 58: 10. Cardiff.
- PHILIPPI, G. (1969): Laichkraut- und Wasserlinsengesellschaften des Oberrheingebietes zwischen Straßburg und Mannheim. – Veröff. Landesst. Naturschutz Landschaftspflege Bad.-Württ. 37: 102–172. Ludwigsburg.
- (1990): Salviniaceae. In: SEBALD, O., SEYBOLD, S., PHILIPPI, G. (Hrsg.): Die Farn- und Blütenpflanzen Baden-Württembergs Bd. 1, 1. Aufl.: 191–193. Ulmer, Stuttgart.
- POTT, R. (1980): Die Wasser- und Sumpflvegetation eutropher Gewässer in der Westfälischen Bucht – Pflanzensoziologische und hydrochemische Untersuchungen. – Abh. Landesmus. Naturk. Münster 42(2): 156 S. Münster.
- (1981): Ökologie und Indikatorwert von Wasserpflanzengesellschaften. – Mitt. Landesanst. Ökol., Landschaftsentw. u. Forstpl. NRW, Sonderheft Landestagungen 1980: 57–64. Recklinghausen.
- (1983): Die Vegetationsabfolgen unterschiedlicher Gewässertypen Nordwestdeutschlands und ihre Abhängigkeit vom Nährstoffgehalt des Wassers. – Phytocoenologica 11(3): 407–430. Stuttgart und Braunschweig.
- (1992): Die Pflanzengesellschaften Deutschlands. Ulmer, Stuttgart: 427 S.
- , WITTIG, R. (1985): Die Lemnetae-Gesellschaften niederrheinischer Gewässer und deren Veränderungen in den letzten Jahren. – Tuexenia 5: 21–30. Göttingen.
- RAABE, U. (1984): *Lemna minuscula* Herter auch in Westfalen. – Gött. Flor. Rundbr. 18(1–2): 42. Göttingen.
- REVEAL, J.L. (1977): Lemnaceae. – In: CRONQUIST, A., alii (Ed.): Intermountain Flora. Vascular Plants of the Intermountain West, U.S.A. Vol 6: 471–476. New York.
- (1990): The neotypification of *Lemna minuta* Humb., Bonpl. & Kunth, an earlier name for *Lemna minuscula* Herter (Lemnaceae). – Taxon 39: 328–330. Utrecht.
- RUNGE, F. (1990): Die Flora Westfalens. 3. Aufl. – Aschendorff, Münster: 589 S.
- SCHAMINÉE, J.H.J. (1988): Plantengemeenschappen van Nederland. 2. Lemnetae. – Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Intern Rapport 88/75: 20 S. Manuskript. Leersum.
- SCHWABE-BRAUN, A., TÜXEN, R. (1981): *Lemnetae minoris* W. Koch et R.Tx. (in litt. 1954) ap. R. Tx.1955. – Prodrömus der europäischen Pflanzengesellschaften. Lieferung 4: 141 S. Cramer, Vaduz.
- SCHWARZER, A. (1992): Wasserpflanzengesellschaften in Auegewässern des Oberrheins. Ein Beitrag zur biogeographischen Raumanalyse von Flußauen. – Unveröff. Diplomarbeit. 90 S. Univ. Saarbrücken.
- SIMON, M. (1991): *Lemna minuscula* Herter, espèce nouvelle pour la Somme. – Bull. Soc. Bot. Centre-Ouest, N.S. 22: 197–206. Dignac.
- SLAVNIĆ, Z. (1956): Die Wasser- und Sumpflvegetation der Vojvodina. – Zbornik Matice srpske, Nat.wiss. Serie 10: 5–72. Novi Sad.
- TÜXEN, R. (1974): Die Pflanzengesellschaften Nordwestdeutschlands. 2. Aufl., Lieferung 1. Darin: Lemnetae: 35–84. Lehre.
- VAHLE, H.C. (1990): Lemnetae Tx. 1955, Wasserlinsengesellschaften. – In: PREISING, E. (Hrsg.): Die Pflanzengesellschaften Niedersachsens; Wasser- und Sumpflpflanzengesellschaften des Süßwassers. – Natursch. u. Landschaftspf. in Niedersachsen. Bd. 20/8: 95–100. Hannover.
- WEBER, H.E. (1976): Die Vegetation der Hase von der Quelle bis Quakenbrück. – Osnabrücker Naturw. Mitt. 4: 131–190. Osnabrück.

- (1978): Vegetation des Naturschutzgebiets Balksee und Randmoore. – Natursch. u. Landschaftspf. in Niedersachsen Bd. 9. 168 S. Hannover.
- WESTHOFF, V., HELD, A.J. den (1975): Plantengemeinschaften in Nederland. 2. Aufl. Thieme, Zutphen: 324 S.
- WIEGLEB, G. (1976): Untersuchungen über den Zusammenhang zwischen Chemismus und Makrophytenvegetation stehender Gewässer in Niedersachsen. – Diss. Univ. Göttingen: 113 S.
- WOLFF, P. (1991): Die Zierliche Wasserlinse, *Lemna minuscula* Herter: Ihre Erkennungsmerkmale und ihre Verbreitung in Deutschland. – Flor. Rundbr. 25(2): 86–98. Bochum.
- , JENTSCH, H. (1992): *Lemna turionifera* Landolt, eine neue Wasserlinsen-Art im Spreewald und ihr soziologischer Anschluß. – Verhandl. Bot. Verein Berlin Brandenb. 125: 37–52. Berlin.
- , MANG, F.W.C. (1991): *Lemna turionifera* Landolt in und um Hamburg – Neues zur Verbreitung, Soziologie und Ökologie. – Ber. Bot. Verein Hamburg 12: 69–76. Hamburg.
- , ORSCHIEDT, O. (1993): *Lemna turionifera* Landolt – eine neue Wasserlinse für Süddeutschland, mit den Erstinachweisen für Europa. – *Carolina* 51: 9–26. Karlsruhe.
- , RAABE, U. (1991): *Lemna turionifera* in Westfalen. – Ber. Naturwiss. Verein Bielefeld u. Umgegend 32: 381–385. Bielefeld.

Peter Wolff
Richard Wagner-Str. 72
Dudweiler
66125 Saarbrücken

Dr. Herbert Diekjobst
Maler Vogt-Weg 10
58644 Iserlohn

Dipl.-Geogr. Arno Schwarzer
Gutenbrunnen 3
66424 Homburg

Tabelle 2, Teil 3: Aufnahmen mit Lemna minuta am Oberrhein und in der Blies

Spalte	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	
Flächengröße (qm)	2	2	2	2	3	2	2	2	1	2	2,5	2	3	2	2	2	2	2	1,5	2	2	2	2	2	2	2	2	
Wasserbewegung	s	s	z	z	f	s	f	z	z	f	f	s	z	z	z	z	s	s	z	f	f	z	f	f	f	f	z	
Wassertiefe (cm)	100	60	50	0-50	40	60	0-15	0-20	20-40	0-65	10-40	80	0-30	0-40	25-35	0-10	25-30	60-90	z	f	z	z	z	z	z	z	z	
pH	7,3	7,2	8,0	7,6	7,3	7,6/7,8	7,3/7,8	7,6-8,6	7,6/8,0	8,1	7,6/7,8	7,2	7,8	8,4	7,7	7,2-7,9	7,5	7,4	7,3-7,5	7,3-7,5	7,3-7,5	7,3-7,5	7,2	7,3	7,2	7,3	7,3	
Leitfähigkeit (µS/20°C)	644	647	708	708	462	529/745	495/552	678-847	450/557	444	677/762	716	453	459	676	400-514	923	482	751-833	751-833	751-833	751-833	747	657-722	747	657-722	747	
Gesamthärte (°dH)	7,8	11,2	12,1	18,4	9,0	11,9	11,4	17,6/18,5	10,9	9,3	10,9	11,1	9,5	9,7	14,0	10,1-14,5	26,9	11,8	22,3-27,9	22,3-27,9	22,3-27,9	22,3-27,9	22,3-27,9	22,3-27,9	22,3-27,9	22,3-27,9	22,3-27,9	22,3-27,9
NH4-N (mg/l)	0,08	0,16	0,09	0,18	0,39	0,06	0,05	0,06/1,52	0,16	0,04	0,11	0,28	0,04	n.n.	0,05	0,14-2,8	0,34	0,05	0,01-0,36	0,01-0,36	0,01-0,36	0,01-0,36	0,01-0,36	0,01-0,36	0,01-0,36	0,01-0,36	0,01-0,36	
PO4-P (mg/l)	0,17	0,23	0,02	0,13	0,33	0,04	0,04	0,31/1,00	0,24	0,07	0,12	0,45	0,05	0,02	0,06	0,01-0,13	0,02	0,04	0,04-0,09	0,04-0,09	0,04-0,09	0,04-0,09	0,04-0,09	0,04-0,09	0,04-0,09	0,04-0,09	0,04-0,09	
Cl (mg/l)	90	70	108	52	31	60	63	84/86	68	50	132	88	55	53	82	24-35	68	40	35-43	35-43	35-43	35-43	35-43	35-43	35-43	35-43	35-43	
Beschattung	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	
Algen (BR.-BL.)																												
M.deckung %	99	99	95	100	100	100	100	95	100	100	100	100	85	90	90	90	98	75	75	1	1	100	95	+	99	100	100	
VC/AC L. gibba																												
KC/AC S. polyrrhiza	2	2	+	1	1	+	+	+	3	2	1	2	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
DG L. tunonifera																												
AC L. minuta	2	2	+	5	5	5	5	4	4	4	3	2	4	4	3	4	3	2	5	5	5	5	4	2	5	5	5	
d A. filiculoides								(.)	1		r	+																
VC/AC L. trisulca																3												
AC R. rhenana																(r)												
AC R. fluit. s.str.																												
d(AC) R. natans																												
AC S. natans																												
OC L. minor	3	4	4	1	1	1	1	+	+	1	2	2	4	2	3	3	3	3	2	1	2	+	+	1	4	1	1	
Begleiter																												
C. demersum	+						1			2	+	1				3			r									
E. intestinalis														1	+													
U. vulgaris																												
H. morsus-ranae																												
U. australis																												
H. reticulatum																												
Hydrophyten																												
C. obtusangula				r	2		+	4		+	r	1		r	+				r	+		2		+		1	3	
E. nuttallii	1		+				2			4		r							+	r						1		
R. fluitans							2				3	1		r														
S. emersum*fluitans										+	2																	
P. nodosus				1						+																		
P. berchtoldii																												
M. spicatum							2			1		+																
P. pect. pectinatus																												
E. canadensis										r																		
P. pect. interruptus				+																								
P. crispus																												
E. callitrichoides												5									2	2			4			
P. trichoides												+																
R. circinatus																											4	
P. panormitanus																												
C. hamulata																												
C. platycarpa																												
F. antipyretica																												
N. mucronata																												
N. lutea																												
H. palustris																												
F. hypnoides																												
Helophyten																												
Ph. arundinacea								1																				
N. officinale								1+						3		+					+	r		1+		1+		
Ph. australis																				2	r			+				
G. maxima							1																				(1)	
M. scorpioides								1								2												
V. anag.-aquatica																												
R. amphibia																												
B. erecta					2																							
S. dulcamara																												

Tabelle 2, Teil 4: Aufnahmen mit Lemna minuta am Oberrhein und in der Blies

Spalte	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114
Flächengröße (qm)	3	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	1,5	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2,6	2	2	3
Wasserbewegung	z	s	f	z	s	z	s	z	z	z	z	z	s	s	z	s	z	s	z	s	z	f	s	s	z	z	z
Wassertiefe (cm)	20-30	70	25-40	0-50	0-15	50	6																				

Tabelle 3, Teil1: Aufnahmen mit Lemna minuta am Niederrhein und im Hase-Einzu_gsbiet

Spalte	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Flächengröße (qm)	3	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Wasserbewegung	z	z	s	s	z	s	s	f	s	s	s	f	f	f	z	z	f	f	f
Wassertiefe (cm)	0-110	0-50	0-3	10	0-20	40	30	90	0-20	0-40	0-40	80	60	50	0-40	0-20	50	120	80
pH		7,4	8,2	8,2	7,7				8,0	8,6	7,4				8,0	8,2			
Leitfähigkeit (µS/20°C)	797	487/554	625	560/612	509				546/556	795	480				570	772			
Gesamthärte (°dH)		14,3	10,9	14,4	12,4				13,7	9,3	10,5				14,4	17,6			
NH4-N (mg/l)		0,16	0,55	0,25	0,06				0,12	3,90	0,25				0,14	0,27			
PO4-P (mg/l)		0,03	0,35	0,15	0,01				0,05	0,36	0,02				0,20	0,10			
Cl (mg/l)		36	85	30	41				24	95	35				29	71			
Beschattung	-	-	-	!	-	!	!	-	!	!!	!!	!	-	-	!	-	!	-	-
Algen (BR.-BL.)	1				3	4													
Makrophyten-Deckung %	100	90	100	90	90	90	90	100	95	90	100	100	90	80	80	90	60	70	70
VC/AC Lemna gibba		5		3	r														
KC/AC Spirodela polyrrhiza	r	4		2	1														
DG Lemna turionifera		2		3	4	3													
AC Lemna minuta	+	+		r	1	+	5	3	5	5	5	5	5	4	4	4	3	3	2
d Azolla filiculoides																			
VC/AC Lemna trisulca																			
AC Riccia fluitans s.str.																			
OC Lemna minor	+	1	2	2	3			+	+	+	1	1	r	1	1	3	r	1	2
Begleiter																			
Ceratophyllum demersum	(1)	2			+			1				1		+					1
Hydrophyten																			
Callitriche platycarpa						+		1	1			3	+	1	(1)				+
Callitriche obtusangula																			
Sparganium emersum	(1)											1	1	+			1		+
Potamogeton pect. interruptus	+							3					2						1
Elodea nuttallii		4			2														
Elodea canadensis								+				1							
Nuphar lutea	1				(2)														
Potamogeton natans	1																		
Potamogeton bertholdii											r								
Potamogeton crispus																r			
Nymphoides peltata				3															
Potamogeton pect. pectinatus																			
Potamogeton panormitanus																			
Helophyten																			
Phalaris arundinacea	+	1								1			1	+					1
Glyceria maxima				3	3				2						2	1			
Urtica dioica	2												+						
Mentha aquatica				2					1						1				
Polygonum hydropiper					1	r													
Myosotis scorpioides					2														1
Agrostis stolonifera						1	2												
Glyceria fluitans						+	+												
Sagittaria sagittifolia	1																		
Lycopus europaeus				1			+												
Alisma plantago-aquatica						1	+												
Bidens cernua						+	+												
Iris pseudacorus											(+)			+					
Phragmites australis																			
Solanum dulcamara														+					

Tabelle 3, Teil2: Aufnahmen mit Lemna minuta am Niederrhein und im Hase-Einzu_gsbiet

Spalte	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38
Flächengröße (qm)	1	1	2	3	2	1	1,5	1	2	2	2	2	1	2	2	2	1,5	2	2
Wasserbewegung	f	f	s	z	s	f	f	f	z	f	z	f	f	f	z	s	s	z	s
Wassertiefe (cm)	20	40	0-25	0-20	20-35	20-100	0-60	50	15-30	50	40	40	100	80	25-40	0-50	0-5	0-60	25-50
pH			8,4	8,3	8,9		8,7		8,4						8,4	8,4	8,1	8,1	8,7
Leitfähigkeit (µS/20°C)			835	504/1006	477		768		498						498	393	597	425	801
Gesamthärte (°dH)			23,9	9,1	9,3		13,1		9,9						9,9	8,7	13,0	10,6	12,9
NH4-N (mg/l)			0,13	7,0	0,12		5,0		0,34						0,34	0,12	0,07	0,08	2,70
PO4-P (mg/l)			0,03	1,60	0,03		0,28		0,12						0,12	0,02	0,20	0,03	0,10
Cl (mg/l)			64	32	46		68		49						49	27	37	22	87
Beschattung	-	!	-	-	!!	!	-	-	!	!	-	-	-	-	!	!!	-	-	!
Algen (BR.-BL.)	3				2												4		
Makrophyten-Deckung %	90	90	100	100	100	95	98	100	100	90	90	100	60	90	100	100	80	100	98
VC/AC Lemna gibba				r	r	2	2												
KC/AC Spirodela polyrrhiza						+	2	+	3	1	+	r	+	r	1	+			5
DG Lemna turionifera																			
AC Lemna minuta	1	1	+	5	5	5	4	5	4	4	4	4	3	3	1	5	1	+	2
d Azolla filiculoides									+						5				
VC/AC Lemna trisulca															(r)				1
AC Riccia fluitans s.str.																			
OC Lemna minor	3	4	5	+	1	+	1	1	2	1	1	1	+	1	+	2	5	1	5
Begleiter																			
Ceratophyllum demersum		3					4	+		1	+		1			3			+
Hydrophyten																			
Callitriche platycarpa		+		(+)					3		3	3	3	1	2			2	
Callitriche obtusangula	+														1				
Sparganium emersum							1				1			+					
Potamogeton pect. interruptus														2					
Elodea nuttallii		1									2							2	4
Elodea canadensis	+									1									
Nuphar lutea		2																	
Potamogeton natans	+									+									
Potamogeton bertholdii											2								
Potamogeton crispus	+																		
Nymphoides peltata																			
Potamogeton pect. pectinatus							r												
Potamogeton panormitanus																			r
Helophyten																			
Phalaris arundinacea	1	+				+	2	2		1	+	2	2	1				+	
Glyceria maxima		1		(i)															2
Urtica dioica					1														