Der Standorttypieindex – ein bioindikatives Verfahren zur ökologischen Bewertung von Fließgewässern im nordostdeutschen Tiefland

The Standorttypieindex - a bioindicative method for the ecological assessment of rivers in the north-eastern lowlands of Germany

Volker Thiele und Angela Berlin

Mit 3 Abbildungen und 4 Tabellen

Schlagwörter: Trichoptera, Insecta, Makrozoobenthos, Norddeutsches Tiefland, Alte Trebel, Peene, Mecklenburg-Vorpommern, Deutschland, Jungglazial, Fließgewässer, Fließgewässerbewertung, Standorttypieindex, ökologisches Profil, ökologische Sanierung, Renaturierung

Keywords: Trichoptera, Insecta, macroinvertebrates, North-German Lowland, Alte Trebel, Peene, Mecklenburg-Western Pomerania, Germany, younger glacial, stream, river-assessment, Standorttypieindex, ecological profile, ecological restauration

In der jungglazialen Landschaft Nordostdeutschlands ist ein großer Formenschatz an Fließgewässern erhalten geblieben, deren ökologische Bewertung sich in typologischer Hinsicht relativ kompliziert gestaltet. So wechseln sich nicht nur die Fließgewässerausprägungen kleinräumig ab, ihre sehr differenzierten, morphologischen Merkmale spiegeln sich auch deutlich in der Zusammensetzung der typspezifischen Biozönosen wider. Der Standorttypieindex wurde darauf aufbauend entwickelt und funktioniert als quantitativ arbeitendes, bioindikatives Bewertungsverfahren seit Jahren gut. Darauf sattelt das qualitativ-arbeitende Verfahren der "Ökologischen Profile" auf, das die in ökologische Gruppen eingeordneten Arten zur Analyse von Degradationsursachen nutzt. Die prozentualen Anteile der ökologischen Gruppen von Ist-Zustand und Referenz werden dabei miteinander verglichen. Aus der Differenz lassen sich Ursachen für noch vorhandene Degradationen ableiten. Beide Verfahren werden vorgestellt und an einem Beispiel ausgeführt.

In the younger glacial landscape of northeast Germany a big treasure of types in running waters is preserved, which makes the ecological assessment of rivers in typological terms relatively heavy. The river types alternate in small scales. Their highly differentiated morphological features are clearly reflected in the composition of type-specific biological communities. The Standorttypieindex was developed based on this knowledge. It has worked as a quantitative and bio-indicative assessment method reliably for years. The ecological profiles as qualitative analysis method build on the index. In a first step the found species are classified into ecological groups. In a second step there is a comparisation with a reference profile. In conclusion causes of environmental degradation can be found. Both methods are presented and discussed using an example.

1 Einleitung

Die Fließgewässer in der jungglazialen Landschaft Mecklenburg-Vorpommerns wurden entscheidend durch die holozäne Entwicklung nach der letzten Vereisung (Weichselglazial) geprägt. Vor rund 10.000 Jahren kam es zu einer deutlichen Erwärmung, die mit einer raschen Vegetationsentwicklung verbunden war. Bedingt duch die aufkommende und später gut ausgebildete Bewaldung wurden die erosiven und akkumulativen Prozesse über lange Zeiträume in den Fließgewässern gedämpft (Marcinek & Nietz 1973). Diese Entwicklung hat, neben anderen Prozessen, letztlich dazu beigetragen, dass heute noch ein großer geomorphologischer Formenschatz unterschiedlicher Fließgewässerausprägungen vorliegt (Mehl & Thiele 1998, Thiele et al. 2006). Im Ergebnis ist die Mehrzahl der Fließgewässer im nordostdeutschen Tiefland azonal gegliedert. So wechseln sich auf kurzen Strecken beispielsweise gefällearme und gefällereiche Fließstrecken ab. Das von Vannote et al. (1980) entwickelte Konzept des "river continu-

um" kann deshalb aufgrund der kleinräumigen und permanent wechselnden Strukturen und Bedingungen vielfach nicht greifen. Typisch für Fließgewässer in Mecklenburg-Vorpommern sind

- · die zahlreichen durchflossenen Seen,
- die mittelgebirgsartigen Durchbruchstäler,
- die natürlich rückgestauten Fließgewässerbereiche (Seen- und Ostseerückstau) und
- die huminsäuregeprägten Fließstrecken in den großen, flußbegleitenden Niedermooren (vgl. Thiele et al. 2009).

Diese diskontinuierlichen Fließgewässerverhältnisse spiegeln sich auch in der faunistischen Zusammensetzung der Biozönosen wider. So fehlen in den Tieflandgewässern beispielsweise häufig strömungsliebende und kaltstenotherme Rhithralarten der Eintags- und Köcherfliegenfauna oder sind durch Taxa ersetzt, die sonst im Litoral von Seen leben (Berlin & Thiele 2000, 2002). Liegt vor einem Durchbruchstal ein durchflossener See, so ist das Gewässer zumeist sommerwarm und der Anteil rheophiler, kaltstenothermer Arten gering. Befindet sich an gleicher Stelle jedoch ein stark quelliges Niedermoor, so ist es zumeist sommerkalt und die Artenzahl dieser ökologischen Gruppe hoch.

Ein bioindikatives Bewertungsverfahren muss in einer so differenzierten Fließgewässerlandschaft mit kleinschrittig wechselnden Biozönosen sehr typspezifisch arbeiten, um nachvollziehbare und verifizierbare Ergebnisse zu erhalten. Es sollte auf der Basis der sogenannten "Gebietsindikation" (Plachter 1991) beruhen, d.h. die Standorttypie der vorgefundenen und bioindikatorisch geeigneten Arten in Bezug auf den zu bewertenden Gewässerabschnitt nutzen. Das Verfahren muss sich damit an dem unter naturnahen Verhältnissen vorhandenen Artenspektrum orientieren und dieses als Bewertungsmaßstab definieren. Es wird dabei unterstellt, dass in einem naturnahen Lebensraum eine typspezifische Biozönose vorhanden ist, die ein naturverträgliches Wirtschaften des Menschen integriert. Diese Biozönose ist für den jeweiligen Naturraum charakteristisch, reagiert auf anthropogen bedingte Störungen in spezifischer Art und Weise und kann deshalb bioindikatorisch genutzt werden. Als 100-Prozentmarke wird das weitestgehend unter naturnahen Verhältnissen für einen bestimmten Naturraum nachgewiesene Artenspektrum definiert. Die 0-Prozentmarke bildet das vollständig degradierte Ökosystem. Die dazwischen liegenden Stufen der Degradation (Hemerobie) werden über Eichungen an Abschnitten unterschiedlicher Hemerobie gesondert definiert und bilden einen Bewertungsmaßstab.

In den 1990er Jahren wurde mit der Diskussion zur Europäischen Wasserrahmenrichtlinie (WRRL 2000) in zahlreichen europäischen Staaten die Entwicklung bioindikativer Verfahren vorangetrieben. Kristallisierte sich beispielsweise in Frankreich die AFNOR-Norm (AFNOR 1992) oder in Großbritannien der RIVPACS (Armitage & Petts 1992, Wright et al. 1997) heraus, so entwickelten sich in Deutschland unterschiedliche Verfahren parallel (u.a. "Ökologischer Bewertungsrahmen Fließgewässer – Bäche" in Schleswig-Holstein nach Holm 1989; Standorttypieindex in Mecklenburg-Vorpommern nach Thiele et al. 1996, LUNG M-V 2002 und 2005). Zur Bewertung wurde in den meisten Fällen das Makrozoobenthos herangezogen. Mit Inkrafttreten der Wasserrahmenrichtlinie regelte der Anhang V die Vorgehensweise bei der Bewertung (bioindikatorisch zu nutzende Gruppen, Klassifikationsgrundlagen usw.).

Von 2002 bis 2004 wurde von der Europäischen Union das Verbundprojekt AQEM gefördert, in das auch Deutschland involviert war. Das Hauptergebnis dieses Vorhabens ist das AQEM-Bewertungsverfahren (Haase et al. 2004, Meier et al. 2006). Es dient der Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie und stellt ein System zur Bewertung der ökologischen Qualität europäischer Ströme mittels benthischer Makroinvertebraten dar. Auf die Bioindikationsgruppe des Makrozoobenthos bezogen, wurde das PERLODES-Verfahren (im Softwarepaket ASTERICS) auf Grundlage des AQEM-Verfahrens entwickelt und mehrmals optimiert.

Daneben wird zur fachgutachterlichen Begründung der Güteklassifikationen in Mecklenburg-Vorpommern häufig der Standorttypieindex genutzt. Auch dieses Verfahren arbeitet vornehmlich mit den EPT als hochsensible und integrative Gruppe.

Die Methodik des Standorttypieindex soll nachfolgend dezidiert vorgestellt werden. Dabei wird aus Platzgründen nicht auf die Definition und Anwendung der Fließgewässertypenkulisse Mecklenburg-Vorpommerns eingegangen. In dieser Hinsicht sei auf den "Verbreitungsatlas EPT" (Berlin & Thiele 2012) verwiesen. Dort sind nicht nur dichotome Schlüssel zur Bestimmung der Typen dargestellt, es wird auch die STI- Methodik ausführlich erläutert.

2 Vorgehensweise bei der Anwendung des Standorttypieindex

Nachfolgend soll die Verfahrensmethodik des Standorttypieindex Trichoptera/Makrozoobenthos im Überblick und detailliert beschrieben werden. Abbildung 1 zeigt den groben Ablauf des Verfahrens.

Verfahrensschritt	Methode
Unterteilung des zu bewertenden Flussabschnittes in nahezu homo- gene Bereiche, Auswahl der Probestellen	Topographische Karte, Geländebegehung
Ψ	
Bestimmung des aggregierten Substrattypus	Ansprache des Substrattypus des Gewässers (mineralisch bis organisch)
Ψ	
Erfassung der Trichopteren bzw. Makrozoobenther	Larven- und Imaginalfänge durch Kombination unterschiedlicher Erfassungsmethoden (u.a. Kick- Sampling & Lichtfang)
•	
Determination der Arten	Standardwerke: u.a. Macan (1973), Malicky (2004), Tobias & Tobias (1981), Wallace et al. (2003), Waringer & Graf (2011)
Ψ	
Einordnung der nachgewiesenen Arten in ökologische Bewertungs- kategorien (BK)	4 Kategorien (stenotop bis eurytop bzw. allochthon)
Ψ	
Errechnung des STI-Trichopteren (STI-T) bzw. STI-Makrozoo- benthos (STI-MZB)	gemäß Formel: $STI_{\text{T/MZB}} = \frac{\displaystyle\sum_{i=1}^{n} BK_{i}^{2}}{n}$
Ψ	
Einordnung der Ergebnisse in definierte Gewässergüteklassen	unter Beachtung des aggregierten Fließgewässer- und Substrattyps

Abb. 1: Vorgehensweise bei der Bestimmung des STI Trichoptera/Makrozoobenthos

Soll ein Fließgewässerabschnitt bewertet werden, so ist es im ersten Schritt notwendig, eine repräsentative Probestelle auszuwählen. Zudem muss vor Beginn der Erhebungen eine möglichst genaue typologische Analyse des zu bewertenden Abschnittes vorgenommen werden. Ein dichotomer Schlüssel zu den Fließgewässertypen ist im Verbreitungsatlas der Ephemeroptera, Plecoptera und Trichoptera Mecklenburg-Vorpommerns (Berlin & Thiele 2012) abgedruckt.

Für die Errechnung des Standorttypieindex ist die Beprobung hinreichend großer und nahezu homogener Fließgewässerabschnitte wichtig. Der Standorttypieindex ist ein rein qualitatives Verfahren (presence/absence), so dass keine Auszählungen von Organismen notwendig sind. Für die möglichst vollständige Erhebung des Arteninventars kommen im Wesentlichen ein dreimaliger Kescherfang (Multi-Habitat-Sampling) und Lichtfang zur Anwendung.

Im nächsten Schritt müssen die Arten in ökologische Bewertungskategorien eingeordnet werden. Über diese werden die teilweise sehr spezifischen Ansprüche der in einem bestimmten Lebensraum vorkommenden Arten generalisiert und auf ein vergleichbares Niveau gehoben. Zur Definition finden vor allem der Grad an Gebietsbürtigkeit der Taxa (allochthon/autochthon) und die Stufen der Stenotopie (eurytop, mesotop, stenotop) Anwendung:

- Kategorie 1: Allochthon eurytope Arten, die in den unterschiedlichsten aquatischen Lebensräumen vorkommen
- Kategorie 2: Autochthon eurytope Arten, die eine Vielzahl von Fließgewässerhabitaten präferieren
- Kategorie 3: Autochthon mesotope Arten, die eine Präferenz für ausgewählte Habitatstrukturen von Fließgewässern aufweisen
- Kategorie 4: Autochthon stenotope Arten, die als Larve und Imago eine Pr\u00e4ferenz f\u00fcr typische Flie\u00bbgew\u00e4sser aufweisen

In Tabelle 1 werden die Einordnungen der Arten in die ökologischen Bewertungskategorien ausgewiesen.

Tab. 1: Einstufung der für die Bewertung mittels des STI relevanten Arten (LUNG 2002, 2005, ergänzt um Kategorisierung neu nachgewiesener Arten nach Berlin & Thiele 2012). BK = Bewertungskategorie

Art	BK	Art	BK		
Bivalvia					
Anodonta anatina	2	Pisidium moitessierianum	3		
Anodonta cygnea	2	Pisidium nitidum	2		
Dreissena polymorpha	1	Pisidium supinum	4		
Margaritifera margaritifera	4	Pseudanodonta complanata	3		
Musculium lacustre	2	Sphaerium corneum	2		
Pisidium amnicum	3	Sphaerium rivicola	3		
Pisidium casertanum casertanum	1	Sphaerium solidum	3		
Pisidium casertanum ponderosum	1	Unio crassus crassus	4		
Pisidium henslowanum	2	Unio pictorum pictorum	2		
Pisidium milium	1	Unio tumidus tumidus	3		
Coleoptera					
Acilius canaliculatus	1	Helochares obscurus	1		
Acilius sulcatus	1	Helophorus brevipalpis	1		
Agabus affinis	1	Helophorus flavipes	1		
Āgabus biguttatus	4	Helophorus grandis	1		
Agabus bipustulatus	1	Hydaticus seminiger	1		
Agabus didymus	2	Hydrobius fuscipes	1		
Agabus fuscipennis	1	Hydrochara caraboides	1		
Agabus nebulosus	1	Hydrophilus aterrimus	2		
Agabus paludosus	2	Hydrophilus piceus	1		
Agabus sturmii	1	Hydroporus fuscipennis	1		
Agabus uliginosus	1	Hydroporus palustris	1		
Anacaena globulus	2	Hydroporus planus	1		
Anacaena limbata	2	Hygrotus inaequalis	1		

Art	BK	Art	BK
Colymbetes fuscus	1	Hygrotus versicolor	2
Colymbetes paykulli	1	Hyphydrus ovatus	1
Copelatus haemorrhoidalis	1	llybius angustior	1
Cybister lateralimarginalis	1	llybius chalconatus	1
Cymbiodyta marginella	1	llybius fenestratus	1
Dytiscus dimidiatus	1	llybius fuliginosus	1
Dytiscus latissimus	1	llybius quadriguttatus	1
Dytiscus marginalis	1	Limnius volckmari	3
Dytiscus semisulcatus	1	Nebrioporus canaliculatus	1
Elmis aenea	4	Nebrioporus depressus	2
Elmis aenea/maugetii	4	Noterus clavicornis	1
Elmis maugetii	4	Noterus crassicornis	1
Enochrus testaceus	1	Orectochilus villosus	2
Graptodytes pictus	1	Oulimnius tuberculatus	2
Gyrinus distinctus	1	Peltodytes caesus	1
Gyrinus marinus	1	Platambus maculatus	2
Gyrinus paykulli	1	Rhantus exsoletus	1
Gyrinus substriatus	1	Rhantus frontalis	1
Haliplus flavicollis	1	Rhantus suturalis	1
Haliplus fluviatilis	2	Scarodytes halensis	1
Haliplus laminatus	1	Scirtes orbicularis	1
Haliplus lineatocollis	1	Spercheus emarginatus	1
Haliplus ruficollis	1	Stictotarsus duodecimpustulatus	1
Haliplus wehnckei	1	Suphrodytes dorsalis	1
Crustacea			
Asellus aquaticus	1	Eriocheir sinensis	1
Astacus astacus	2	Gammarus pulex	2
Astacus leptodactylus	1	Gammarus roeselii	2
Corophium curvispinum	1	Gammarus tigrinus	1
Crangon crangon	1	Orconectes limosus	1
Dikerogammarus haemobaphes	1	Proasellus coxalis	1
Dikerogammarus villosus	1		
Ephemeroptera			
Baetis muticus	4	Cloeon dipterum	1
Baetis buceratus	3	Cloeon simile	2
Baetis fuscatus	3	Electrogena affinis	4
Baetis nexus	2	Electrogena ujhelyii	4
Baetis niger	4	Ephemera danica	4
Baetis rhodani	2	Ephemera vulgata	3
Baetis scambus	4	Ephemerella ignita	1
Baetis tracheatus	2	Heptagenia flava	4
Baetis vernus	1	Heptagenia sulphurea	3
Brachycercus harrisella	4	Kageronia fuscogrisea	4
Caenis horaria	1	Leptophlebia marginata	1
Caenis luctuosa	2	Leptophlebia vespertina	1
Caenis macrura	1	Leptophlebia cincta	3
Caenis pseudorivulorum	3	Leptophlebia submarginata	2
Caenis rivulorum	4	Procloeon bifidum	2
Caenis robusta	1	Rhithrogena semicolorata	4
Centroptilum luteolum	1	Siphlonurus aestivalis	2
Gastropoda			
Acroloxus lacustris	2	Physella acuta	1
Ancylus fluviatilis	3	Physella heterostropha	1
Anisus vortex	2	Planorbarius corneus	1

Art	BK	Art	BK		
Aplexa hypnorum	1	Planorbis carinatus	2		
Bathyomphalus contortus	1	Planorbis cannatus Planorbis planorbis	1		
Bithynia leachii leachii	2	Potamopyrgus antipodarum	2		
Bithynia tentaculata	1	Radix auricularia	2		
Ferrissia clessiniana	1	Radix balthica 1			
Galba truncatula	1	Segmentina nitida	1		
Gyraulus albus	1	Stagnicola palustris	1		
Gyraulus crista	1	Theodoxus fluviatilis	4		
Hippeutis complanatus	1	Valvata cristata	1		
Lithoglyphus naticoides	4	Valvata piscinalis piscinalis	3		
Lymnaea stagnalis	1	Vertigo moulinsiana	4		
Marstoniopsis scholtzi	3	Viviparus contectus	1		
Myxas glutinosa	2	Viviparus viviparus	2		
Physa fontinalis	2	Titiparae Titiparae	_		
Heteroptera	_				
Aphelocheirus aestivalis	4				
Megaloptera					
Sialis fuliginosa	4				
Odonata					
Aeshna cyanea	1	Erythromma najas	2		
Aeshna grandis	2	Gomphus vulgatissimus	4		
Aeshna isosceles	3	Ischnura elegans	1		
Aeshna juncea	2	Lestes dryas	2		
Anax imperator	2	Libellula depressa	1		
Anax parthenope	4	Libellula fulva	2		
Brachytron pratense	2	Libellula quadrimaculata	1		
Calopteryx splendens	3	Onychogomphus forcipatus	4		
Calopteryx virgo	4	Ophiogomphus cecilia	4		
Chalcolestes viridis	2	Orthetrum cancellatum	2		
Coenagrion puella	1	Platycnemis pennipes	2		
Coenagrion pulchellum	1	Pyrrhosoma nymphula	2		
Cordulia aenea	1	Somatochlora flavomaculata	2		
Enallagma cyathigerum	1	Somatochlora metallica	2		
Plecoptera					
Amphinemura standfussi	4	Nemoura avicularis	3		
Capnia bifrons	4	Nemoura cinerea	1		
Isogenus nubecula	4	Nemoura dubitans	3		
Isoperla difformis	4	Nemoura flexuosa	4		
Isoperla grammatica	4	Nemurella pictetii	2		
Isoptena serricornis	4	Perlodes dispar	4		
Leuctra fusca	3	Protonemura meyeri	4		
Leuctra hippopus	4	Taeniopteryx nebulosa	3		
Leuctra nigra	3				
Trichoptera					
Adicella reducta	4	Limnephilus fuscinervis	2		
Agapetus fuscipes	4	Limnephilus griseus	1		
Agapetus ochripes	4	Limnephilus hirsutus	2		
Agraylea multipunctata	2	Limnephilus ignavus	3		
Agraylea sexmaculata	2	Limnephilus incisus	3		
Agrypnia obsoleta	2	Limnephilus lunatus	1		
Agrypnia pagetana	2	Limnephilus luridus	3		
Agrypnia varia	2	Limnephilus marmoratus	2 3		
Anabolia brevipennis	3	Limnephilus nigriceps	3		
Anabolia furcata	2	Limnephilus politus	2		

Art	BK	Art	BK
Anabolia nervosa	2	Limnephilus rhombicus	2
Apatania auricula	4	Limnephilus sparsus	1
Athripsodes albifrons	4	Limnephilus stigma	1
Athripsodes aterrimus	2	Limnephilus subcentralis	3
Athripsodes cinereus	2	Limnephilus tauricus	3
Athripsodes commutatus	4	Limnephilus vittatus	2
Beraea maura	4	Lithax obscurus	4
Beraea pullata	2	Lype phaeopa	3
Beraeodes minutus	3	Lype reducta	4
Brachycentrus subnubilus	4	Micropterna lateralis	4
Ceraclea albimacula	3	Micropterna sequax	4
Ceraclea annulicornis	3	Molanna albicans	3
Ceraclea dissimilis	3	Molanna angustata	2
Ceraclea fulva	2	Molannodes tinctus	3
Ceraclea nigronervosa	4	Mystacides azurea	2
Ceraclea senilis	3	Mystacides longicornis	2
Chaetopteryx villosa	2	Mystacides niger	2
Cheumatopsyche lepida	4	Nemotaulius punctatolineatus	3
Chimarra marginata	4	Neureclipsis bimaculata	1
Crunoecia irrorata	4	Notidobia ciliaris	3
Cyrnus crenaticornis	2	Odontocerum albicorne	4
Cyrnus flavidus	2	Oecetis furva	2
Cyrnus insolutus	3	Oecetis lacustris	2
Cyrnus trimaculatus	1	Oecetis notata	3
Ecnomus tenellus	2	Oecetis ochracea	1
Enoicyla pusilla	3	Oecetis struckii	2
Ernodes articularis	4	Oecetis testacea	3
Erotesis baltica	3	Oligostomis reticulata	3
Glyphotaelius pellucidus	2	Oligotricha striata	3
Goera pilosa	2	Orthotrichia angustella	4
Grammotaulius nigropunctatus	1	Orthotrichia costalis	2
Grammotaulius nitidus	2	Orthotrichia tragetti	4
Hagenella clathrata	4	Oxyethira flavicornis	3
Halesus digitatus	3	Oxyethira frici	4
Halesus radiatus	3	Oxyethira tristella	4
Halesus tesselatus	1	Parachiona picicornis	4
Holocentropus dubius	2	Philopotamus montanus	4
Holocentropus insignis	3	Phryganea bipunctata	2
Holocentropus picicornis	2	Phryganea grandis	2
Holocentropus stagnalis	2	Plectrocnemia conspersa	4
Hydropsyche angustipennis	2	Polycentropus flavomaculatus	1
Hydropsyche bulgaromanorum	4	Polycentropus irroratus	3
Hydropsyche contubernalis contubernalis	3	Potamophylax cingulatus	4
Hydropsyche contubernalis masovica	3	Potamophylax latipennis	4
Hydropsyche pellucidula	3	Potamophylax luctuosus	4
Hydropsyche saxonica	4	Potamophylax nigricornis	4
Hydropsyche siltalai	4	Potamophylax rotundipennis	3
Hydroptila angulata	3	Psychomyia pusilla	3
Hydroptila cornuta	4	Rhadicoleptus alpestris	4
Hydroptila dampfi	2	Rhyacophila fasciata	4
Hydroptila pulchricornis	3	Rhyacophila nubila	4
Hydroptila simulans	4	Sericostoma personatum	4
Hydroptila sparsa	2	Setodes argentipunctellus	4
Ironoquia dubia	3	Setodes punctatus	4
Ithytrichia clavata	4	Silo nigricornis	4

Art	BK	Art	BK
Ithytrichia lamellaris	3	Silo pallipes	4
Lepidostoma basale	4	Stenophylax permistus	4
Lepidostoma hirtum	3	Tinodes pallidulus	4
Leptocerus interruptus	4	Tinodes unicolor	4
Leptocerus tineiformis	2	Tinodes waeneri	1
Limnephilus affinis	1	Triaenodes bicolor	2
Limnephilus auricula	3	Triaenodes unanimis	3
Limnephilus binotatus	3	Tricholeiochiton fagesii	2
Limnephilus bipunctatus	3	Trichostegia minor	2
Limnephilus decipiens	3	Wormaldia occipitalis	4
Limnephilus elegans	3	Wormaldia subnigra	4
Limnephilus extricatus	1	Ylodes detruncatus	3
Limnephilus flavicornis	1	Ylodes reuteri	3
Limnephilus fuscicornis	2		
Turbellaria			
Crenobia alpina	4	Dugesia tigrina	2
Dugesia gonocephala	4	Polycelis nigra	2
Dugesia lugubris	2	Polycelis tenuis	2
Dugesia polychroa	2	<u>-</u>	

Für die Berechnung des STI Trichoptera/Makrozoobenthos sind mindestens fünf bzw. acht Arten erforderlich. Abschnitte mit geringerer Artenzahl sind nicht klassifizierbar. Die Kalkulation erfolgt nach der folgenden Formel:

$$STI_{\text{T/MZB}} = \frac{\displaystyle\sum_{i=1}^{n} BK_{i}^{2}}{n}$$

STIT = Standorttypieindex-Trichoptera
STIMZB =Standorttypieindex-Makrozoobenthos (aquatisch/amphibischer Bereich)
BK = für die jeweilige Art zugeordnete ökologische Bewertungskategorie
n = Anzahl der Taxa
i = i-tes Taxon

Der Standorttypieindex errechnet sich somit als gewichtetes Mittel aus der quadrierten Summe der in die ökologischen Bewertungskategorien eingeordneten Arten und ihrer Anzahl.

Danach werden die Bewertungen einer Klassifikation zugeführt. Hauptkriterium der ökologischen Klassifikation waren definierte Grade an Abweichungen von standorttypischen Biozönosen (Referenz) durch "man-made-stress". Die Definitionen für die Güteklassen und ihre farbliche Präsentation sind in den ISO-Normen ISO 8689-1 (2000) und ISO 8689-2 (2000) festgelegt. Danach soll die Summenindikation in fünf ökologische Qualitätsklassen (EQC) erfolgen, die in Tabelle 2 zusammenfassend dargestellt sind.

In einem mehrjährigen Prozess sind die typspezifischen Klassifikationsskalen erstellt worden. Zur Eichung wurden nur Fließgewässer in Mecklenburg-Vorpommern herangezogen (regionale Gültigkeit). Zudem liegt dieser eine regionalspezifische Typenkulisse zugrunde. Die zur Eichung genutzten Hemerobiestufen wurden nach morphometrischen, nutzungstechnischen und biozönotischen Kriterien definiert. In Tabelle 3 sind die Klassifikationsskalen für die einzelnen Fließgewässertypen aufgeführt.

Tab. 2: Definition der ökologischen Qualitätsklassen (EQC)

EQC	EU-Entsprechung	Definition der Gewässergüteklassen
1	High (sehr gut)	sehr geringe anthropogene Überformungen, standorttypische Zusammensetzung der Biozönosen, kein ökologischer Sanierungsbedarf
2	Good (gut)	geringe anthropogene Überformungen, leichte Veränderungen in der standort- typischen, Zusammensetzung der Biozönosen, kein unmittelbarer ökologi- scher Sanierungsbedarf
3	Fair (mäßig)	deutliche anthropogene Überformungen, deutlich wahrnehmbare Veränderungen in der standorttypischen Zusammensetzung der Biozönosen, es besteht ökologischer Sanierungsbedarf
4	Poor (unbefriedigend)	starke anthropogene Überformungen, starke Veränderungen in der standortty- pischen Zusammensetzung der Biozönosen, es besteht dringlicher ökologi- scher Sanierungsbedarf
5	Bad (schlecht)	es existieren nur noch wenige stresstolerante Arten, es besteht umfassender ökologischer Sanierungsbedarf

Tab. 3: Klassifikationsskalen für den STI-Trichoptera (obere Zeile) und den STI-Makrozoobenthos (untere Zeile)

	GK 1	GK 2	GK 3	GK 4	GK 5		
Gruppe der gefällearmen Fließgewässertypen der Moorniederungen							
Rückgestaute NM-FG mit organischen	≥4,5	≥3,5 <4,5	≥2,5 <3,5	≥2,0 <2,5	<2,0		
und teilmineralischen Sohlsubstraten	≥4,5	≥3,0 <4,5	≥2,5 <3,0	≥2,0 <2,5	<2,0		
Niedermoorgeprägte Seenausflüsse mit	≥3,5	≥3,0 <3,5	≥2,5 <3,0	≥2,0 <2,5	<2,0		
organischen Sohlsubstraten	≥3,5	≥3,0 <3,5	2,5 <3,0	≥2,0 <2,5	<2,0		
Niedermoorgeprägte Seenausflüsse mit	_*	>4,5	≥4,0 <4,5	≥3,5 <4,0	<3,5		
teilmineralischen Sohlsubstraten		>4,0	≥3,5 <4,0	≥3,5 <4,0	<3,0		
Gefällearme Niedermoorfließgewässer	≥4,5	≥3,5 <4,5	≥2,5 <3,5	≥2,0 <2,5	<2,0		
mit organischen Sohlsubstraten	≥4,0	≥3,5 <4,0	≥2,5 <3,5	≥2,0 <2,5	<2,0		
Gefällearme Niedermoorfließgewässer	≥6,0	≥5,0 <6,0	≥4,0 <5,0	≥3,0 <4,0	<3,0		
mit teilmineralischen Sohlsubstraten	≥5,5	≥4,5 <5,5	≥3,5 <4,5	≥2,5 <3,5	<2,5		
Gruppe der gefällearmen Fließgewässe	rtypen der	Sander und sand	igen Aufschütti	ungen			
Gefällearme Fließgewässer der Sander	≥9,0	≥7,0 <9,0	≥5,0 <7,0	≥3,0 <5,0	<3,0		
und sandigen Aufschüttungen	≥8,5	≥6,5 <8,5	≥4,0 <6,5	≥2,5 <4,0	<2,5		
Gruppe der gefällearmen Fließgewässe	rtypen der	Moränenbildunge	n				
Gefällearme FG der Moränenbildungen	≥11,0	≥9,0 <11,0	≥6,0 <9,0	≥3,0 <6,0	<3,0		
mit feinkörnigen, lageinstabilen Sohl- substraten	≥9,0	≥7,0 <9,0	≥5,0 <7,0	≥3,0 <5,0	<3,0		
Gefällearme FG der Moränenbildungen							
mit groben-/ feinkörnigen, lagestabilen	≥12,0	≥10,0 <12,0	≥7,0 <10,0	≥4,0 <7,0	<4,0		
Sohlsubstraten	≥10,0	≥8,0 <10,0	≥5,5 <8,0	≥3,5 <5,5	<3,5		
Gruppe der gefällereichen Fließgewässe	ertypen dei	Moränenbildung	en				
Gefällereiche FG der Moränenbildun-	≥12,5	≥9,5 <12,5	≥7,0 <9,5	≥4,0 <7,0	<4.0		
gen mit feinkörnigen, lageinstabilen Sohlsubstraten	≥10,0	≥8,0 <10,0	≥6,0 <8,0	≥4,0 <6,0	<4,0		
Gefällereiche FG der Moränenbildun-	,	, ,					
gen mit bindigen, lagestabilen Sohlsub-	≥12,0	10,0 <12,0	≥7,0 <10,	≥4,0 <7,0	<4,0		
straten	≥10,5	≥8,0 <10,5	≥6,0 <8,0	≥4,0 <6,0	<4,0		
Gefällereiche FG der Moränenbildun-	≥13,0	10.5 <13.0	≥7,0 <10,5	≥4,0 <7,0	<4.0		
gen mit groben, lagestabilen Sohlsub-	≥13,0 ≥11,0	≥8,5 <11,0	≥6,0 <8,5	≥4,0 <7,0 ≥4,0 <6,0	<4,0 <4,0		
straten	<u></u>	=0,0 11,0		,0 \0,0	1,0		

3 Ökologische Profile – ein analytisches Mittel zur Aufdeckung der ökologischen Degradation in Fließgewässern

Mit dem Standorttypieindex ist es möglich, die Güte von Fließgewäsern anhand der Indices und Güteklassen über die Jahre hinweg zu überwachen. Stehen aber beispielsweise ökologische Sanierungen von Fließgewässerabschnitten an, so möchte man häufig genauer wissen, worin die Degradationen begründet sind. Ähnlich verhält es sich bei Effizienzkontrollen in renaturierten Gewässern. Eine Antwort auf diese Fragen können die ökologischen Profile als qualitatives Analyseinstrument geben.

3.1 Prinzip der ökologischen Profile

Die ökologischen Gruppenprofile sind ein Instrument, das es erlaubt, u.a. auf die ökologische Qualität von Habitatstrukturen an Hand der autökologischen Anspruchskomplexe nachgewiesener Arten zu schlußfolgern. Dazu werden die erfaßten Arten in ökologische Gruppen eingeordnet. Letztere orientieren sich in Form einer Grobdifferenzierung an den relevantesten standörtlichen Verhältnissen des jeweiligen Lebensraumes. Vertreter einer ökologischen Gruppe haben ähnliche Habitatansprüche und spiegeln damit bestimmte Faktorenkombinationen wider. So werden wesentliche Biotoptypen, Vegetationselemente und abiotische Faktoren zur Einteilung genutzt. Dazu muß angemerkt werden, daß in Auswertung der Literatur eine Art selten nur einer ökologischen Gruppe allein zugeordnet werden kann. Mehrfachnennungen sind damit die Regel (vgl. Köppel 1997, Thiele & Cöster 1999, Thiele 2000, Thiele et al. 2003).

Letzlich werden die prozentualen Anteile jeder Gruppe mit einem typgleichen Referenzprofil (naturnahe Abschnitte) verglichen. Abweichungen sind ein Indiz für die ökologische Degradation. Es ist nun möglich,

- aus der Kenntnis der Eigenschaften ökologischer Gruppen und
- auf Basis der Stärke der Abweichungen zwischen Ist-Zustandsbewertung und Referenz auf die konkrete Degradation zurückzuschließen.

4 Exemplarische Anwendung des Standorttypieindex und des ökologischen Profils bei einem Langzeitmonitoring an der Alten Trebel

Nachfolgend soll am Beispiel eines erfolgreich vom Staatlichen Amt für Landwirtschaft und Umwelt Vorpommern sanierten Abschnittes der Alten Trebel, einem Zufluss zur Peene, die beschriebene Vorgehensweise verdeutlicht werden (vgl. Biota 2007).

Im Jahre 1998 wurde ein 12 km langer Abschnitt der Alten Trebel zwischen den Ortschaften Langsdorf (Probestelle AT6) und Quitzenow (Probestelle AT8) renaturiert (Abb. 2). In mehreren Untersuchungen wurde über verschiedene Jahre hinweg die ökologische Gewässergüte ermittelt sowie Untersuchungen zum biozönotischen Zustand von Ichthyofauna, Makrophyten, Makrozoobenthos und Lepidoptera durchgeführt.

Mittels dieses Langzeitmonitorings konnten die positiven ökologischen Entwicklungen im Gewässer nachgewiesen werden. In dieser Zeit hat es sich von einem ehemals undurchgängigen, zu einem rückgestauten und dann typischen Niedermoorgewässer gewandelt. Wesentliche Elemente der typspezifischen Flora und Fauna waren wieder nachweisbar, die erreichte Güteklasse spiegelt den guten Gewässerzustand wider.



Abb. 2: Blick in den Talraum der sanierten Alten Trebel zwischen Langsdorf und Quitzenow

Es kann eingeschätzt werden, dass sich die Trichoptera-Besiedlung der seit 1998 langjährig beobachteten Untersuchungsabschnitte AT6 und AT8 standorttypisch und damit größtenteils leitbildgerecht entwickelt hat (Tab. 4). In diesen Bereichen wird somit ein Hauptziel der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie (guter ökologischer Zustand) bereits erfüllt.

Tab. 4: Entwicklung der ökologischen Gewässergüteklasse (GK) im Zeitraum von 1998 bis 2007. Blau = Güteklasse 1, grün = Güteklasse 2, gelb = Güteklasse 3, Güteklasse 4 und 5 nicht vergeben, grau = Abschnitt nicht bearbeitet

Probestellen	GK 1998	GK 1999	GK 2000	GK 2002	GK 2006	GK 2007
AT6. Alte Trebel rechts des Tangrimbaches	3	2		2	1	2
AT8. Alte Trebel bei Quitzenow	3	2	2	1	1	2

Neben der Klassifizierung über den Standorttypieindex wurde für jeden Abschnitt ein ökologisches Gruppenprofil (Abb. 3) erstellt. Dieses repräsentiert, bezogen auf das gesamte Trichoptera-Artenspektrum, die Verteilung der ökologischen Gruppen und widerspiegelt damit das Habitatgefüge des jeweiligen Untersuchungsraumes. Durch Vergleich der Profile mit denen eines typgleichen Leitbildes (Referenz) konnten vorhandene Gütedefizite lokalisiert und verdeutlicht werden.

Im Bereich der Probesstellen AT6 und AT8 weist die Alte Trebel in den Uferbereichen nach ihrer Sanierung schon zahlreiche naturnahe Habitatelemente auf, die günstige Lebensbedingungen für eine standorttypische Evertebratenfauna bieten. Auch in den Sohlsubstraten finden sich die für naturnahe Niedermoor-Fließgewässer charakteristischen Sand-, Torf- und Schlickablagerungen. Es konnten Organismen sandig/feindetritusreicher Gewässer (z.B. Großmuscheln, wie *Anodonta anatina, Unio tumidus* und *Unio pictorum*) nachgewiesen werden.

Die Ufer- und Flachwasserzonen bilden im Gewässerquerschnitt die Hauptbesiedlungsräume. Die Ausbildung der amphibischen und submersen Vegetation spielt insbesondere für Trichoptera-Arten aus der Unterfamilie Limnephilinae sowie aus der Familie Phryganeidae als Nahrungs- und Entwicklungsraum eine bedeutende Rolle. An solche Bedingungen sind u.a.

Limnephilus decipiens, Phryganea grandis und Agrypnia pagetana angepasst. Auch spezialisierte Arten, wie Ceraclea senilis (Periphyton, Spongillidae), waren larval nachweisbar.

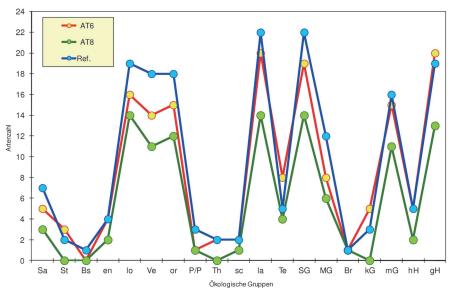


Abb. 3: Ökologische Profile der Trichoptera-Gesellschaften der Alten Trebel (AT6 und AT8). Substrat. Sa = Sand, St = Steine und Kies, Bs = bindige Substrate wie Lehm, en = eng gepackte Substrate, lo = locker gepackte Substrate, Ve = aquatische Vegetation, höhere Wasserpflanzen, or = Torf, Detritus, Schlamm, feine Ablagerungen meist organischen Ursprungs, P/P = Plankton/Phytobenthos (Biofilm) aus Bakterien, Pilzen, Algen, Th = Totholz, Rindenstücke, Zweige.

Hydraulische Verhältnisse. sc = schnell fließende Gewässer, la = langsam fließende Gewässer, Te = temporäre Gewässer, SG = stehende bis leicht bewegte Gewässer, MG = Moorgewässer, Br = Brackwasser, kG = kleinere Gewässer (bis 10 m Breite), mG = mittlere bis größere Gewässer (ab 10 m Breite), hH = hohe Habitatdiversität, gH = geringe Habitatdiversität. Angaben u.a. nach Colling 1996. Zur besseren Veranschaulichung des Profils wurden die Punkte durch Linien verbunden

Insgesamt gesehen bestätigen die leichten Abweichungen in den Profilen und im STI (Güteklasse 2) die noch vorhandene, schwache Degradation. Diese besteht insbesondere in der Fließgeschwindigkeit und in der Zusammensetztung der Sohlsubstrate.

Beide Verfahren, der Standorttypieindex und das ökologische Profil, liefern kongruente Ergebnisse im Zuge der Beweissicherung.

Literatur

AFNOR (1992): Essais des eaux. Determination de'indice biologique global (IBGN).- NFT, 90-350

AQEM Consortium (2002): Manual for the application of the AQEM method. A comprehensive method to assess European streams using benthic macroinvertebrates, developed for the purpose of the Water Framework Directive. Version 1.0, February 2002

AQEM Consortium (2005): AQEM European stream assessment program, Version 2.5, herausgegeben im Mai 2005, Handbuch für die deutsche Version.- 85 pp.

Armitage, P. D. & G. E. Petts (1992): Biotic score and prediction to assess the effect of water abstractions on river macroinvertebrates for conservation purposes.- Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems 2: 1–17, Chichester

ASTERICS (2011): ASTERICS (Version 3.3, herausgegeben im Juni 2011) – einschließlich PERLODES – (Deutsches Bewertungssystem auf Grundlage des Makrozoobenthos), Software Handbuch für die deutsche Version. 95 pp.

Berlin, A. & V. Thiele (2000): Use of caddisflies in assessment and classification of streams in the lowlands of northeastern Germany.- Abstract of the 10th International Symposium on Trichoptera, Potsdam, July 30-August 5, 2000: 29-30

- Berlin, A. & V. Thiele (2002): Trichoptera in assessment and classification of streams in the lowlands of north-eastern Germany.- Nova Supplementa Entomologica 15: 481-490, Keltern
- Berlin, A. & V. Thiele, (2012): Ephemeroptera, Plecoptera, und Trichoptera Mecklenburg-Vorpommerns. Verbreitung, Gefährdung, Bioindikation.- (Steffen-Verlag) 303 pp., Friedland
- Biota (2007): Durchführung der Bewertung der Entwicklung des ökologischen Zustandes und der Besiedlung in der renaturierten Trebel nach dem Rückbau der Sohlschwelle.- (Staatliches Amt für Umwelt und Natur Stralsund), unveröffentlichtes Gutachten
- Colling, M. (1996): Ökologische Typisierung der aquatischen Makrofauna.- Informationsberichte des Bayrischen Landesamtes für Wasserwirtschaft4/96, 543 pp., München
- Haase, P., A. Sundermann, C. Feldt, A. Lorenz, P. Rolauffs, P. & D. Hering (2004): Standardisierung der Erfassungsund Auswertungsmethoden von Makrozoobenthosuntersuchungen in Fließgewässern.- Abschlussbericht zum LA-WA-Projekt 04.02, www.fließgewässerbewertung.de
- Holm, A. (1989): Ökologischer Bewertungsrahmen Fließgewässer (Bäche).- Landesamt für Naturschutz und Landschaftspflege Schleswig-Holstein
- ISO 8689-1 (2000): Water Quality-Biological classification of rivers Part 1: Guidance on the interpretation of biological quality data from surveys of benthic macroinvertebrates
- ISO 8689-2 (2000): Water Quality-Biological classification of rivers Part 2: Guidance of the presentation of biological quality data from surveys of benthic macroinvertebrates
- Köppel, M. (1997). Die Großschmetterlinge der Rastatter Rheinaue. Habitatwahl sowie Überflutungstoleranz und Überlebensstrategien bei Hochwasser.- Neue Entomologische Nachrichten 39: 1-624, Kelteren
- LUNG M-V (2002): Verfahrensanleitung zur ökologischen Bewertung von Fließgewässern in Mecklenburg-Vorpommern mittels Standorttypieindex.- Schriftenreihe des Landesamtes für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern 02, 1-38 (div. Anhänge)
- LUNG M-V (2005): Fließgewässertypisierung in Mecklenburg-Vorpommern.– Schriftenreihe des Landesamtes für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern 3, 1-80.
- Macan, T. T. (1973): A key to the adults of the British Trichoptera.- Freshwater Biological Association. Scientific Publication No. 28, 151 pp., Ambleside, Cumbria
- Malicky, H. (2004): Atlas der Europäischen Köcherfliegen.- 359 pp., (Springer) Dordrecht
- Marcinek, J. & B. Nitz (1973): Das Tiefland der Deutschen Demokratischen Republik: Leitlinien seiner Oberflächengestaltung.- (Hermann Haack, Geographisch-Karthographische Anstalt) Gotha
- Mehl, D. & V. Thiele (1998): Fließgewässer- und Talraumtypen des Norddeutschen Tieflandes.- 261 pp., (Parey Buchverlag) Berlin
- Meier, C., P. Haase, P. Rolauffs, K. Schindehütte, F. Schöll, A. Sundermann & D. Hering, (2006): Methodisches Handbuch Fließgewässerbewertung.- Handbuch zur Untersuchung und Bewertung von Fließgewässern auf der Basis des Makrozoobenthos vor dem Hintergrund der EG-Wasserrahmenrichtlinie, 79 pp. + Anhänge
- Plachter, H. (1991): Naturschutz (Korrigierter Nachdruck der 1. Auflage).- UTB 1563, 464 pp., (G. Fischer) Stuttgart
- Thiele, V. & I. Cöster, (1999): Zur Kenntnis der Schmetterlingsfauna verschiedener Flußtaltypen in Mecklenburg-Vorpommern (Lep.). I. Untersuchungsräume und ihr Artenspektrum.- Entomolgische Nachrichten und Berichte 43: 87-99, Dresden
- Thiele, V. (2000): Zur Kenntnis der Schmetterlingsfauna verschiedener Flußtaltypen in Mecklenburg-Vorpommern (Lep.). II. Zusammensetzung der Schmetterlingsvergesellschaftungen unterschiedlicher Taltypen.- Entomolgische Nachrichten und Berichte 44: 137-144, Dresden
- Thiele, V., B. Degen, A. Berlin & G. Blüthgen, (2003): Erfahrungen mit dem Instrument der Gewässerentwicklungspläne bei der ökologischen Sanierung der Uecker.- Wasser und Boden 55/5: 38-43, Berlin
- Thiele, V., D. Gräwe & B. Blumrich (2006): Fließgewässertäler in Mecklenburg-Vorpommern typologische und faunistische Aspekte (Lepidoptera).- Archiv der Freunde der Naturgeschichte Mecklenburgs 45: 39-54, Rostock
- Thiele, V., D. Gräwe, A. Berlin, B. Degen, D. Mehl, D. & B. Blumrich (2009): Bilder eines Flusses Blaues Band "Nebel". Ein Natur- und Wanderführer.- 99 pp., (Eigenverlag) Bützow
- Thiele, V., D. Mehl, A. Berlin, M. v. Weber & R. Börner, (1996): Ein Verfahren zur ökologischen Bewertung von rückgestauten Fließgewässerbereichen und deren Niederungen im nordostdeutschen Tiefland.- Limnologica 26: 361-374, Jena
- Tobias, W. & D. Tobias (1981): Trichoptera Germanica. Bestimmungstafeln für die deutschen Köcherfliegen. Teil I: Imagines.- Courier Forschungsinstitut Senckenberg 49: 1-672, Frankfurt a. M.
- Vannote, R. L., G. W. Minshall, K. W. Cummins, J. K. Sedell & C. E. Cushing (1980): The River Continuum Concept.- Canadian. Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 37: 130-137, Ottawa
- Wallace, R. D., B. Wallace & G. N. Philipson (2003): Keys to the case-bearing caddis larvae of Britain and Ireland.-Freshwater Biological Association. Scientific Publication 61, 259 pp., Ambleside, Cumbria
- Waringer, J. & W. Graf (2011): Atlas der Mitteleuropäischen Köcherfliegenlarven Atlas of Central European Trichoptera Larvae.- 468 pp., (Erik Mauch Verlag) Dinkelscherben

- Wright, J. F., D. Moss, R. T. Clark & M. T. Furse (1997): Biological assessment of river quality using the new version of RIVPACS (RIVPACS III).- In: Boom, J. P. & D. L. Howell (eds): Freshwater Quality. Defining the Indefinable.- (Scottish Natural Heritage), 102-108, Edinburgh
- WRRL (2000): Richtlinie des Europäischen Parlamentes und des Rates zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik (EU-Wasserrahmenrichtlinie).- Dokument 617 ENV, CODEC 513

Anschrift der Verfasser: Dr. Volker Thiele, Dipl.-Biol. Angela Berlin, biota, Gesellschaft für ökologische Forschung und Planung mbH, Nebelring 15, D-18246 Bützow, volker.thiele@institut-biota.de, angela.berlin@institut-biota.de

Manuskripteingang/angenommen: 2013-10-11