

6 Empfehlungen

6.1 Vorbetrachtungen

Die Frage, wie viele Parallelproben an einer Station bei Untersuchungen zu den Makrozoobenthosbeständen für eine wissenschaftlich abgesicherte Aussage erforderlich sind, ist bisher nur ungenügend beantwortet. Erste Annäherungen zeigten, daß diese Problematik neben der Fragestellung vor allem vom Untersuchungsgebiet und den verwendeten Probenahmeegeräten abhängt (z.B. HELCOM 1998, KOLBE 1995, VORBERG 1993).

Im Rahmen des HELCOM-Monitorings der Ostsee wird bei Verwendung eines Van-Veen-Greifers (0,1 m²) eine Anzahl von 3 bis 5 Parallelproben für die qualitative und quantitative Erhebung der sublitoralen Makrozoobenthosbestände in diesem Brackwassergebiet als ausreichend erachtet. Eine ausführliche Herleitung der Anzahl wird nicht gegeben.

Untersuchungen durch KOLBE (1995) zum erforderlichen Probenumfang beim Makrozoobenthos-Monitoring im Eulitoral der Wesermündung ergaben, dass bei Beprobungen mit einem Stechrohr (Grundfläche 38 cm²) erst mit 46 Parallelproben der relative Standardfehler der Abundanz aller stetigen Arten auf 20 % gedrückt werden kann (zur Bedeutung der 20 %, siehe Kap. 3.3.1). D.h., dass im vorliegenden Falle die mit Stechrohren zu beprobende Mindestfläche 1448 cm² (entspricht theoretisch 1 ½ Van-Veen-Greifer) umfassen sollte.

In der vorliegenden Studie zur Ermittlung der notwendigen Anzahl an Parallelproben in der Beweissicherung Makrozoobenthos im Rahmen der WSV-Maßnahme „Anpassung der Fahrrinne der Unter- und Außenelbe an die Containerschiffahrt“ wurden verschiedene statistischen Verfahren (Mittlere Abundanz, Arten-Areal-Kurve, Ordinationsverfahren) verwendet.

Daten zu Stationen, deren Besiedlung maßnahmebedingten Auswirkungen unterliegen werden, sind aber noch nicht vorhanden. Daher können noch keine Auswirkungen, bzw. Unterschiede in der Besiedlung verschiedener Jahre an einer Station nachgewiesen werden. Folglich kann der für diese Fragestellung notwendige Probenumfang noch nicht exakt bestimmt werden. Allerdings wurde versucht zu berechnen, wie viele Parallelproben benötigt werden, um die bereits vorliegenden Daten zu analysieren. Daraus ergibt sich ein grober Anhaltspunkt, in welchem Maße und mit welcher Anzahl an Parallelproben mögliche Auswirkungen nachgewiesen werden können.

Die Anzahl der benötigten Parallelproben hängt wesentlich von der Größe des Unterschiedes in der Besiedlung zwischen den Stationen ab. Je deutlicher ein Unterschied zu Tage tritt, desto einfacher kann er nachgewiesen werden.

Die in Kap. 4 und 5 dargelegten Ergebnisse zeigen, dass jedes einzelne statistische Verfahren eine eigene Qualität an Aussagemöglichkeit für die Fragestellung bietet. Dieses stellt sich wie folgt dar.

Mittlere Abundanz

Bei der beispielhaften Bestimmung des relativen Standardfehlers bei der Schätzung der mittleren Abundanz einer Art konnte nur in Einzelfällen eine Reduktion des Fehlers bei erhöhtem Probenumfang festgestellt werden. Diese Aussage gilt für die häufigeren Arten, Stetigkeit $\geq 50\%$. Hier führt ein Umfang von vier, fünf oder sechs Parallelproben zu einer ähnlichen Güte der Schätzung, der Mittelwert ist in der Größenordnung zufriedenstellend bestimmt.

Unabhängig vom Probenumfang werden an einer Station immer Einzelfunde einer Art zu verzeichnen sein, deren Abundanz dann (solange die Besiedlung der Station nicht flächendeckend erhoben wird) immer mangelhaft bestimmt ist. Daher kann der Anspruch, die Abundanz oder auch nur die Präsenz „aller“ Arten zufriedenstellend zu bestimmen, nie erfüllt werden. Deswegen können Aussagen z.B. über Auswirkungen anthropogener Einflüsse immer nur auf Grund eines eingeschränkten Arteninventars wissenschaftlich abgesichert getroffen werden. Aus diesem Grund ist der Fehler bei der Berechnung der mittleren Abundanzen aller Arten kein geeignetes Kriterium zur Bestimmung eines notwendigen Probenumfangs.

Die mittlere Gesamtabundanz ist von der Größenordnung her brauchbar mit sechs Proben bestimmt, eine Verringerung auf fünf oder vier Parallelproben bringt keine nennenswerte Verschlechterung der Mittelwertschätzung mit sich.

Allerdings eignet sich die mittlere Gesamtabundanz eher schlecht als Kriterium zum Stationsvergleich. Große Zahlen, die z.B. auf Grund von phasenweisem exponentiellen Wachstum zu Stande kommen, werden überbewertet. D.h., kleine Änderungen in den Gegebenheiten wirken sich überproportional auf die Besiedlung aus. Überdies können gleiche Gesamtabundanzen durchaus von ganz verschiedenen Besiedlungen herrühren. Nur sehr deutliche Auswirkungen werden bei einem Vergleich zwischen Eingriffsbereich und Referenz mit dieser statistischen Größe nachgewiesen werden können. Zur Bestimmung eines geeigneten Probenumfangs sollte sie nicht herangezogen werden.

Arten-Areal-Kurve

Grundsätzlich läßt sich sagen, daß die Nichtberücksichtigung von sehr seltenen Arten zu einem wesentlich geringeren, notwendigen Stichprobenumfang führt. Bei dem vorliegenden Datenmaterial konnte der notwendige Probenumfang allein schon durch Nichtberücksichtigung der Einzelfunde erheblich reduziert werden.

Ausgehend von dem Artenspektrum, das in sechs Parallelproben gefunden wurde, werden für die Reproduzierbarkeit dieser gesamten Artenliste etwa doppelt so viele Parallelproben benötigt. Lässt man hingegen die Einzelfunde unberücksichtigt, so reichen im Mittel an den Stationen im marinen Bereich der Elbe 4 Parallelproben aus, wogegen im limnischen Bereich eher 6 Parallelproben notwendig sind, um das reduzierte Artenspektrum erneut nachzuweisen.

Dieses Vorgehen reduziert zwar das betrachtete Artenspektrum an einzelnen Stationen z.T. erheblich, die sich darauf gründenden Aussagen besitzen aber sicher eine höhere Sicherheit, als Analysen, die auf dem gesamten, erhobenen Artenspektrum beruhen.

Sobald mehrere Stationen miteinander verglichen werden, ist die Reduzierung des Artenspektrums bei der Analyse bei Nichtberücksichtigung von Einzelfunden nicht mehr erheblich, da der Anteil der Einzelfundarten geringer ist.

Die gewonnenen minimalen Beprobungsflächen liefern einen guten Anhaltspunkt, welche Arten bei einem Stationsvergleich berücksichtigt werden sollten.

Relevant sind diese Angaben für Auswertemethoden, bei denen das gesamte Artenspektrum mit einbezogen wird. Werden beispielsweise Stationsvergleiche auf Grund der *kompletten* Artenliste an gestellt, so können diese Aussagen nicht als wissenschaftlich abgesichert gelten. Ähnliches gilt für den Parameter Artenzahlen.

Auch bei der COA sollten nicht alle Besiedlungsangaben mit berücksichtigt werden, da gerade bei diesem Verfahren Einzelfunde bzw. seltene Arten stark gewichtet werden. Das gleiche kann auch für andere, hier nicht betrachtete multivariate Verfahren, beispielsweise, je nach Distanzmaß, für die Cluster-Analyse oder die Multidimensionale Skalierung gelten. Bei der PCA der Kovarianzmatrix spielen seltene Arten nur eine untergeordnete Rolle, so dass hierfür auf eine Bearbeitung der Artenliste verzichtet werden kann.

Ordinationsverfahren

Die PCA ist gut geeignet, die Besiedlungsverhältnisse sowohl im marinen wie auch im limnischen Bereich adäquat darzustellen. Die Ordinationsdiagramme und in Ergänzung dazu die Signifikanztests geben einen guten Hinweis darauf, mit welchem Probenumfang welche Effekte nachgewiesen werden können. Es ist anzumerken, daß sich die auf diesem Wege ermittelten Ergebnisse zur Parallelprobenzahl deutlich mit den Resultaten decken, die mit den Arten-Areal-Kurven (ohne Einzelfunde) gewonnen werden konnten (vgl. dazu Tab. 4.3-1 mit Tab. 4.4-2 und Tab. 5.3-1 mit Tab. 5.4-1), obwohl sie auf einem ganz anderen Ansatz beruhen.

Die Tatsache, dass im marinen Bereich einige Effekte bereits mit 3 Parallelproben nachgewiesen werden können, im limnischen Bereich dagegen dafür mindestens 5 Parallelproben notwendig sind, lässt auch den Schluss zu, dass die Besiedlung an den limnischen Stationen ohne L1 in sich homogener ist, als die der marinen Stationen ohne M3.

Die Ordinationen liefern außerdem deutliche Hinweise darauf, in wie weit Stationen als Referenzen für andere Stationen, die von der Maßnahme betroffen sind, dienen können.

6.2 Empfehlung für Elbe-km 733 - 740 (mariner Bereich)

Im marinen Bereich der Elbe sind bestimmte Unterschiede (und evtl. auch Auswirkungen) bereits mit 3 Parallelproben nachzuweisen, andere mit 4 bis 6 Parallelproben (Tab. 6.2-1). Nur zum abgesicherten Nachweis für den möglicherweise vorhandenen Unterschied zwischen der Eingriffsstation M35 (Fahrinne) und der relativ weit entfernten potentiellen Auswirkungs- bzw. Referenzstation M7 sind mehr als 6 Proben notwendig. Das deutet an, dass Auswirkungen in der Größenordnung eben dieses Ausmaßes evtl. mit 6 Proben nicht als deutlich oder gar signifikant nachgewiesen werden können. Damit ist das Ausmaß einer eventuellen Auswirkung auf die Station M35, welches mit 6 Proben noch als signifikant nachgewiesen werden kann, ungefähr beschrieben. Zusammenfassend läßt sich feststellen, dass beweissicherungsrelevante Auswirkungen der Elbeanpassung möglicherweise mit 3, sehr wahrscheinlich aber mit 6 Parallelproben nachgewiesen werden können.

Tab. 6.2-1: Außenelbe (Strom-km 733-740): Anzahl der notwendigen Parallelproben um signifikante ($p \leq 5\%$, fettgedruckte Zahlen) bzw. deutliche ($p \leq 20\%$) Unterschiede von potentiellen Auswirkungs- bzw. Referenzstationen zu den Eingriffsstationen M35 (Fahrinne) und M16 (Klappstelle) nachzuweisen. Zusätzlich Angabe großer ($p \geq 95\%$; **x**) bzw. deutlicher ($p \geq 80\%$; **x**) Ähnlichkeiten.

Anmerkung: Die große Ähnlichkeit zwischen M35 und M37 wurde in 4 von 4 post-hoc-Tests errechnet. Leere Felder bedeuten, daß keine abgesicherten Aussagen über Unterschiede gemacht werden können, bzw. keine deutlichen Hinweise auf Ähnlichkeiten vorliegen.

Vergleich der Station	Auswirkungs-/Referenzstation				Referenzstat.	
	M7		M9		M42	
M35 (Fahrinne)						
Unterschiede (signifikant /deutlich)			6	5	3	3
Ähnlichkeiten					x	

Vergleich der Station	Auswirkungs-/Referenzstation							
	M3		M7		M9		M27	
M16 (Klappstelle)								
Unterschiede (signifikant /deutlich)	3	3	6	5	5	4	4	3
Ähnlichkeiten								

Zusätzlich bleibt festzustellen, dass sich von den für diesen Bericht untersuchten Stationen keine als Referenz für die Klappstellenstation M16 und sich nur die Station M37 als Referenz für die im Eingriffsbereich der Fahrinne liegende Station M35 eignet (Tab. 6.2-1).

Empfehlung

Aufgrund dieser Erkenntnisse kann folgende Empfehlung für die Beweissicherung Makrozoobenthos im marinen Bereich der Elbe ausgesprochen werden:

Da mit der vorliegenden Datenbasis keine eindeutige Angabe zur Minimalanzahl der notwendigen Parallelproben gemacht werden kann und zum wirklichen Ausmaß möglicher Auswirkungen der Elbeanpassung noch keine qualifizierten Einschätzungen vorgenommen werden können, wird empfohlen, bei der ersten Folgeuntersuchung auch wieder jeweils 6 Parallelproben pro Station zu entnehmen und dann die Untersuchungen über einen geeigneten Probenumfang fortzusetzen.

Anmerkung: Es sollte geprüft werden, ob unter den anderen, hier nicht untersuchten Stationen der Nullmessung, geeignete Referenzstationen für die Eingriffsbereiche zu finden sind, damit der Aufwand für die Beweissicherung den hohen Ansprüchen einer quantitativen Absicherung der Aussagen besser gerecht werden kann.

6.3 Empfehlung für Elbe-km 647 - 653 (limnischer Bereich)

Von den 8 untersuchten Stationen im limnischen Bereich der Elbe unterscheidet sich die Besiedlung der Station L1 sehr deutlich von allen anderen (Tab. 6.3-1). Um diesen Unterschied signifikant nachweisen zu können, sind nur 3 Parallelproben notwendig. Um die Unterschiede innerhalb der übrigen 7 Stationen zu verdeutlichen sind allerdings mindestens 5 Parallelproben notwendig.

Eventuell vorhandene Unterschiede in der Besiedlung zwischen den Stationen L32 und L17 sowie zwischen L26 und L19 sind nur mit mehr als 6 Parallelproben nachweisbar.

Tab. 6.3-1: Unterelbe (Strom-km 732-738): Anzahl der notwendigen Parallelproben um signifikante ($p \leq 5\%$, fettgedruckte Zahlen) bzw. deutliche ($p \leq 20\%$) Unterschiede von potentiellen Auswirkungs- bzw. Referenzstationen zu den Eingriffsstationen in der Fahrrinne L18, L26 und L32 nachzuweisen. Zusätzlich Angabe großer ($p \geq 95\%$; **x**) bzw. deutlicher ($p \geq 80\%$; **x**) Ähnlichkeiten.
 Leere Felder bedeuten, daß keine abgesicherten Aussagen über Unterschiede gemacht werden können, bzw. keine deutlichen Hinweise auf Ähnlichkeiten vorliegen.

Vergleich der Station	Auswirkungs-/Referenzstation									
	L1		L17		L19		L41		L48	
L18 (Fahrinne)										
Unterschiede (signifikant /deutlich)	3	3	5	5		6	6	5	5	4
Ähnlichkeiten										
L26 (Fahrinne)										
Unterschiede (signifikant /deutlich)	3	3								
Ähnlichkeiten			x						x	
L32 (Fahrinne)										
Unterschiede (signifikant /deutlich)	3	3					5	5	6	6
Ähnlichkeiten					x					

Die Ergebnisse in Tab. 6.3-1 zeigen außerdem, dass sich von den für diesen Bericht untersuchten Stationen keine als Referenz für die von dem Eingriff betroffene Fahrinnenstation L18 eignet.

Empfehlung

Aufgrund dieser Erkenntnisse kann folgende Empfehlung für die Beweissicherung Makrozoobenthos im limnischen Bereich der Elbe ausgesprochen werden:

Da mit der vorliegenden Datenbasis keine eindeutige Angabe zur Minimalanzahl der notwendigen

Parallelproben gemacht werden kann und zum wirklichen Ausmaß möglicher Auswirkungen der El-beanpassung noch keine qualifizierten Einschätzungen vorgenommen werden können, wird empfohlen, bei der ersten Folgeuntersuchung auch wieder jeweils 6 Parallelproben pro Station zu entnehmen und dann die Untersuchungen über einen geeigneten Probenumfang fortzusetzen.

Anmerkung: Es sollte geprüft werden, ob unter den anderen, hier nicht untersuchten Stationen der Nullmessung, geeignete Referenzstationen für die Eingriffsbereiche zu finden sind, damit der Aufwand für die Beweissicherung den hohen Ansprüchen einer quantitativen Absicherung der Aussagen besser gerecht werden kann.