

3 ERGEBNISSE

In den Jahren 1991 und 1992 wurden zur Untersuchung der hepatischen EROD-Aktivität insgesamt 4.722 Fischen der Spezies Kliesche (*Limanda limanda*) und Flunder (*Platichthys flesus*) Leberproben entnommen. Die Probenahmen erfolgten im Rahmen mehrerer Fahrten mit verschiedenen Fischereifahrzeugen (s. o. Tab. 1, Tab. 3).

Tabelle 6 (s. u.) gibt eine nach Untersuchungsgebieten gegliederte Übersicht der beprobten Stationen und der Fänge. In den graphischen Darstellungen der Ergebnisse sind die untersuchten Stationen zugunsten einer besseren Übersichtlichkeit und Vergleichbarkeit entsprechend ihrer geographischen Lage gebietsweise angeordnet.

An den in der Nordsee jeweils im Januar beprobten Stationen war nur die Kliesche in den angestrebten Längenbereichen ≤ 12 cm (juvenil) und 17 cm bis 25 cm (adult) vertreten. In der Regel wurden je Probenahmestelle adulte und juvenile Klieschen beider Geschlechter parallel untersucht. Im August 1991 wurden an küstennahen Nordsee-Stationen adulte Klieschen gefangen und ihre Lebern aufgearbeitet.

Flundern wurden entsprechend ihrem Verbreitungsgebiet in ausreichender Anzahl nur in den Ästuaren angetroffen. An bereits deutlich marin beeinflussten Stationen vor den Mündungen von Eider und Tyne sowie im äußeren Ästuar von Elbe und Weser war es an mehreren Stationen möglich, neben Flundern auch Klieschen zu fangen und ihre EROD-Aktivitäten vergleichend zu untersuchen.

Tabelle 6: Anzahl beprobte Stationen und untersuchte Leberproben je Untersuchungsjahr

Gebiet	Spezies	Geschlecht	1991		1992	
			Stationen (n)	Proben (n)	Stationen (n)	Proben (n)
Nordsee Probenahmen im Januar	<i>L. limanda</i>	w _a	18	449	12	282
	<i>L. limanda</i>	m _a	17	357	9	218
	<i>L. limanda</i>	w _j	16	400	14	350
	<i>L. limanda</i>	m _j	(w _j + m _j)	(w _j + m _j)	15	375
Nordsee August Küsten GB, NL, D	<i>L. limanda</i>	w _a	16	349	–	–
	<i>L. limanda</i>	m _a	7	150	–	–
Eider	<i>P. flesus</i>	w _a	3	55	4	89
	<i>P. flesus</i>	m _a	4	62	4	85
	<i>L. limanda</i>	w _a	5	88	2	50
	<i>L. limanda</i>	m _a	1	12	1	11
Elbe	<i>P. flesus</i>	w _a	4	78	4	100
	<i>P. flesus</i>	m _a	4	74	4	98
	<i>L. limanda</i>	w _a	–	–	1	25
Weser	<i>P. flesus</i>	w _a	3	47	3	57
	<i>P. flesus</i>	m _a	1	9	4	66
	<i>L. limanda</i>	w _a	2	44	4	73
	<i>L. limanda</i>	m _a	–	–	1	13
Schelde	<i>P. flesus</i>	w _a	3	26	2	47
	<i>P. flesus</i>	m _a	3	34	2	40
Themse	<i>P. flesus</i>	w _a	5	69	3	75
	<i>P. flesus</i>	m _a	3	65	1	25
Tyne	<i>P. flesus</i>	w _a	3	67	3	60
	<i>P. flesus</i>	m _a	3	65	3	65
	<i>L. limanda</i>	w _a	–	–	1	6
Firth of Forth	<i>P. flesus</i>	w _a	–	–	1	12

Abkürzungen siehe Abkürzungsverzeichnis

GB, NL, D: Länderabkürzungen (Großbritannien, Niederlande, Deutschland)

3.1 Nordsee – EROD-Aktivitäten von Klieschen

3.1.1 Winter 1991

Januar 1991 wurden an Nordsee-Stationen Leberproben von 806 adulten und 400 juvenilen Klieschen genommen (Tab. 6). Adulte Weibchen wurden an jeder der 18 Probenahmestellen gefangen. Adulte Männchen kamen dagegen an 17 und juvenile Klieschen an 16 Stationen in ausreichender Anzahl vor. Die EROD-Aktivitäten sind in den Abbildungen 5 und 6 graphisch dargestellt. Statistische Kenngrößen zur Charakterisierung der untersuchten Stichproben können Anhang A (Tab. A1 a, A1 b) entnommen werden. Die geographische Lage der beprobten Stationen gibt Abbildung 1 (Abschnitt 2.2) wieder. Ausführliche technische und nautische Informationen zu den Probenahmen sowie Angaben zur Wassertiefe und -temperatur und zum Salzgehalt sind in Anhang B (Tab. B1) zusammengefasst.

3.1.1.1 Charakterisierung der Datensätze

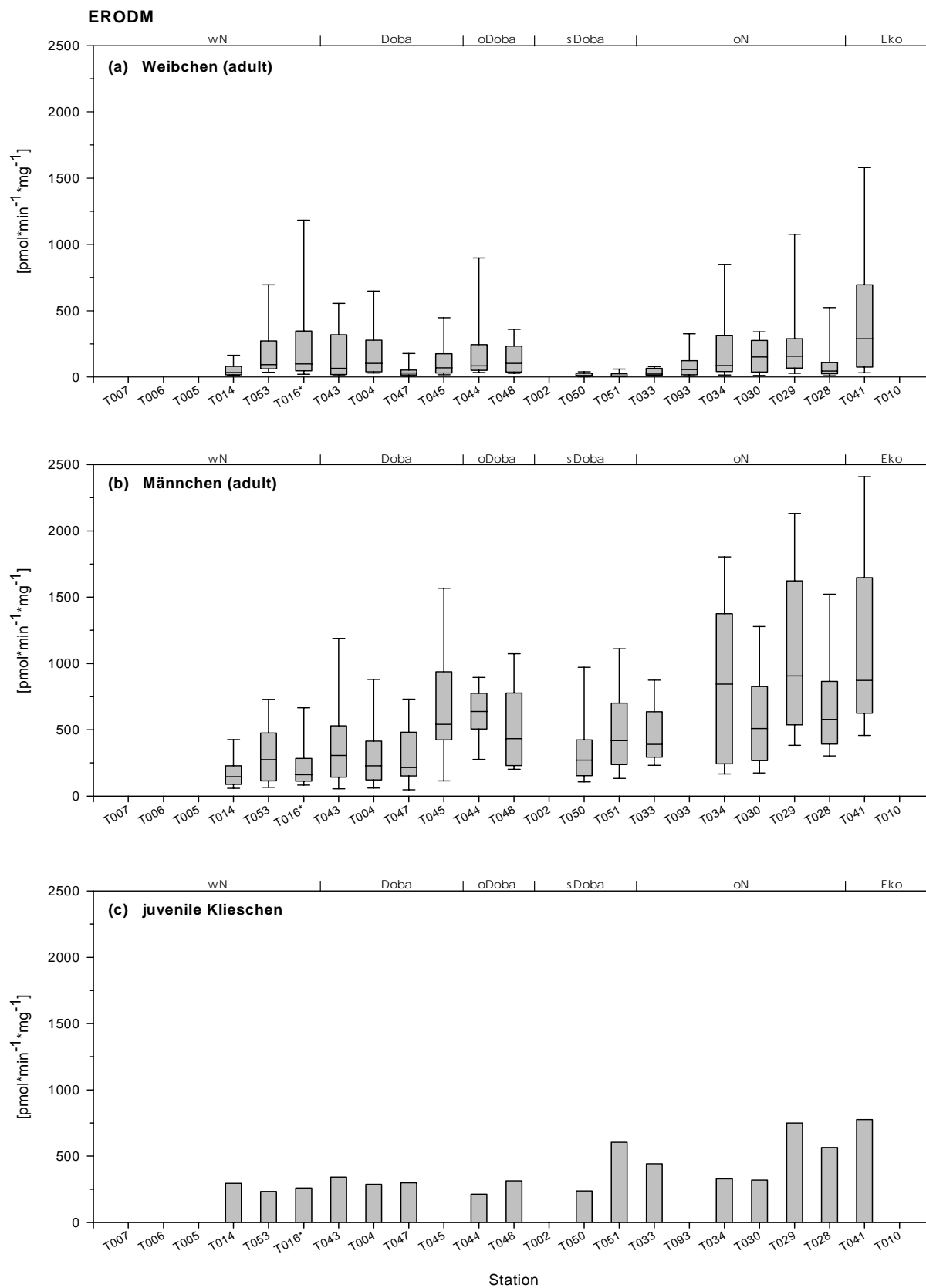
Die Medianwerte der ERODM-Aktivitäten adulter Weibchen streuten zwischen 7,2 und 289,2 $\text{pmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{mg}^{-1}$ (Station T051, T041) (Abb. 5a; Anhang A, Tab. A1 a). An denselben Probenahmestellen waren auch die ERODL-Aktivitäten am niedrigsten bzw. am höchsten (0,3 bis 7,7 $\text{nmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$) (Abb. 6a). Die höchste Enzymaktivität wurde an einer Probe von T029 gemessen (ERODM: 4.697 $\text{pmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{mg}^{-1}$, ERODL: 171 $\text{nmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$). An der Hälfte der untersuchten Stationen waren die mittleren ERODM-Aktivitäten von Kliesenweibchen höher als 70 $\text{pmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{mg}^{-1}$ bzw. höher als 1,8 $\text{nmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ (ERODL). Die niedrigsten mittleren Enzymaktivitäten (ERODM < 35 $\text{pmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{mg}^{-1}$ und ERODL < 1 $\text{nmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$) wurden an fünf Stationen (T014, T033, T047, T050, T051) ermittelt.

Klieschenmännchen hatten mittlere ERODM-Aktivitäten von 145,2 $\text{pmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{mg}^{-1}$ (Station T014) bis 905,0 $\text{pmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{mg}^{-1}$ (T029) (Abb. 5b; Anhang A, Tab. A1 a). Die ERODL-Aktivitäten streuten zwischen 1,7 $\text{nmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ (T047) und 25,6 $\text{nmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ (T029) (Abb. 6b). Die höchsten Enzymaktivitäten von Einzelproben betragen 3.960 $\text{pmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{mg}^{-1}$ (T045) bzw. 111 $\text{nmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ (ERODL, T029). An 8 der 17 Stationen waren die Medianwerte der EROD-Aktivitäten höher als 430 $\text{pmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{mg}^{-1}$ (ERODM) bzw. $\geq 8,5$ $\text{nmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ (ERODL).

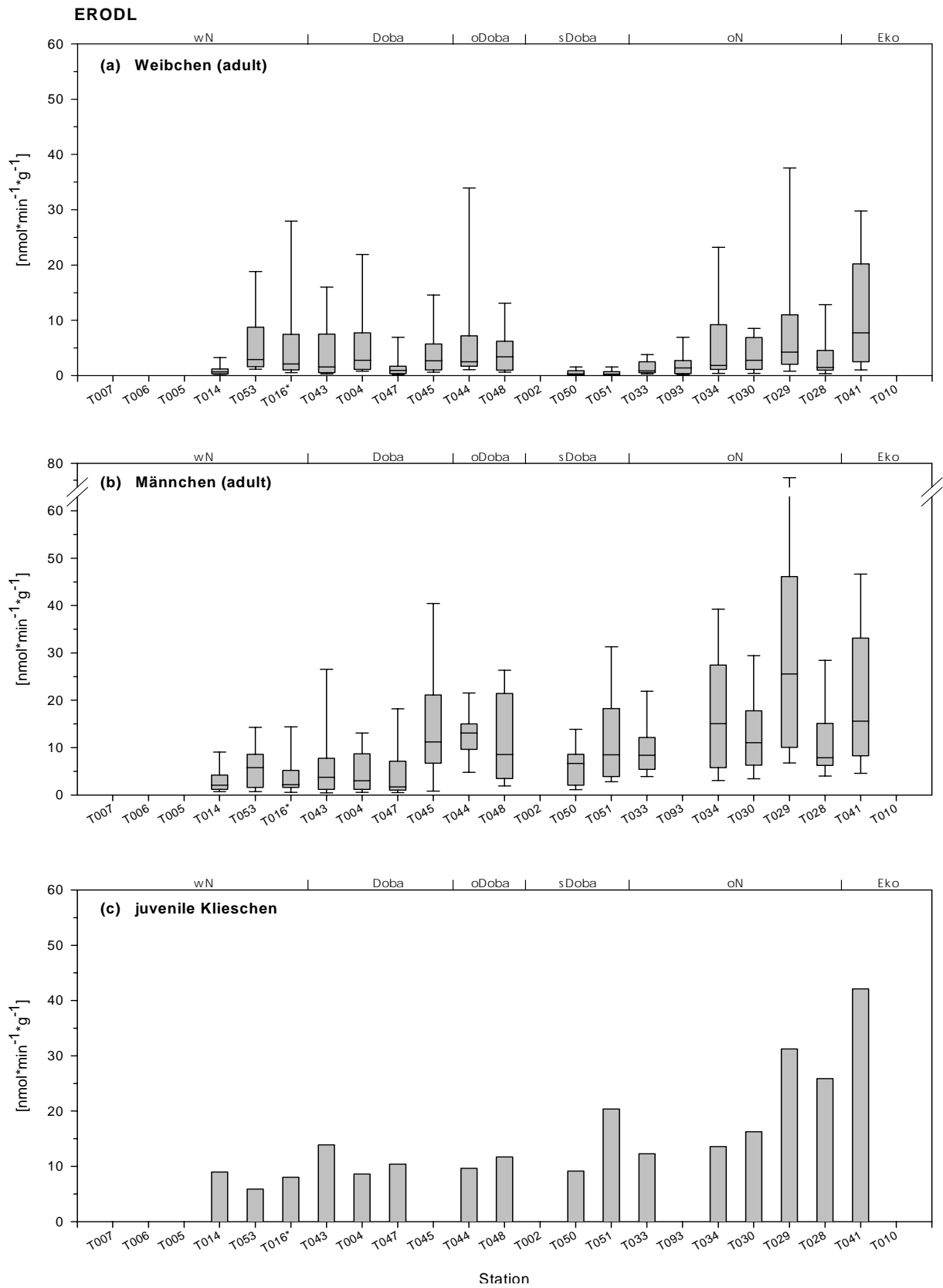
Leberproben juveniler Weibchen und Männchen wurden zusammengefasst und als Mischproben untersucht, weshalb je Station nur ein Messwert vorliegt. Die ERODM-Aktivitäten betragen 212,7 bis 774,2 $\text{pmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{mg}^{-1}$ (T044, T041) und die ERODL-Aktivitäten 5,9 bis 42,1 $\text{nmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ (T053, T041) (Abb. 5c, 6c; Anhang A, Tab. A1 b). An 8 der 16 Stationen waren die EROD-Aktivitäten höher als 300 $\text{pmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{mg}^{-1}$ (ERODM) bzw. 13,5 $\text{nmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ (ERODL).

3.1.1.2 Verteilung der EROD-Aktivitäten im Gesamtgebiet

In diesem Abschnitt werden die geographischen Verteilungsmuster der EROD-Aktivitäten von adulten Kliesenweibchen und -männchen sowie juvenilen Kliesen im untersuchten Nordseegebiet gegenübergestellt und wesentliche Gemeinsamkeiten und Abweichungen herausgestellt. Für die Gegenüberstellung ist es hilfreich, ergänzend zu den Abbildungen (Abb. 5 und 6) auch Tabelle 7 heranzuziehen. Sie gibt für 16 Stationen, an denen adulte und juvenile Kliesen parallel untersucht worden sind, die Medianwerte der Enzymaktivitäten in Form von Rangzahlen wieder (siehe Abschnitt 3.1.1.2.1). Im selben Abschnitt sind die geographischen Verteilungen dieser Rangzahlen in den Abbildungen 7a – c exemplarisch für die ERODM-Aktivität dargestellt.



Abbildungen 5a – c: ERODM-Aktivitäten in Lebern von **Klieschen** (juvenile = Poolproben) an **Nordsee-Stationen** im **Januar 1991**; obere Abszisse: Nordseegebiete, denen die Stationen zugeordnet wurden (vgl. Stationskarte Abbildung 1, Abschnitt 2.2, und Abschnitt 2.2.2)



Abbildungen 6a – c: ERODL-Aktivitäten in Lebern von **Klieschen** (juvenile = Poolproben) an **Nordsee-Stationen** im **Januar 1991**; obere Abszisse: Nordseegebiete, denen die Stationen zugeordnet wurden (vgl. Stationskarte Abbildung 1, Abschnitt 2.2, und Abschnitt 2.2.2)

In den drei Vergleichsgruppen traten die höchsten mittleren ERODM- und ERODL-Aktivitäten im Ekofisk-Ölfeld (T041) und in der Deutschen Bucht an der westlich von Sylt gelegenen Probenahmestelle T029 auf (Abb. 5 und 6). Beiden Stationen wurden wegen der dort gemessenen relativ hohen Enzymaktivitäten in jeder Gruppe die höchsten Rangzahlen (Rang 15 oder 16) zugewiesen (Tab. 7). In der Deutschen Bucht wurden bei adulten und juvenilen Klieschen von drei weiteren Stationen relativ hohe Enzymaktivitäten nachgewiesen. Diese Stichproben-Medianwerte erhielten Ränge zwischen 9 und 14. Die auffälligen Stationen waren T030 – westlich von T029 und südlich Lister Tief – und Station T034, südöstlich davon auf der Höhe von Eiderstedt. Außerdem wurden an Lebern von Männchen und juvenilen Klieschen von Station T033, im ehemaligen Verklappungsgebiet für Abfälle aus der Titandioxidproduktion, und vor der dänischen Küste (T028) hohe Enzymaktivitäten nachgewiesen.

Es bleibt festzuhalten, dass adulte und juvenile Klieschen an fünf von sechs in der östlichen Nordsee untersuchten Stationen vergleichsweise hohe hepatische Enzymaktivitäten hatten. Die Medianwerte der Stichproben, ausgedrückt als Rangzahlen auf der Basis von 16 Stationen, belegten ausschließlich die oberen Ränge (9 bis 16 in Tab. 7). Abschließend kann festgestellt werden, dass das Gebiet östliche Nordsee mit Deutscher Bucht und dänischer Küste ein Schwerpunkt hoher EROD-Aktivitäten war.

Ein weiteres Nordseegebiet mit vergleichsweise hohen EROD-Aktivitäten adulter Klieschen war der Ostrand der Doggerbank (T045) – juvenile Klieschen konnten hier nicht in ausreichender Anzahl gefangen werden – und das Gebiet zwischen Doggerbank und dänischer Küste (T044, T048), wo auch juvenile Klieschen mit hohen Enzymaktivitäten vertreten waren (Abb. 5, 6). Weiterhin wurden am Westrand der Doggerbank relativ hohe Enzymaktivitäten bei juvenilen Klieschen (T043) und adulten Weibchen (T004) beobachtet sowie bei juvenilen Klieschen und adulten Männchen auch im Süden der Doggerbank (T051). Weibchen hatten außerdem relativ hohe Enzymaktivitäten vor der Humber-Mündung (T016*) und nordöstlich davon an Station T053.

Niedrige Enzymaktivitäten (Ränge 1 bis 5 in Tab. 7) traten ausschließlich in der zentralen Nordsee, bevorzugt aber zwischen dem Westrand der Doggerbank und der britischen Küste auf (Abb. 5, 6). Hervorzuheben sind die Stationen T014 vor der Tyne-Mündung und T050 südlich der Doggerbank, an denen adulte und juvenile Klieschen gleichermaßen relativ niedrige mittlere Enzymaktivitäten hatten. Jede der verglichenen Gruppen war an einer der Stationen, die zwischen dem Ostrand der Doggerbank und der dänischen Küste lagen, mit niedriger mittlerer Enzymaktivität vertreten. Adulte Männchen und juvenile Klieschen hatten im Gegensatz zu adulten Weibchen an Stationen auf der westlichen Doggerbank (T004, T043), vor der Humber-Mündung (T016*) und nordöstlich davon an T053 niedrige Aktivitäten. Dagegen war die Enzymaktivität von Weibchen abweichend von adulten Männchen und juvenilen Klieschen südlich der Doggerbank an Station T051 am niedrigsten. Diese Verteilungen zeigen, dass zwischen den drei Vergleichsgruppen bei den niedrigen EROD-Aktivitäten kein gemeinsamer Trend hinsichtlich der geographischen Verteilung bestand. Dies steht im Widerspruch zu den für die hohen EROD-Aktivitäten beschriebenen Gemeinsamkeiten.

Das für das untersuchte Nordseegebiet beschriebene Verteilungsmuster hoher und niedriger ERODM- und ERODL-Aktivitäten ließ sich nur teilweise mit dem H-Test nach Kruskal und Wallis statistisch absichern. Klieschenweibchen hatten an den Stationen T050, T051 und T014 signifikant ($\alpha = 0,05$ und besser) niedrigere EROD-Aktivitäten als an den meisten anderen Probenahmestellen. Darüber hinaus waren die hohen EROD-Aktivitäten der Stichproben von den Stationen T041 und T029 gegenüber Stichproben mit relativ niedrigen Enzymaktivitäten, das war etwa ein Drittel aller Stationen, signifikant höher (Prüfergebnisse für adulte Weibchen s. Anhang A, Tab. A11). Dementsprechend waren auch die EROD-Aktivitäten von Männchen nur dann signifikant verschieden, wenn Stationen mit deutlich verschieden hohen EROD-Medianwerten miteinander verglichen wurden. So waren die an Stationen T041 und T029 gemessenen Aktivitäten signifikant höher als an T014 und T016* ($\alpha = 0,01$). Die an Station T029 im Verhältnis zu anderen deutlich höheren ERODL-Aktivitäten waren zusätzlich signifikant von den Stationen T004 und T047 verschieden ($\alpha = 0,05$) Weitere Signifikanzen wurden nicht beobachtet. Die Lebern von juvenilen Klieschen sind stationsweise in je einer Mischprobe ($n = 25$) untersucht worden, weshalb die Rangvarianzanalyse nicht angewandt werden konnte.

3.1.1.2.1 Vergleich der Rangzahlen

Nachfolgend werden die Verteilungsmuster der EROD-Aktivitäten von adulten und juvenilen Klieschen jeweils getrennt für ERODM und ERODL anhand der durch Rangzahlen ersetzten Medianwerte miteinander verglichen. Es werden 16 Stationen betrachtet, an denen alle drei Gruppen (adulte Weibchen, adulte Männchen, juvenile Klieschen) parallel untersucht wurden (Tab. 7). Wegen der großen Anzahl zu vergleichender Stationen ist es vertretbar, bei einer Abweichung zwischen den Vergleichsgruppen um bis zu zwei Rängen an einer Station im Folgenden noch eine gute Übereinstimmung der Rangzahlen anzunehmen.

Stationen, an denen adulte Weibchen und Männchen bzw. adulte und juvenile Tiere ähnliche Rangzahlen hatten, waren über das gesamte Untersuchungsgebiet verteilt (Tab. 7). Die geographischen Verteilungen der ERODM-Rangzahlen von Klieschen in der Nordsee gibt Abbildung 7 wieder. Schwerpunktmäßig wurden Übereinstimmungen der Rangzahlen in der östlichen Nordsee (T028, T029, T030) und im Ekofisk-Ölfeld (T041) beobachtet, also an Stationen, an denen allgemein hohe EROD-Aktivitäten beobachtet wurden. Zwischen den drei Vergleichsgruppen stimmten die Verteilungen der für die ERODL-Aktivitäten eingesetzten Ränge besser überein als die Ränge der ERODM-Aktivität.

Adulte Männchen und juvenile Klieschen stimmten hinsichtlich der geographischen Verteilungen der Ränge gut überein, und zwar unabhängig davon, ob die Verteilungen der ERODM-Aktivitäten oder ERODL-Aktivitäten gegenübergestellt wurden. Die Rangzahlen wichen an acht (ERODM) bzw. neun (ERODL) Stationen um höchstens zwei Ränge voneinander ab (Tab. 7). In der Regel trat diese Übereinstimmung an einer Station parallel bei ERODM und ERODL auf. Zwischen adulten Weibchen einerseits und juvenilen Klieschen bzw. adulten Männchen andererseits traten eben-

falls Gemeinsamkeiten bezüglich der geographischen Verteilungen ihrer EROD-Aktivitäten auf, allerdings seltener als zwischen Männchen und Juvenilen. An jeweils etwa einem Drittel der Stationen stimmten die EROD-Rangzahlen von adulten Weibchen und juvenilen Klieschen bzw. adulten Weibchen und Männchen gut überein. Dieses Verhältnis galt sowohl für die ERODM-Aktivität als auch für die ERODL-Aktivität.

Tabelle 7: EROD-Aktivitäten von adulten und juvenilen Klieschen aus der Nordsee im Januar 1991 ausgedrückt als Rangzahlen

Station	Rangzahl					
	ERODM			ERODL		
	w _a	m _a	w _j /m _j	w _a	m _a	w _j /m _j
T014	5	1	6	3	2	4
T053	10	6	2	13	6	1
T016*	11	2	4	9	3	2
T043	7	7	11	7	5	10
T004	13	4	5	12	4	3
T047	4	3	7	5	1	7
T044	8	13	1	10	13	6
T048	12	10	8	14	11	11
T050	2	5	3	2	7	5
T051	1	9	14	1	10	13
T033	3	8	12	4	9	8
T034	9	14	10	8	14	9
T030	14	11	9	11	12	12
T029	15	16	15	15	16	15
T028	6	12	13	6	8	14
T041	16	15	16	16	15	16

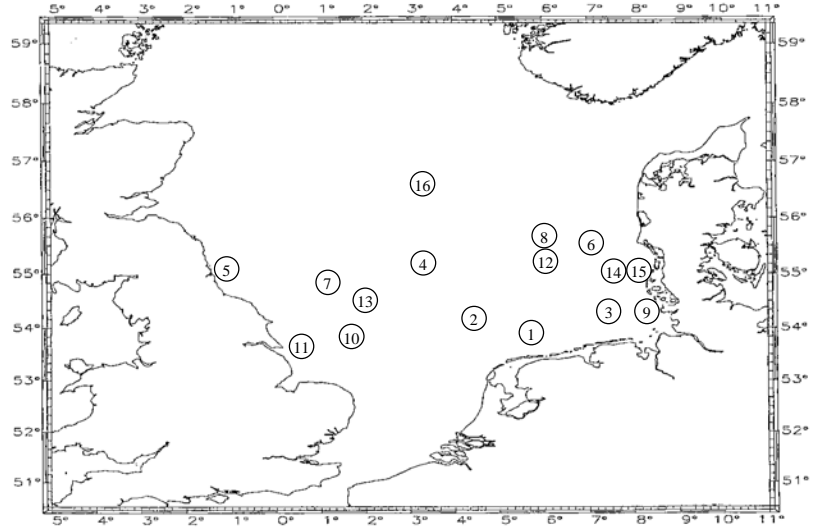
Abkürzungen siehe Abkürzungsverzeichnis
In dieser Tabelle sind 16 Stationen berücksichtigt, an denen alle drei Gruppen parallel untersucht worden sind.

Tabelle 8: Korrelationen der geographischen EROD-Verteilungen adulter und juveniler Klieschen im Januar 1991 unter Berücksichtigung von Nordsee-Stationen zu denen jeweils Werte von zwei Vergleichsgruppen vorliegen (Spearman-Rangkorrelation, einseitige Fragestellung)

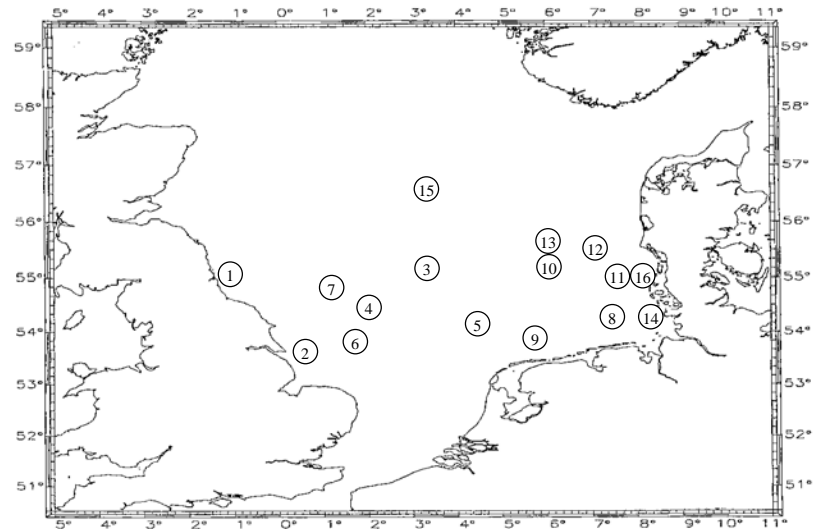
Vergleichsgruppen	ERODM		ERODL		n
	rs	Signifikanz	rs	Signifikanz	
w _a - m _a	0,4240	x	0,5270	x	17
w _a - w _j /m _j	0,1647	–	0,2471	–	16
m _a - w _j /m _j	0,5618	x	0,6853	xx	16

n: Anzahl der Stationen, weitere Abkürzungen siehe Abkürzungsverzeichnis
x: auf dem 5%-Niveau signifikant, xx: auf dem 1%-Niveau signifikant, –: nicht signifikant

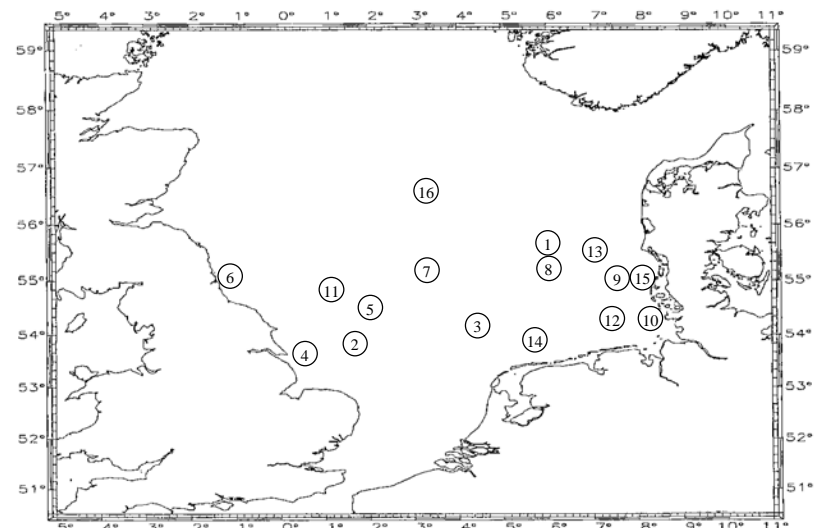
(a) adulte Weibchen



(b) adulte Männchen



(c) juvenile



Abbildungen 7a – c: Geographische Verteilungen der ERODM-Aktivitäten von Klieschen dargestellt als Rangzahlen für 16 Nordsee-Stationen, Januar 1991 (jeweils: Rangzahl 1 =niedrigste, Rangzahl 16 =höchste mittlere ERODM-Aktivität)

Die geographischen Verteilungen der EROD-Ränge stimmten statistisch signifikant überein, wie sich anhand der errechneten Rangkorrelationskoeffizienten zeigen ließ (Tab. 8). Auffällig war, dass die Verteilungen der EROD-Aktivitäten adulter Klieschen korrelierten. Dagegen gab es keine Übereinstimmungen zwischen den geographischen Verteilungen der EROD-Ränge adulter Weibchen und juveniler Klieschen. Bei den verglichenen Stichproben ($n = 17$) ist auch eine Station berücksichtigt worden, an der nur adulte Klieschen untersucht worden sind.

3.1.1.2.2 Vergleich der ERODM- und ERODL-Aktivitäten

Bei adulten Klieschenweibchen und -männchen stimmten jeweils die geographischen Verteilungen ihrer ERODM- und ERODL-Aktivitäten gut überein, wie sich anhand der Rangzahlen zeigen ließ (Tab. 7). Für Weibchen wurden an 14 Stationen entweder identische (sechs Stationen) Rangzahlen berechnet oder sie wichen um einen oder zwei Rangplätze voneinander ab. Die ERODM- und ERODL-Werte der Männchen hatten ebenfalls an sechs Stationen gleiche Rangzahlen. Sie waren an neun weiteren um höchstens zwei Plätze verschieden. Bei juvenilen Klieschen traten übereinstimmende Rangzahlen bei ERODM und ERODL an zwölf Stationen auf (Tab. 7).

3.1.1.3 Verteilung der EROD-Aktivitäten in Teilgebieten

In der nachfolgenden Gegenüberstellung fangplatzabhängiger EROD-Aktivitäten in Teilgebieten werden die oben beschriebenen Schwerpunkte (siehe 3.1.1.2) aufgegriffen und statistisch differenzierter betrachtet.

Für die östliche Nordsee können die regionalen Verteilungen der EROD-Aktivitäten adulter und juveniler Klieschen durch mehrere Gradienten beschrieben werden. Die EROD-Aktivitäten adulter Weibchen stiegen in der Deutschen Bucht entlang der Küste von Süden (T033, T034 querab Eiderstedt) nach Norden (T030, T029 querab Sylt) an (Abb. 5a, 6a). An Station T030 waren die EROD-Medianwerte 7-mal (ERODM) bzw. 3-mal (ERODL) höher als an T033 (s. u. Tab. 9). Ferner waren an beiden westlich von Sylt gelegenen Stationen (T030, T029) die ERODM-Medianwerte signifikant höher ($\alpha = 0,05$) als südlich davon an Station T033 im ehemaligen Verklappungsgebiet für Abfälle aus der Titandioxidproduktion. Darüber hinaus deuten die Verteilungen der Enzymaktivitäten auf zur Küste gerichtete Gradienten hin. In Küstennähe (T029 und T034) waren die ERODM-Medianwerte zwischen 5 % und 300 % höher als an den jeweils vorgelagerten küstenfernen Stationen (T030 bzw. T033) (Tab. 9). Für das Stationspaar T033 und T034 war der Unterschied signifikant ($\alpha = 0,05$). Die Verteilung der ERODL-Werte deutete ebenfalls auf eine zur Küste hin ansteigende Enzymaktivität hin (Abb. 6a), jedoch ist diese Beobachtung statistisch nicht abgesichert.

Die EROD-Aktivitäten von Klieschenmännchen waren in der östlichen Nordsee ähnlich verteilt wie die der Weibchen (Abb. 5, 6). Die mittleren ERODM- und ERODL-Aktivitäten adulter Männ-

chen stiegen in der Deutschen Bucht dem Küstenverlauf folgend von Süd nach Nord an (Abb. 5b, 6b). Sie waren an den westlich von Sylt gelegenen Stationen (küstenfern: T030, küstennah: T029) zwischen 7 % und 70 % höher als an der jeweils direkt südlich davon querab von Eiderstedt gelegenen Station T033 bzw. T034 (Tab. 9). Die ERODL-Aktivitäten der Stichproben von T029 und T033 waren signifikant ($\alpha = 0,01$) verschieden. Daneben stiegen beide EROD-Parameter von den küstenfernen zu den küstennahen Stationen T033 – T034 bzw. T030 – T029 um 80 % bis 130 % deutlich an (Tab. 9). Allerdings waren diese Verteilungen statistisch nicht signifikant.

Die ERODM- und ERODL-Aktivitäten juveniler Klieschen (Abb. 5c, 6c) stiegen in der Deutschen Bucht in Küstennähe von Süd (T034) nach Nord (T029) um etwa 130 % an (Tab. 9). Selbst vor der dänischen Küste (T028) wurde noch eine deutlich höhere Enzymaktivität registriert als an Station T034. Schließlich stiegen vor Sylt die Enzymaktivitäten in Richtung Küste an. Beide Parameter waren an der küstennahen Station T029 mindestens doppelt so hoch wie an der küstenfernen Station T030 (Tab. 9). Vor Eiderstedt (T033, T034) stieg zwar die ERODL-Aktivität leicht an, die ERODM-Aktivität fiel jedoch um etwa 25 % zur Küste hin ab.

Im Bereich der Doggerbank wurde an Klieschenweibchen und -männchen hinsichtlich der Verteilungen ihrer EROD-Aktivitäten ein Gefälle von Ost nach West beobachtet. An den Stationen T044 und T048 im Seegebiet zwischen der Doggerbank und der dänischen Küste hatten Klieschenweibchen signifikant höhere EROD-Aktivitäten als an Station T047 im Zentrum der Doggerbank (Abb. 5a, 6a). Weiter südwestlich (Station T004) waren die Messwerte wieder ähnlich hoch wie an den Stationen T044 und T048. Männchen hatten sowohl am östlichen Ausläufer der Doggerbank (Station T045) als auch im Nordseegebiet zwischen der Doggerbank und der dänischen Küste (T044, T048) hohe Enzymaktivitäten (Abb. 5b, 6b). Sie waren an Station T044 signifikant ($\alpha = 0,01$) höher als an den Stationen T004 und T047 am Westrand der Doggerbank. Die Verteilung der EROD-Aktivitäten juveniler Klieschen (Abb. 5c, 6c) ließ auf Enzym-Induktionen am westlichen Ausläufer der Doggerbank (T043) und im Osten der Bank an Station T044 und T048 schließen. Anhand der Datenlage lässt sich jedoch nicht feststellen, ob ein in diese Richtung verlaufender Gradient vorlag, zumal die Enzymaktivitäten an den dazwischen liegenden Stationen niedriger waren und sich nur wenig änderten.

Entlang der britischen Küste stiegen die EROD-Aktivitäten adulter Klieschen von Nord nach Süd an (Abb. 5, 6). Weibchen hatten vor der Tyne-Mündung (Station T014) signifikant niedrigere ($\alpha = 0,01$) Enzymaktivitäten als an den weiter südlich untersuchten Stationen T016* und T053 zwischen Humber-Mündung und Doggerbank. Die Medianwerte der ERODM- und ERODL-Aktivitäten stiegen in diese Richtung um 170 % bis 330 % an (Tab. 9). Für Männchen wurde eine ähnliche Verteilung mit deutlich niedrigeren prozentualen Unterschieden nachgewiesen. Die Stichproben waren nicht signifikant voneinander verschieden. Bei juvenilen Klieschen (Abb. 5c, 6c) wurde ein Anstieg von Nord nach Süd um etwa 30 % allein für den ERODL-Parameter zwischen T014 und T053 errechnet (Tab. 9). Ferner waren die querab der Tyne-Mündung gemessenen Enzymaktivitäten etwas höher als vor der Humber-Mündung.

3.1.1.4 Vergleich der Probenkollektive benachbarter Stationen

Die ERODM- und ERODL-Medianwerte adulter Weibchen variierten zwischen den paarweise gegenübergestellten Stationen deutlich stärker (etwa dreiviertel der Stationspaare) als die entsprechenden Medianwerte von Männchen (Tab. 9). Bei Weibchen und Männchen hatte die prozentuale Differenz zwischen den beiden Stationen sechsmal ein unterschiedliches Vorzeichen, d. h., die Enzymaktivität stieg bei den einen an, während sie bei den anderen abnahm. Adulte Weibchen hatten zwischen benachbarten Stationen auch stärker variierende EROD-Parameter als juvenile Klieschen (Tab. 9). Das Vorzeichen der Änderung der EROD-Aktivität war in beiden Gruppen häufig verschieden (ERODM: n = 11, ERODL: n = 8). Eine bessere Übereinstimmung der prozentualen Stationsunterschiede ließen dagegen adulte Männchen und juvenile Klieschen erkennen. Bei beiden Gruppen hatte je Stationspaar die prozentuale Änderung meistens ein identisches Vorzeichen.

Tabelle 9: Gegenüberstellung der EROD-Aktivitäten von Klieschen an benachbarten Nordsee-Stationen im Januar 1991

Stations- paar	ERODM (% Differenz)			ERODL (% Differenz)		
	w _a	m _a	w _j /m _j	w _a	m _a	w _j /m _j
T014 - T016*	+187	+11	-12	+209	+3	-11
T014 - T043	+90	+110	+15	+137	+80	+55
T014 - T053	+171	+89	-21	+331	+177	+34
T043 - T053	+43	-10	-32	+82	+54	-58
T043 - T004	+57	-25	-16	+75	-21	-38
T043 - T047	-54	-30	-13	-42	-54	-25
T043 - T045	+5	+77	-	+69	+198	-
T004 - T047	-71	-6	+4	-67	-43	+21
T004 - T045	-33	+137	-	-3	+275	-
T047 - T045	+128	+152	-	+189	+553	-
T053 - T050	-88	-2	+2	-89	+16	+55
T050 - T051	-35	+55	+155	-13	+27	+123
T051 - T093	+661	-	-	+411	-	-
T051 - T033	+196	-7	-27	+222	-1	-40
T093 - T033	-61	-	-	-37	-	-
T033 - T034	+302	+116	-25	+112	+80	+10
T033 - T030	+606	+30	-28	+217	+32	+32
T033 - T028	+114	+48	+29	+69	-6	+111
T030 - T029	+5	+78	+139	+54	+132	+93
T030 - T028	-70	+14	+77	-47	-29	+60
T029 - T028	-71	-36	-25	-65	-69	-17
T034 - T029	+84	+7	+128	+131	+70	+131

Abkürzungen siehe Abkürzungsverzeichnis

Spalte Stationspaar: Medianwert an der linken Station jeweils = 100 %:

positiver Wert, negativer Wert: Median an der rechte Station um ... % höher bzw. ... % niedriger als an der linken Station

-: ohne Vergleichswert

3.1.1.5 Abhängigkeit der EROD-Aktivität von Geschlecht und Geschlechtsreife

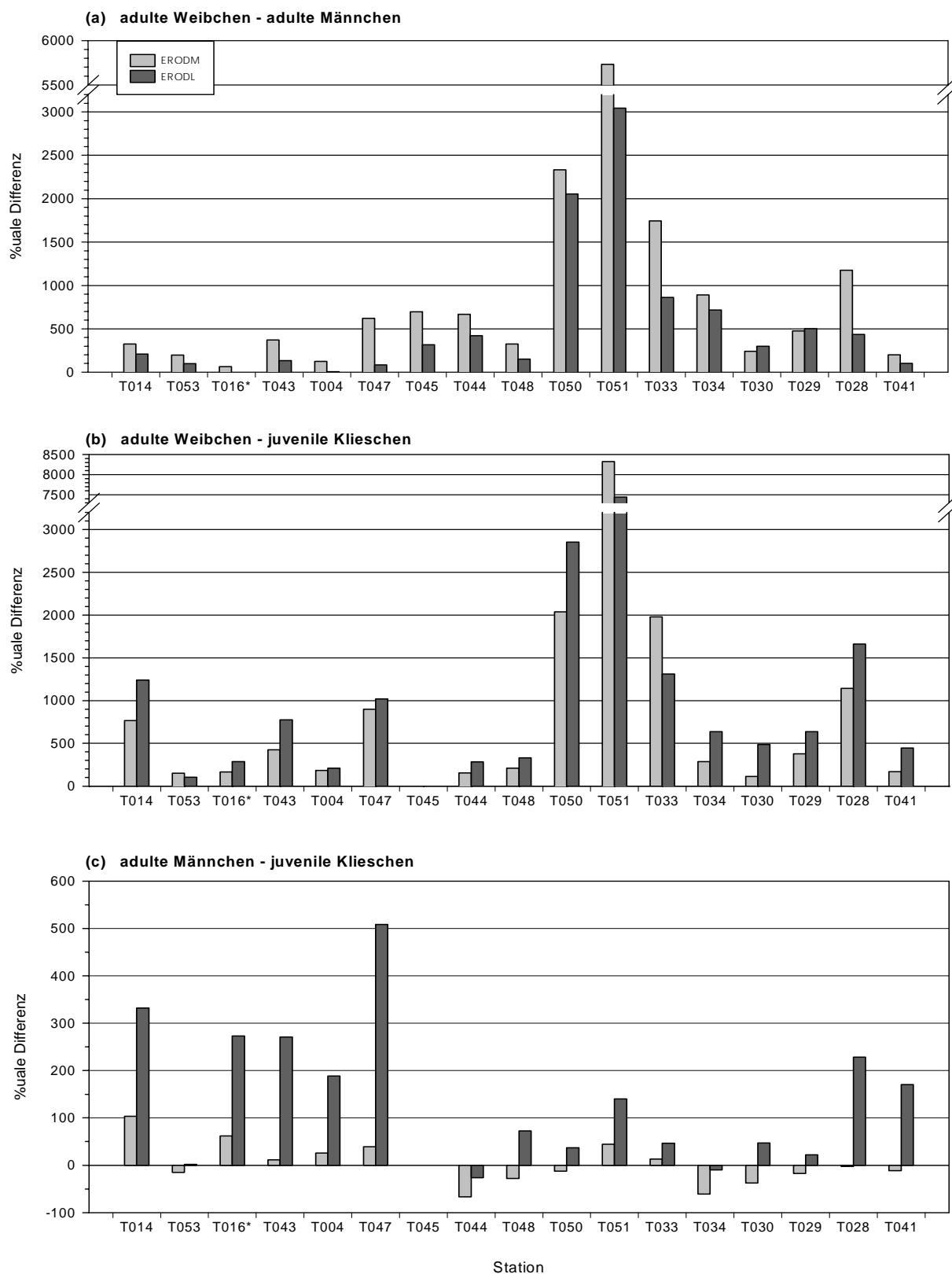
Nachfolgend wird stationsweise geprüft, inwieweit die EROD-Aktivitäten der untersuchten Klieschen bei adulten Tieren geschlechtsspezifisch waren und welche Unterschiede zwischen diesen und noch nicht geschlechtsreifen Fischen bestanden. Zu diesem Zweck werden je nach Fragestellung die Stichproben und/oder die Medianwerte gegenübergestellt. Lebern juveniler Klieschen wurden je Station in einer Mischprobe zusammengefasst untersucht, weshalb statistische Auswertungen, die über eine Berechnung relativer Unterschiede hinausgehen, nicht möglich waren.

3.1.1.5.1 Adulte Klieschen

An jeder der 17 Stationen, an denen adulte Klieschen beiderlei Geschlechts parallel untersucht wurden, hatten Männchen eine deutlich höhere mittlere ERODM-Aktivität als Weibchen (Medianwert jeweils als Bezugsgröße = 100 %) (Abb. 8a). Die Medianwerte von Männchen waren verglichen mit den Medianwerten von Weibchen um 64 % (Station T016*) bis 5.700 % (T051) größer. An neun Stationen hatten Männchen eine mehr als fünfmal höhere Enzymaktivität. Der unter Berücksichtigung aller 17 Stationen höchste ERODM-Medianwert von Weibchen (knapp $290 \text{ pmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{mg}^{-1}$) wurde von Männchen an elf Stationen übertroffen. Diese deutlichen Unterschiede zwischen den Stichproben waren an 15 Stationen mindestens auf dem 5%-Niveau signifikant, wie die Analyse mit dem U-Test ergab (Tab. 10). Für die Stationen T053 und T016* kann die Nullhypothese, kein signifikanter Unterschied zwischen den Vergleichsgruppen, angenommen werden. Männchen hatten darüber hinaus an jeder Station eine deutlich höhere ERODL-Aktivität als Weibchen (Abb. 8a). Der kleinste und größte relative Unterschied zwischen den Medianwerten wurde auch bei diesem Parameter an T016* (+4 %) und T051 (+3.000 %) ermittelt. Insgesamt hatten Männchen an acht Stationen eine mehr als fünfmal höhere ERODL-Aktivität. Der Unterschied zwischen Weibchen und Männchen war an zwölf Stationen mindestens signifikant (Irrtumswahrscheinlichkeit 5 % oder 1 %) (Tab. 10). Wie Abbildung 8a zu entnehmen ist, waren die prozentualen Unterschiede zwischen den ERODM-Werten in der Regel größer als zwischen den ERODL-Werten.

3.1.1.5.2 Adulte und juvenile Klieschen

Adulte Klieschenweibchen und -männchen sowie juvenile Klieschen wurden an 16 Stationen parallel untersucht. Juvenile Klieschen hatten an jeder Station mindestens doppelt so hohe mittlere ERODM- und ERODL-Aktivitäten als adulte Weibchen (Medianwert = 100 %) (Abb. 8b). An sieben Stationen waren die ERODM- und an elf Stationen die ERODL-Werte mehr als fünfmal höher. Die mittleren Enzymaktivitäten wichen an T051 am stärksten voneinander ab (+8.325 %). Die ERODL-Werte der juvenilen Klieschen waren an dieser Station knapp 75-mal höher als bei adulten Weibchen (Abb. 8b).



Abbildungen 8a – c: Prozentuale Unterschiede zwischen den EROD-Aktivitäten adulter und juveniler Klieschen an Nordsee-Stationen im Januar 1991; (a) und (b): Medianwert adulter Weibchen jeweils = 100 %, (c): Medianwert adulter Männchen jeweils = 100 %

Die Gegenüberstellung der EROD-Aktivitäten juveniler Klieschen und adulter Männchen ergab eine wesentlich bessere Übereinstimmung zwischen diesen beiden Gruppen als zwischen adulten Klieschen oder adulten Weibchen und juvenilen Tieren. Juvenile Klieschen hatten an neun Stationen nur um bis zu 67 % niedrigere und an sieben Stationen um bis zu 103 % höhere mittlere ERODM-Aktivitäten als adulte Männchen (Medianwert = 100 %) (Abb. 8c). Juvenile Klieschen hatten allerdings an der Mehrzahl der Stationen ($n = 14$) eine höhere ERODL-Aktivität als adulte Männchen. An zehn Stationen waren die ERODL-Aktivitäten um bis zu dreimal höher. Nur an vier Stationen in der westlichen Nordsee wurden auch größere Unterschiede (Faktor 4 bis 6) beobachtet. Die Vergleichsgruppen unterschieden sich am deutlichsten an Station T047. Wie die Gegenüberstellung der EROD-Aktivitäten von juvenilen und adulten Klieschen zeigt, wichen die ERODL-Aktivitäten stärker voneinander ab als die ERODM-Aktivitäten (Abb. 8).

Tabelle 10: Gegenüberstellung der EROD-Aktivitäten von adulten Klieschenweibchen und -männchen an Nordsee-Stationen im Januar 1991 (U-Test)

Station	ERODM		ERODL	
	Signifikanz	Unterschied (%)	Signifikanz	Unterschied (%)
T014	xx	+ 326,4	xx	+ 210,4
T053	n.s.	+ 196,5	n.s.	+ 99,7
T016*	n.s.	+ 64,4	n.s.	+ 3,9
T043	xx	+ 371,0	n.s.	+ 135,8
T004	x	+ 124,5	n.s.	+ 7,2
T047	xx	+ 620,2	x	+ 83,9
T045	xx	+ 695,5	xx	+ 314,9
T044	xx	+ 668,3	xx	+ 420,7
T048	xx	+ 326,9	xx	+ 150,6
T050	xx	+ 2332,9	xx	+ 2054,8
T051	xx	+ 5731,7	xx	+ 3044,4
T033	xx	+ 1742,8	xx	+ 862,1
T034	xx	+ 890,0	x	+ 717,4
T030	xx	+ 240,2	xx	+ 299,6
T029	xx	+ 477,1	xx	+ 501,4
T028	xx	+ 1175,8	xx	+ 436,1
T041	xx	+ 201,5	n.s.	+ 101,9

x, xx: Stichproben signifikant verschieden, x: $\alpha = 0,05$, xx: $\alpha = 0,01$; n.s.: nicht signifikant

Unterschied (%): Medianwert Weibchen = 100 %

positiver Wert: Medianwert Männchen > Medianwert Weibchen

negativer Wert: Medianwert Männchen < Medianwert Weibchen

3.1.2 Winter 1992

Januar 1992 sind in der Nordsee 17 verschiedene Stationen beprobt und Leberproben von insgesamt 500 adulten und 725 juvenilen Klieschen genommen worden (Tab. 6, Abschnitt 3). Die Stationen sind Abb. 1 bzw. der ausklappbaren Karte hinter dem Anhang zu entnehmen. In diesem Jahr wurden auch juvenile Klieschen nach Geschlecht getrennt untersucht. Somit liegen je Station Ergebnisse über EROD-Aktivitäten von bis zu vier Gruppen (w_a , m_a , w_j , m_j) vor. Trotz mehrerer Hols

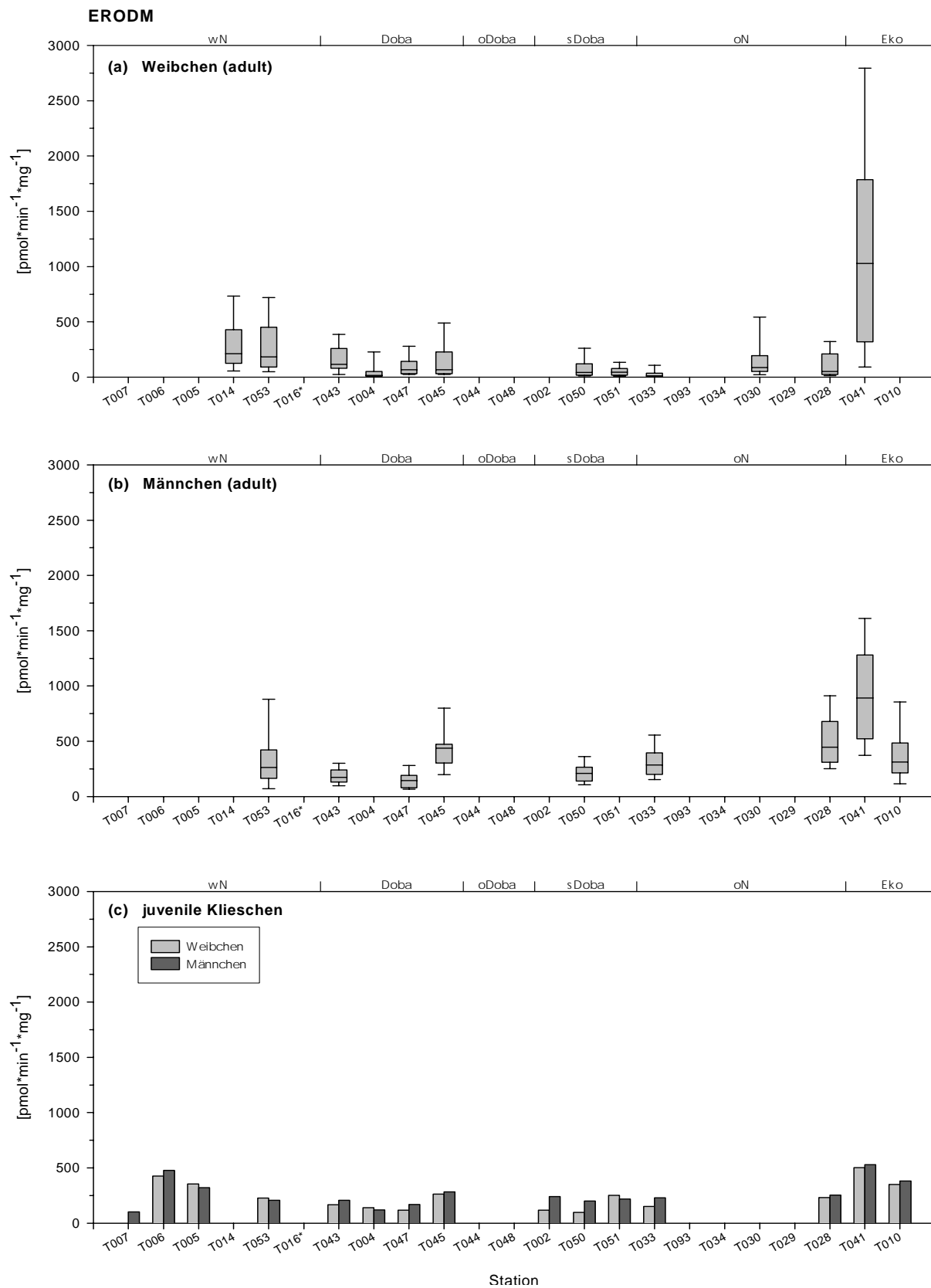
an jeder Probenahmestelle war es nicht immer möglich, mindestens sechs adulte bzw. juvenile Tiere von jedem Geschlecht zu fangen. EROD-Aktivitäten adulter Tiere liegen von zwölf Stationen für Weibchen bzw. neun Stationen für Männchen vor. Juvenile Tiere wurden an 14 Stationen (Weibchen) bzw. 15 Stationen (Männchen) aufgearbeitet. Zusammengefasst wurden adulte und juvenile Klieschen beider Geschlechter an insgesamt acht über das gesamte untersuchte Nordseegebiet verteilte Stationen parallel untersucht. Juvenile Weibchen und Männchen konnten dagegen an 14 Stationen parallel untersucht werden. Statistische Kenngrößen der analysierten Stichproben sind im Anhang A (Tab. A2 a und A2 b) zusammengefasst. Die Lage der Probenahmestellen gibt Abbildung 1 (Abschnitt 2.2) wieder. Technische und nautische Angaben zu den Probenahmen sowie Salzgehalte, Wassertiefen und -temperaturen an den Probenahmestellen sind in Anhang B (Tab. B1) zusammengefasst.

3.1.2.1 Charakterisierung der Datensätze

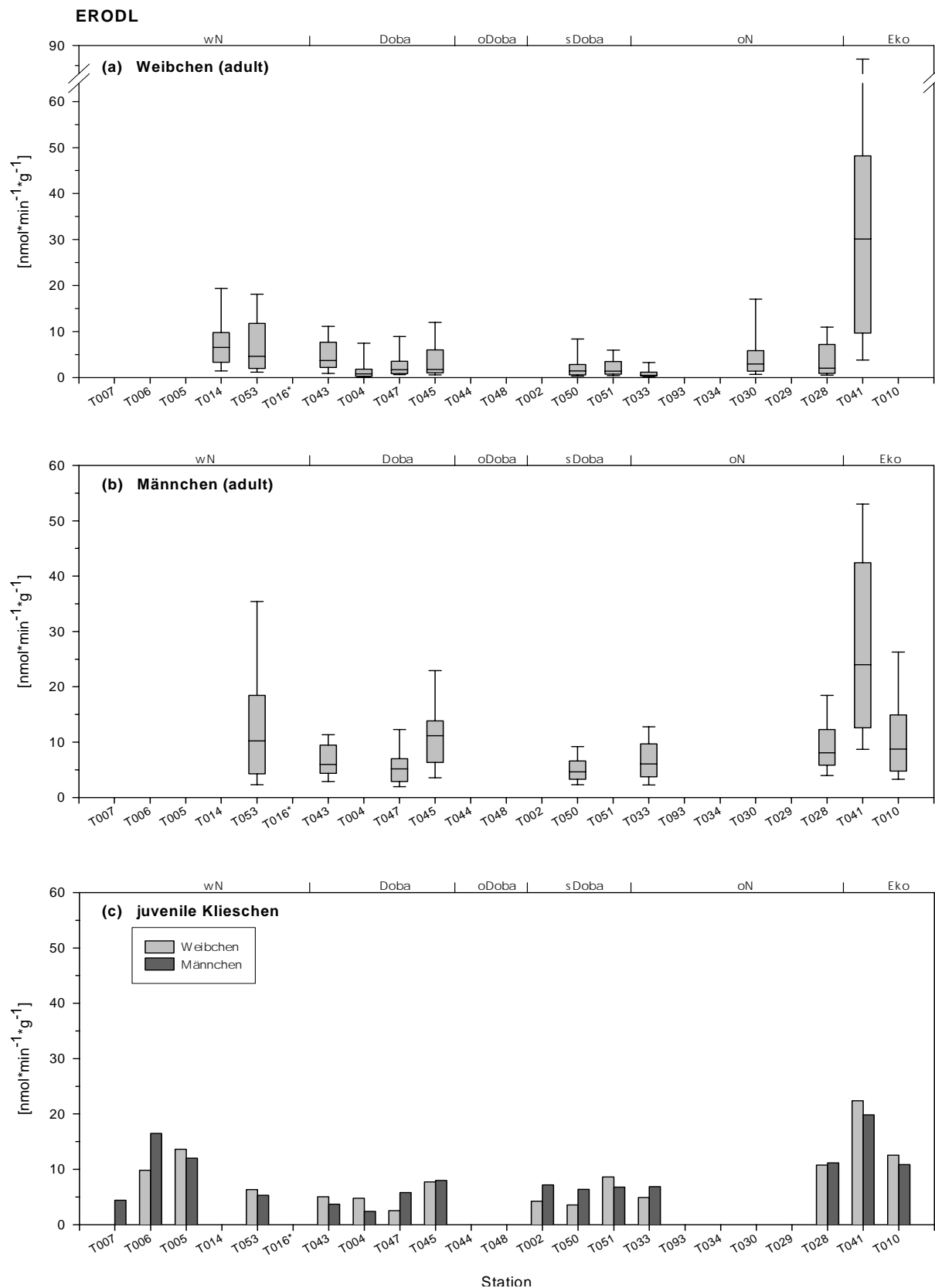
Die Medianwerte der ERODM-Aktivitäten adulter Weibchen streuten zwischen knapp $12 \text{ pmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{mg}^{-1}$ (T033) und $1.027,6 \text{ pmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{mg}^{-1}$ an Station T041 im Ekofisk-Ölfeld (Abb. 9a und Anhang A, Tab. A2 a). An denselben Stationen hatten die Stichproben mit 0,5 und $30,2 \text{ nmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ die niedrigste bzw. höchste mittlere ERODL-Aktivität (Abb. 10a). An sechs der zwölf Stationen waren die mittleren EROD-Aktivitäten $> 65 \text{ pmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{mg}^{-1}$ (ERODM) bzw. $> 2 \text{ nmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ (ERODL). Die höchste Enzymaktivität sämtlicher 1992 untersuchten Weibchen wurde mit $4.100 \text{ pmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{mg}^{-1}$ (ERODM) oder $141 \text{ nmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ (ERODL) an einem Weibchen der Stichprobe von Station T041 gemessen.

Adulte Männchen hatten mittlere ERODM-Aktivitäten zwischen $144,9 \text{ pmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{mg}^{-1}$ (T047) und $889,8 \text{ pmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{mg}^{-1}$ (T041) (Abb. 9b und Anhang A, Tab. A2 a). Die ERODL-Aktivitäten betragen zwischen $4,6$ und $24,0 \text{ nmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ (T050, T041) (Abb. 10b). An jeweils vier Stationen war ERODM $> 310 \text{ pmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{mg}^{-1}$ und ERODL $> 8,8 \text{ nmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$. Wie bei Klieschenweibchen trat die höchste Enzymaktivität an einer Leber von T041 auf: $2.209 \text{ pmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{mg}^{-1}$ (ERODM) bzw. $84 \text{ nmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ (ERODL).

Juvenile Klieschen wurden nach Geschlecht getrennt stationsweise als Mischproben untersucht. Die ERODM-Aktivitäten von Weibchen streuten zwischen $96,8 \text{ pmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{mg}^{-1}$ (T050) und $502,3 \text{ pmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{mg}^{-1}$ (T041) (Abb. 9c und Anhang A, Tab. A2 b). Die ERODL-Aktivitäten betragen $2,5 \text{ nmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ (T047) bis $22,4 \text{ nmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ (T041) (Abb. 10c). An jeweils sieben von 14 Stationen wurden ERODM-Aktivitäten $> 230 \text{ pmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{mg}^{-1}$ und ERODL-Aktivitäten $> 7,5 \text{ nmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ gemessen. Juvenile Männchen hatten ERODM-Aktivitäten von $102,3 \text{ pmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{mg}^{-1}$ (T007) bis $530,3 \text{ pmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{mg}^{-1}$ (T041) und ERODL-Aktivitäten von $2,4 \text{ nmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ (T004) bis $19,8 \text{ nmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ (T041) (Abb. 9c, 10c und Anhang A, Tab. A2 b). An etwa der Hälfte der untersuchten Stationen ($n = 7$ von 15) waren die ERODM-Aktivitäten $> 240 \text{ pmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{mg}^{-1}$ und die ERODL-Aktivitäten $> 7,1 \text{ nmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$.



Abbildungen 9a – c: ERODM-Aktivitäten in Lebern von **Klieschen** (juvenile = Poolproben, nach Geschlecht getrennt) **Klieschen** an **Nordsee-Stationen** im **Januar 1992**; obere Abszisse: Nordseegebiete, denen die Stationen zugeordnet wurden (vgl. Stationskarte Abbildung 1, Abschnitt 2.2, und Abschnitt 2.2.2)



Abbildungen 10a – c: ERODL-Aktivitäten in Lebern von **Klieschen** (juvenile = Poolproben, nach Geschlecht getrennt) an **Nordsee-Stationen** im **Januar 1992**; obere Abszisse: Nordseegebiete, denen die Stationen zugeordnet wurden (vgl. Stationskarte Abb. 1, Abschnitt 2.2, und Abschnitt 2.2.2)

3.1.2.2 Verteilung der EROD-Aktivitäten im Gesamtgebiet

Nachfolgend werden die geographischen Verteilungsmuster der EROD-Aktivitäten aller vier Gruppen (w_a , m_a , w_j , m_j) betrachtet und Gemeinsamkeiten und Unterschiede aufgezeigt. Zusätzlich zu den Medianwerten der Stichproben (Abb. 9, 10) werden deren Rangzahlen (Tab. 11 und 12 in Abschnitt 3.1.2.2.1) herangezogen. Ihre geographische Verteilung ist Abbildung 11 zu entnehmen. Die acht Stationen, zu denen EROD-Aktivitäten von allen vier Gruppen vorliegen, sind: T043, T047 und T045 auf der Doggerbank in der zentralen Nordsee, T053 südwestlich und T050 südlich von der Doggerbank, T033 und T028 in der östlichen Nordsee sowie T041 im Ekofisk-Ölfeld.

Für jede der vier Gruppen wurde die höchste mittlere EROD-Aktivität im Ekofisk-Ölfeld (T041) nachgewiesen. Dies galt für ERODM und ERODL gleichermaßen, weshalb T041 in jedem Fall mit Rang 8 die höchste Platzierung erhielt (Tab. 11). Weitere Schwerpunkte mit allgemein hohen EROD-Aktivitäten (Ränge 5 bis 7) waren Station T028 in der östlichen Nordsee vor der dänischen Küste und Station T045 im östlichen Bereich der Doggerbank. Auf der Doggerbank (T043, T047 und T045) fielen die vergleichsweise hohen Enzymaktivitäten adulter Weibchen auf, während adulte Männchen und juvenile Klieschen eher niedrige EROD-Aktivitäten hatten, insbesondere an Station T047 im Zentrum. Adulte und juvenile Männchen hatten außerdem in der Deutschen Bucht an Station T033 relativ hohe Enzymaktivitäten. Weiterhin wurden in der westlichen Nordsee an Station T053 zwischen Doggerbank und Humber-Mündung hohe EROD-Aktivitäten (Ränge 5 bis 7) an adulten und juvenilen Weibchen sowie an adulten Männchen gemessen. An Station T050 südöstlich der Doggerbank waren die EROD-Aktivitäten insgesamt niedrig.

Die EROD-Aktivitäten der Stichproben von den Stationen, an denen eine Untersuchung aller vier Gruppen nicht möglich war, deuten auf weitere Schwerpunkte neben den bereits beschriebenen hin. So hatten juvenile Weibchen und Männchen hohe Enzymaktivitäten in der westlichen Nordsee in Höhe der Mündung des Firth of Forth an Station T006 und südöstlich davon oberhalb der Doggerbank an T005 (Abb. 9c, 10c, Anhang A, Tab. A2 b). In der Gegenüberstellung der 14 Stationen, an denen juvenile Klieschen parallel untersucht wurden (Tab. 12, Abschnitt 3.1.2.2.1), erhielten die Stichproben beider Stationen hohe Rangzahlen zwischen 10 und 13. An Station T014, einer weiteren Station vor der britischen Küste, südwestlich von Station T005 und querab der Tyne-Mündung, hatten adulte Weibchen die zweithöchste mittlere EROD-Aktivität nach der Stichprobe von Station T041 (Abb. 9a, 10a, Anhang A, Tab. A2 a). Verhältnismäßig hohe hepatische Enzymaktivitäten adulter Weibchen wurden weiterhin im nördlichen Bereich der Deutschen Bucht westlich von Sylt (Station T030) nachgewiesen. Relativ hohe EROD-Aktivitäten wurden auch im ehemaligen Verbrennungsgebiet (Station T002, juvenile Männchen) und südöstlich davon (Station T051, juvenile Weibchen) beobachtet. Schließlich hatten juvenile Tiere wie adulte Männchen auch an Station T010 im Nordosten des Ekofiskzentrums relativ hohe Enzymaktivitäten.

Anhand der Rangvarianzanalyse (H-Test) konnte für adulte Weibchen und Männchen gezeigt werden, dass sich die ERODM- und ERODL-Aktivitäten der Stichproben von Station T041 im Ekofisk-Ölfeld statistisch signifikant ($\alpha = 0,05$, $\alpha = 0,01$) von den meisten anderen Stationen unter-

schieden (Anhang A, Tab. A13, A14). Weibchen von den Stationen T043 und T053 hatten darüber hinaus signifikant höhere EROD-Aktivitäten als die Stichproben von T004 und T033 – an diesen waren die Aktivitäten sehr niedrig. Ähnlich wie bei Weibchen traten auch bei Männchen statistische Signifikanzen nur zwischen Stationen mit hohen Aktivitäten (T045, T028) und Stationen mit niedrigen Aktivitäten (T043, T047, T050) auf.

3.1.2.2.1 Vergleich der Rangzahlen

Die Verteilungsmuster der ERODM- und ERODL-Medianwerte werden nachfolgend untersucht, indem die an deren Stelle eingesetzten Rangzahlen gegenübergestellt werden. Der Vergleich erfolgt für die acht Stationen, an denen adulte und juvenile Klieschen parallel untersucht wurden (s. o.) (Tab. 11). Juvenile Weibchen und Männchen sind darüber hinaus an sechs weiteren Stationen parallel aufgearbeitet worden und werden deshalb unter Berücksichtigung dieser Ergebnisse noch einmal separat dargestellt (Tab. 12). Die geographischen Verteilungen der ERODM-Rangzahlen von Klieschen in der Nordsee gibt Abbildung 11 wieder. Nachfolgend werden Abweichungen um einen Rang bei acht Stationen und um zwei Ränge bei vierzehn Stationen noch als gute Übereinstimmung betrachtet.

Station T041 im Ekofisk-Ölfeld wurde aufgrund der hohen Enzymaktivitäten in allen Gruppen gleichermaßen mit dem höchsten Rang (8) bewertet. Weiterhin wurde eine gute Übereinstimmung an Station T050 beobachtet. Hier hatten alle Gruppen niedrige Enzymaktivitäten. Eine insgesamt relativ gute Übereinstimmung der Rangzahlen der ERODL-Aktivitäten lag vor, wenn nur die adulten Tiere berücksichtigt werden (Tab. 11). Darüber hinaus stimmten unter Berücksichtigung des gesamten Nordseegebietes die geographischen Verteilungen der ERODM- und ERODL-Medianwerte, ausgedrückt als Rangzahlen, von Klieschenweibchen kaum mit den Verteilungen der Rangzahlen adulter Männchen, juveniler Weibchen und juveniler Männchen überein (Tab. 11).

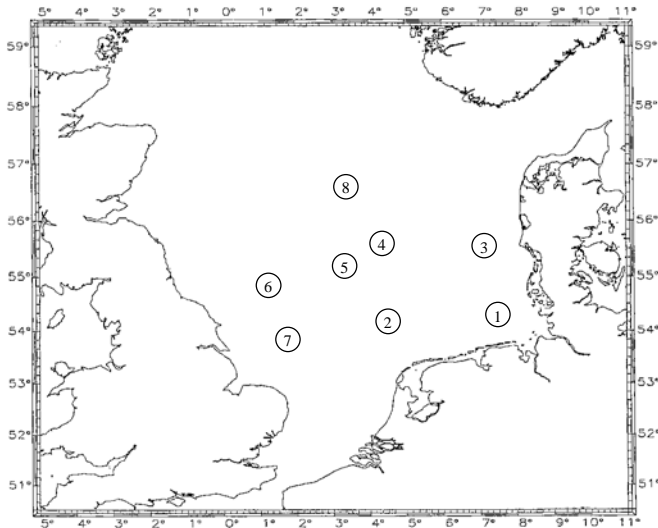
Tabelle 11: EROD-Aktivitäten von adulten und juvenilen Klieschen an Nordsee-Stationen im Januar 1992 ausgedrückt als Rangzahlen

Station	Rangzahl							
	ERODM				ERODL			
	w _a	m _a	w _j	m _j	w _a	m _a	w _j	m _j
T053	7	4	5	3	7	6	5	2
T043	6	2	4	4	6	3	4	1
T047	5	1	2	1	3	2	1	3
T045	4	6	7	7	4	7	6	6
T050	2	3	1	2	2	1	2	4
T033	1	5	3	5	1	4	3	5
T028	3	7	6	6	5	5	7	7
T041	8	8	8	8	8	8	8	8

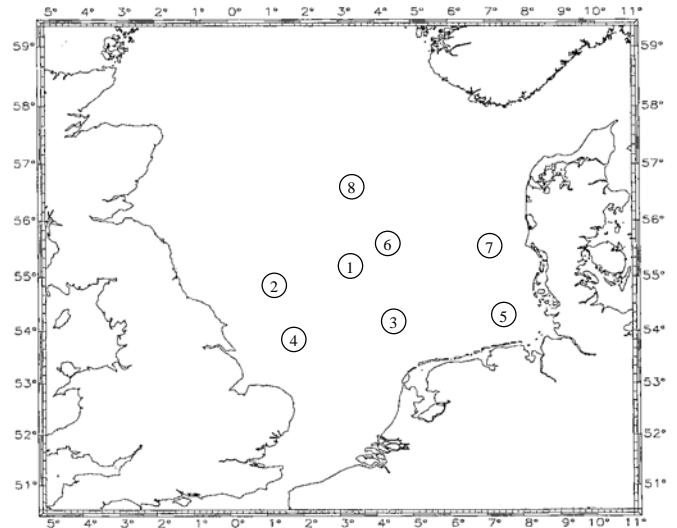
Abkürzungen siehe Abkürzungsverzeichnis

Es sind 8 Stationen berücksichtigt, an denen alle Gruppen parallel untersucht worden sind.

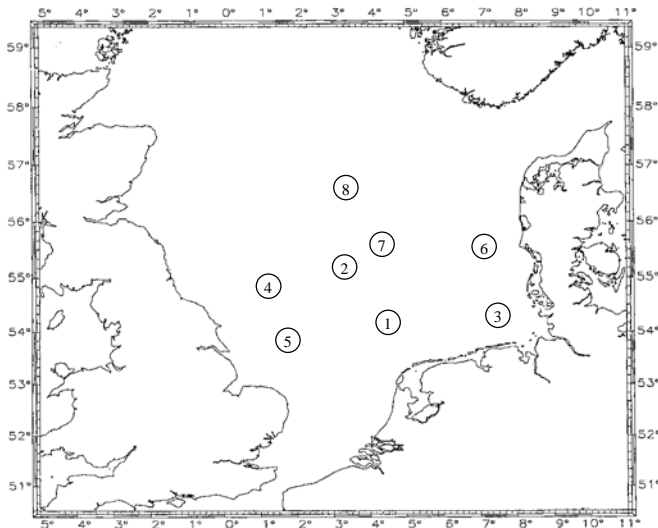
(a) adulte Weibchen



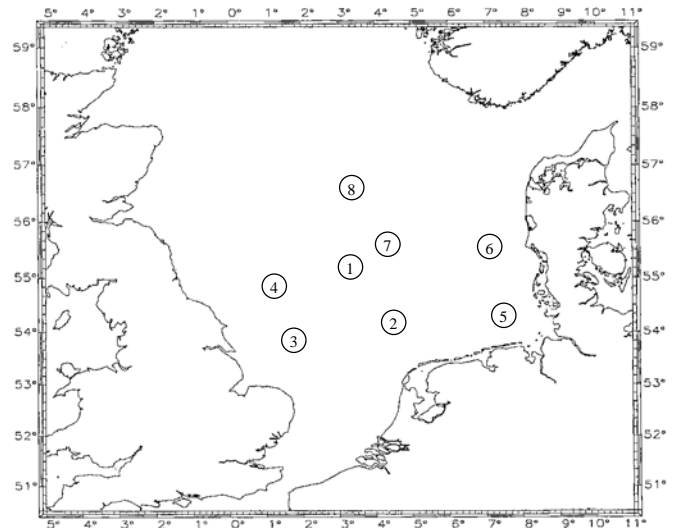
(b) adulte Männchen



(c) juvenile Weibchen



(d) juvenile Männchen



Abbildungen 11a – d: Geographische Verteilungen der ERODM-Aktivitäten von Klieschen dargestellt als Rangzahlen für 8 Nordsee-Stationen, Januar 1992 (jeweils: Rangzahl 1 = niedrigste, Rangzahl 8 = höchste mittlere ERODM-Aktivität)

Adulte Männchen und juvenile Tiere stimmten dagegen relativ gut in den Verteilungsmustern der Rangzahlen überein (Tab. 11, Abb. 11). Gerade beim Parameter ERODM waren die Rangzahlen adulter und juveniler Männchen mehrmals identisch ($n = 3$) oder um nur einen Rang verschieden ($n = 4$). Die Rangzahlen adulter Männchen und juveniler Weibchen lassen an fünf Stationen (ERODM) bzw. an sechs Stationen (ERODL) eine gute Übereinstimmung erkennen (Tab. 11).

Die Rangzahlen der ERODM-Medianwerte juveniler Klieschen wichen an 6 von 8 (Tab. 11) bzw. an 10 von 14 Stationen (Tab. 12) um höchstens einen Rang voneinander ab. Diese Verteilungen stimmten besser überein als die der ERODL-Rangzahlen juveniler Weibchen und Männchen (Tab. 11, 12).

Tabelle 12: EROD-Aktivitäten juveniler Klieschen an Nordsee-Stationen im Januar 1992 ausgedrückt als Rangzahlen

Station	Rangzahl			
	ERODM		ERODL	
	w_j	m_j	w_j	m_j
T006	13	13	10	13
T005	12	11	13	12
T053	7	4	7	3
T043	6	5	6	2
T004	4	1	4	1
T047	2	2	1	4
T045	10	10	8	9
T002	3	8	3	8
T050	1	3	2	5
T051	9	6	9	6
T033	5	7	5	7
T028	8	9	11	11
T041	14	14	14	14
T010	11	12	12	10

Abkürzungen siehe Abkürzungsverzeichnis

Die Verteilungen der Ränge waren signifikant miteinander korreliert, wie anhand der errechneten Rangkorrelationskoeffizienten gezeigt wird (Tab. 13). Zwischen den Verteilungen der EROD-Parameter adulter Männchen und juveniler Klieschen bzw. juveniler Weibchen und Männchen bestand immer ein Zusammenhang. Auffällig war, dass auch die Verteilung der ERODL-Werte adulter Weibchen mit den Verteilungen der ERODL-Aktivitäten von adulten Männchen und juvenilen Weibchen korrelierte.

Tabelle 13: Korrelationen der geographischen EROD-Verteilungen adulter und juveniler Klieschen im Januar 1992 unter Berücksichtigung von Nordsee-Stationen zu denen jeweils Werte von zwei Vergleichsgruppen vorliegen (Spearman-Rangkorrelation, einseitige Fragestellung)

Vergleichsgruppen	ERODM		ERODL		n
	rs	Signifikanz	rs	Signifikanz	
$w_a - m_a$	0,1905	–	0,6429	x	8
$w_a - w_j$	0,5636	x	0,5273	–	10
$w_a - m_j$	0,3818	–	0,2242	–	10
$m_a - w_j$	0,8167	xx	0,8333	xx	9
$m_a - m_j$	0,9167	xx	0,5500	x	9
$w_j - m_j$	0,8593	xx	0,7538	xx	14

n: Anzahl Stationen, weitere Abkürzungen siehe Abkürzungsverzeichnis
 x: auf dem 5%-Niveau signifikant, xx: auf dem 1%-Niveau signifikant, –: nicht signifikant

3.1.2.2 Vergleich der ERODM- und ERODL-Aktivitäten

Die geographischen Verteilungsmuster der ERODM-Medianwerte der vier untersuchten Gruppen stimmten jeweils gut mit den entsprechenden Verteilungen der mittleren ERODL-Aktivitäten überein. Folglich wichen auch innerhalb jeder der vier Gruppen die Rangzahlen der Medianwerte beider Parameter nur wenig voneinander ab. Diese gute Übereinstimmung wurde an adulten Klieschen von sechs der acht Stationen, an denen Weibchen und Männchen parallel untersucht worden waren, und an juvenilen Klieschen von zehn (Männchen) bzw. elf (Weibchen) der vierzehn Stationen beobachtet, zu denen Ergebnisse von beiden Gruppen vorliegen (s. o. Tab. 11, 12).

3.1.2.3 Verteilung der EROD-Aktivitäten in Teilgebieten

Jede der vier Gruppen hatte in der östlichen Nordsee entlang der deutschen und dänischen Küste von Süd nach Nord ansteigende EROD-Aktivitäten (Abb, 9, 10, 11: S. 61, 62, 65). So hatten adulte Weibchen vor der dänischen Küste an Station T028 eine etwa viermal höhere ERODM- und ERODL-Aktivität als an der südlich davon vor Eiderstedt untersuchten Station T033 (Tab. 14, Abschnitt 3.1.2.4). Noch deutlicher war der Unterschied zwischen dieser Station und Station T030 westlich von Sylt. Hier waren die Medianwerte beider EROD-Parameter etwa siebenmal höher als vor Eiderstedt. Die Stichproben waren signifikant verschieden ($\alpha = 0,01$). Adulte Männchen und juvenile Klieschen wurden an T033 und T028 untersucht. Die mittleren EROD-Aktivitäten waren an Station T028 11 % und knapp 60 % (ERODM) bzw. 23 % und etwa 120 % (ERODL) höher als an Station T033 (Tab. 14). Auch wenn die mittlere ERODM-Aktivität adulter Männchen um etwa 60 % anstieg, war der Unterschied zwischen den Stichproben statistisch nicht signifikant.

Auf der Doggerbank verringerten sich die EROD-Aktivitäten adulter Weibchen von West nach Ost (Abb. 9a, 10a, 11). Die Medianwerte waren im zentralen Bereich (Station T047) und am Ostrand des Gebietes (T045) jeweils um etwa 40 % (ERODM) bzw. 50 % (ERODL) niedriger als an Station T043 im Westen. Andererseits waren die EROD-Aktivitäten an der südöstlich von Station T043 untersuchten Station T004 um etwa 80 % niedriger als an Station T043 (signifikant, $\alpha = 0,05$, U-Test). Dagegen stiegen die EROD-Aktivitäten adulter Männchen von West nach Ost deutlich an (Abb. 9b, 10b). Die Medianwerte waren an Station T045 um 150 % (ERODM) bzw. etwa 100 % (ERODL) höher als an den Stationen T043 und T047 (beide signifikant). Juvenile Klieschen hatten auf der Doggerbank vergleichsweise niedrige EROD-Aktivitäten (Abb. 9c, 10c). Davon ausgenommen war Station T045 am nordöstlichen Rand der Bank. Damit ergibt sich auch für juvenile Klieschen ein Gradient mit von West (Stationen T043 und T004) nach Ost (Station T045) um 40 % bzw. 230 % ansteigenden EROD-Aktivitäten (Tab. 14).

Entlang der britischen Küste nahmen die EROD-Aktivitäten adulter Weibchen und juveniler Tiere von Nord nach Süd ab. Adulte Männchen wurden in diesem Gebiet nur an Station T053 untersucht. Juvenile Weibchen und Männchen hatten nordöstlich der Humber-Mündung (T053) um 35 % bis 60 % niedrigere ERODM- und ERODL-Aktivitäten als an Station T006 westlich des Firth of Forth (Tab. 14). Adulte Weibchen hatten an Station T053 um bis zu 30 % niedrigere EROD-Aktivitäten als querab der Tyne-Mündung (Station T014). Nördlich von Station T006 wurden an juvenilen Männchen von Station T007 (nordöstlich von Aberdeen) wieder deutlich niedrigere EROD-Aktivitäten als an Station T006 gemessen.

Im ehemaligen internationalen Gebiet für die Verbrennung hochgiftiger chlorierter Industrieabfälle (Station T002) hatten juvenile Männchen im Gegensatz zu juvenilen Weibchen relativ hohe Enzymaktivitäten. In der näheren Umgebung des Gebiets waren die Enzymaktivitäten juveniler Weibchen und Männchen verglichen mit anderen Stationen niedrig (T050) oder überdurchschnittlich hoch (T051).

3.1.2.4 Vergleich der Probenkollektive benachbarter Stationen

Die Änderung der EROD-Aktivitäten zwischen benachbarten Stationen wurde für 21 Stationspaare untersucht (Tab. 14). Zusammenfassend kann für adulte und juvenile Klieschen beider Geschlechter festgestellt werden, dass zwischen zwei Fangplätzen die EROD-Aktivitäten (ERODM und ERODL) im Allgemeinen parallel anstiegen oder abfielen.

Für adulte Klieschen konnte gezeigt werden, dass die prozentualen Unterschiede zwischen Stationen häufig ähnlich waren (Tab. 14). Die EROD-Aktivitäten der vier Vergleichsgruppen (adulte und juvenile Weibchen und Männchen) änderten sich zwischen den meisten der gegenübergestellten Stationen mit dem gleichen Vorzeichen. Werden die Änderungen der EROD-Aktivitäten juveniler und adulter Weibchen betrachtet, wird deutlich, dass sich die Enzymaktivitäten adulter Weibchen verglichen mit denen juveniler Weibchen von einer Probenahmestelle zur anderen oft um

einen größeren prozentualen Betrag änderten (Tab. 14). In ähnlicher Weise lagen auch die EROD-Aktivitäten adulter Männchen prozentual eher weiter auseinander, als es bei juvenilen Männchen der Fall war. Ein klarer Trend war aber nicht erkennbar.

Zwischen zwei Stationen änderten sich die mittleren ERODM-Aktivitäten adulter Weibchen verglichen mit adulten Männchen häufiger um einen größeren Betrag (4 von 6 Stationspaaren). Die stationsbedingte Änderung der Messwerte juveniler Klieschen beiderlei Geschlechts wurde für 14 Stationspaare untersucht. Zehnmal änderte sich der Medianwert der ERODM-Aktivität der Weibchen stärker, als es bei Männchen der Fall war. Diese zeigten dagegen bei den ERODL-Medianen größere Schwankungen.

Tabelle 14: Gegenüberstellung der EROD-Aktivitäten von Klieschen an benachbarten Nordsee-Stationen im Januar 1992

Stations- paar	ERODM (% Differenz)				ERODL (% Differenz)			
	w _a	m _a	w _j	m _j	w _a	m _a	w _j	m _j
T007 – T006	-	-	-	+366	-	-	-	+276
T006 – T005	-	-	-17	-33	-	-	+39	-27
T005 – T053	-	-	-36	-36	-	-	-53	-56
T014 – T043	-46	-	-	-	-84	-	-	-
T014 – T053	-14	-	-	-	-30	-	-	-
T043 – T053	+59	+36	+35	-0,3	+26	+72	+25	+43
T043 – T004	-86	-	-16	-43	-79	-	-6	-35
T043 – T047	-42	-17	-29	-19	-54	-13	-50	+57
T043 – T045	-43	+152	+57	+37	-52	+87	+52	+116
T004 – T047	+327	-	-16	+42	+117	-	-47	+141
T004 – T045	+319	-	+87	+139	+123	-	+62	+231
T047 – T045	-1	+202	+122	+69	+3	+116	+205	+37
T053 – T002	-	-	-48	+16	-	-	-33	+36
T053 – T050	-76	-11	-57	-3	-68	-55	-44	+20
T002 – T050	-	-	-18	-17	-	-	-16	-12
T050 – T051	+2	-	+159	-	-5	-	+143	-
T051 – T033	-73	-	-39	-	-67	-	-43	-
T033 – T030	+625	-	-	-	+541	-	-	-
T033 – T028	+332	+57	+52	+11	+341	+23	+119	+62
T030 – T028	-41	-	-	-	-31	-	-	-
T041 – T010	-	-65	-30	-28	-	-64	-44	-45

Abkürzungen siehe Abkürzungsverzeichnis

Spalte Stationspaar: Median an der linken Station jeweils = 100 %

positiver Wert, negativer Wert:

Median an der rechten Station um ... % höher bzw. ... % niedriger als an der linken Station

-: ohne Vergleichswert

3.1.2.5 Abhängigkeit der EROD-Aktivität von Geschlecht und Geschlechtsreife

Nachfolgend wird stationsweise untersucht, inwieweit die EROD-Aktivitäten von Klieschen geschlechts- bzw. entwicklungspezifisch waren. Je nach Fragestellung werden die Stichproben und/oder die Medianwerte gegenübergestellt. Da die Lebern juveniler Klieschen stationsweise nach Geschlecht getrennt in zwei Mischproben untersucht wurden, sind für diese statistische Auswertungen, die über eine Berechnung relativer Unterschiede hinausgehen, nicht möglich. Es werden acht Stationen betrachtet, an denen jeweils juvenile und adulte Klieschen beider Geschlechter parallel untersucht wurden. Die Biotransformation juveniler Klieschenweibchen und -männchen wurde an weiteren sechs Stationen untersucht, auf die nachfolgend ebenfalls eingegangen wird.

Adulte Weibchen hatten in der Regel niedrigere EROD-Aktivitäten als adulte Männchen und juvenile Klieschen. Davon ausgenommen war Station T041 im Ekofisk-Ölfeld, wo die gleichermaßen hohen Enzymaktivitäten von Männchen und Juvenilen (Abb. 9, 10: S. 61-62) um 13 % bis 51 % (ERODM) niedriger waren als die EROD-Aktivitäten adulter Weibchen (Abb. 12).

3.1.2.5.1 Adulte Klieschen

Adulte Männchen hatten um 44 % bis 2.280 % (Stationen T053, T033) höhere ERODM-Aktivitäten und um 62 % bis 1.222 % (Stationen T043, T033) höhere ERODL-Aktivitäten als adulte Weibchen (deren Medianwerte = 100 %) (Abb. 12a). An den meisten Stationen waren die Medianwerte beider EROD-Parameter von Klieschenmännchen statistisch signifikant ($\alpha = 0,05$ bzw. $\alpha = 0,01$) höher als die Medianwerte von Weibchen (Tab. 15).

Tabelle 15: Gegenüberstellung der EROD-Aktivitäten von adulten Klieschenweibchen und -männchen an Nordsee-Stationen im Januar 1992 (U-Test)

Station	ERODM		ERODL	
	Signifikanz	Unterschied (%)	Signifikanz	Unterschied (%)
T053	n.s.	+44,2	x	+121,6
T043	n.s.	+50,8	x	+62,2
T047	xx	+116,4	xx	+202,3
T045	xx	+562,1	xx	+534,1
T050	xx	+384,5	xx	+217,8
T033	xx	+2279,7	xx	+1221,7
T028	xx	+766,8	xx	+297,5
T041	n.s.	-13,4	n.s.	-20,4

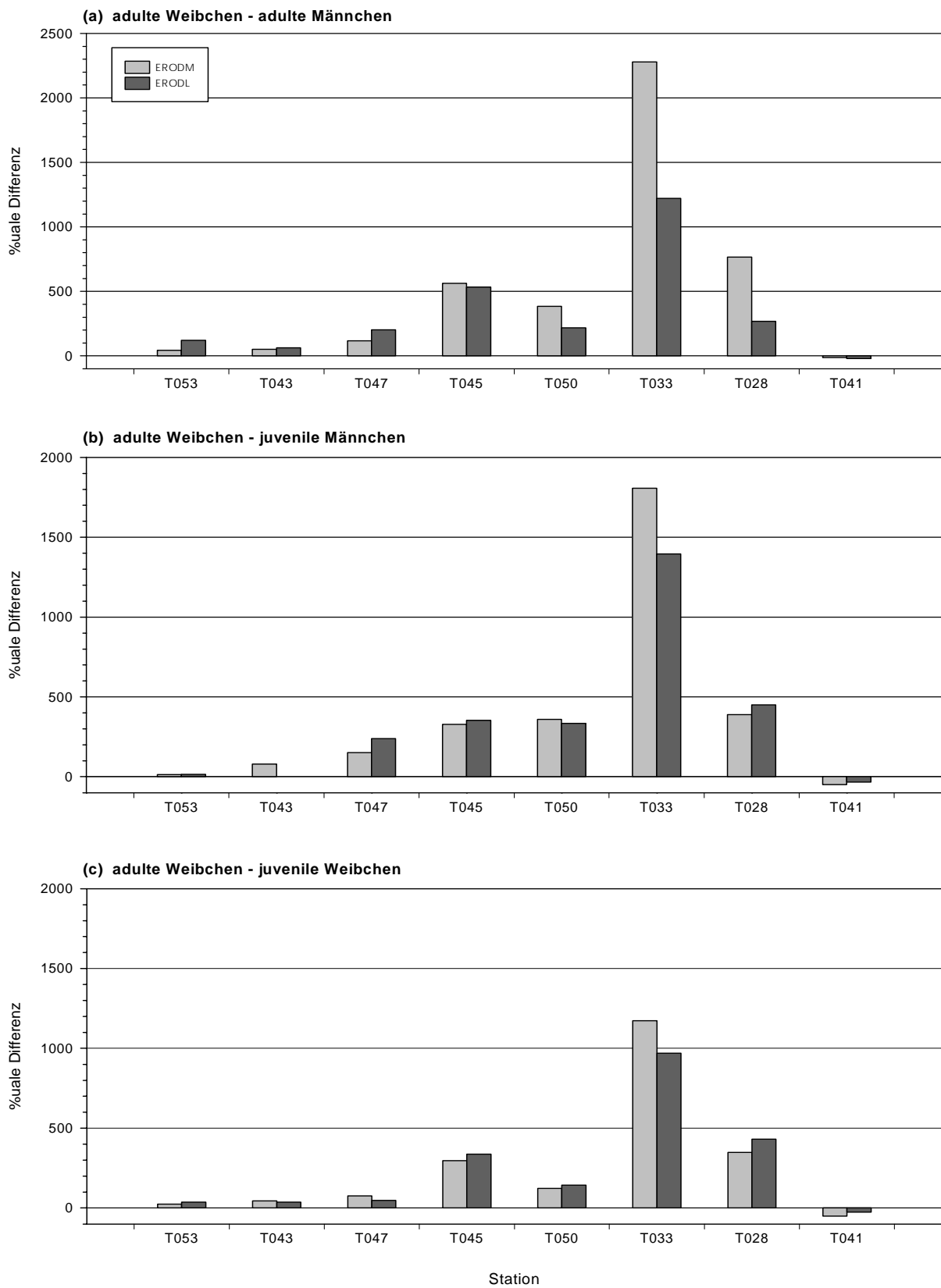
x: Stichproben signifikant verschieden ($\alpha = 0,05$), xx: Stichproben signifikant verschieden ($\alpha = 0,01$)

n.s.: nicht signifikant

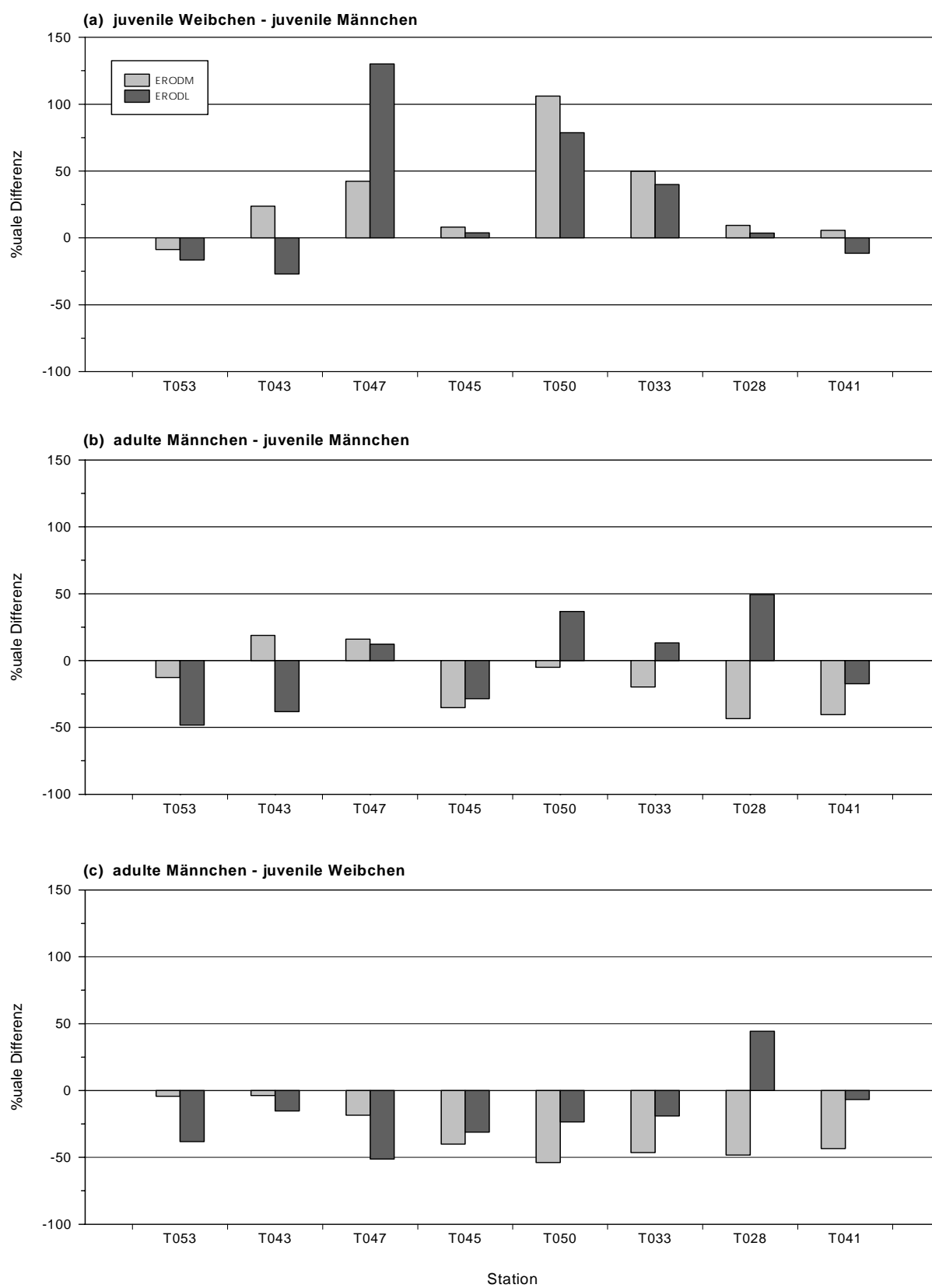
Unterschied (%): Medianwert Weibchen = 100 %

positiver Wert: Medianwert Männchen > Medianwert Weibchen

negativer Wert: Medianwert Männchen < Medianwert Weibchen



Abbildungen 12a – c: Prozentuale Unterschiede zwischen den EROD-Aktivitäten adulter und juveniler Klieschen an Nordsee-Stationen im Januar 1992; Medianwert adulter Weibchen jeweils = 100 %



Abbildungen 13a – c: Prozentuale Unterschiede zwischen den EROD-Aktivitäten adulter und juveniler Klieschen an Nordsee-Stationen im Januar 1992; (a): Enzymaktivität der Poolprobe juveniler Weibchen jeweils = 100 %, (b) und (c): Medianwert adulter Männchen jeweils = 100 %

3.1.2.5.2 Adulte und juvenile Klieschen

Juvenile Männchen hatten um 13 % bis 1.803 % (ERODM: T053, T033) bzw. 0,3 % bis 1.396 % (ERODL: T043, T033) höhere EROD-Aktivitäten als adulte Weibchen (Medianwerte = 100 %) (Abb. 12b). Aus der Datenlage ergibt sich kein Hinweis, dass die prozentualen Unterschiede bei einem der beiden EROD-Parameter generell größer waren als bei dem anderen. Die prozentualen Unterschiede zwischen den ERODM-Werten juveniler Männchen und adulter Weibchen waren kleiner als zwischen adulten Klieschen (Abb. 12a – c). Juvenile Weibchen hatten um 24 % bis 1.173 % (ERODM) bzw. um 37 % bis 970 % (ERODL) höhere Enzymaktivitäten als adulte Weibchen. Nur an Station T041 war die mittlere Enzymaktivität adulter Weibchen höher als die Aktivität juveniler Weibchen.

Juvenile Männchen hatten an sechs von acht Stationen niedrigere ERODM-Aktivitäten als adulte Männchen (Medianwert = 100 %) (Abb. 13b). Prozentual betrug die Abweichung bis zu 44 %. Bei der ERODL-Aktivität ließen die Unterschiede zwischen adulten und juvenilen Männchen keinen einheitliche Trend erkennen. Jeweils viermal waren die Werte der einen oder anderen Gruppe höher. Juvenile Weibchen hatten bezogen auf die EROD-Aktivität adulter Männchen (Medianwerte = 100 %) eine um bis zu 54 % (ERODM) bzw. 51 % (ERODL) niedrigere Enzymaktivität (Abb. 13c). Die ERODM-Werte differierten häufiger um einen größeren Betrag als die ERODL-Werte. Andererseits war die ERODL-Aktivität juveniler Klieschen an einer Station (Station T028) höher als der für adulte Männchen berechnete Medianwert.

Die EROD-Aktivitäten juveniler Männchen waren in der Regel höher als die Enzymaktivitäten juveniler Weibchen (Medianwerte = 100 %), und zwar um 6 % bis 106 % (ERODM) bzw. 4 % bis 130 %. (Abb. 13a). Lediglich an einer Station (T053) hatten Männchen etwas niedrigere (< 10 %) ERODM- und ERODL-Aktivitäten und an zwei weiteren niedrigere ERODL-Aktivitäten.

3.1.3 Sommer 1991 – britische, niederländische und deutsche Küste

Die Probenahmen im August 1991 dienten der Untersuchung der EROD-Aktivitäten in küstennahen Meeresgebieten, insbesondere im Einflussbereich von Nordseezuflüssen. An 16 der 17 Probenahmestellen sind Leberproben von adulten Klieschenweibchen (n = 349) und an sieben Stationen von adulten Klieschenmännchen (n = 150) mit einer Gesamtlänge zwischen 17,0 cm und 25,0 cm genommen worden (Tab. 6, Abschnitt 3). Lebern von Männchen wurden zur Bestimmung der EROD-Aktivität stationsweise in Mischproben mit jeweils fünf Proben zusammengefasst, weshalb je Station bis zu fünf Messwerte vorliegen. Lebern von Klieschenweibchen wurden einzeln aufgearbeitet. An einer Probenahmestelle in der Themse-Mündung (K019) wurden nur Flundern gefangen. Die an dieser Stichprobe gemessenen Enzymaktivitäten werden zusammen mit den Ergebnissen der anderen zeitnah untersuchten Themse-Stationen (Abschnitt 3.2.1.5) behandelt.

Die EROD-Aktivitäten der Klieschen von Küsten-Stationen sind in den Abbildungen 14a - 14d graphisch dargestellt. Statistische Kenngrößen der untersuchten Stichproben können Anhang A (Tab. A3) entnommen werden. Die geographische Lage der Stationen gibt Abbildung 2 (Abschnitt 2.2) wieder. Ausführliche technische und nautische Angaben zu den Probenahmen sowie die Wassertiefen und -temperaturen und Salzgehalte an den Stationen sind in Anhang B (Tabelle B2) zusammengefasst.

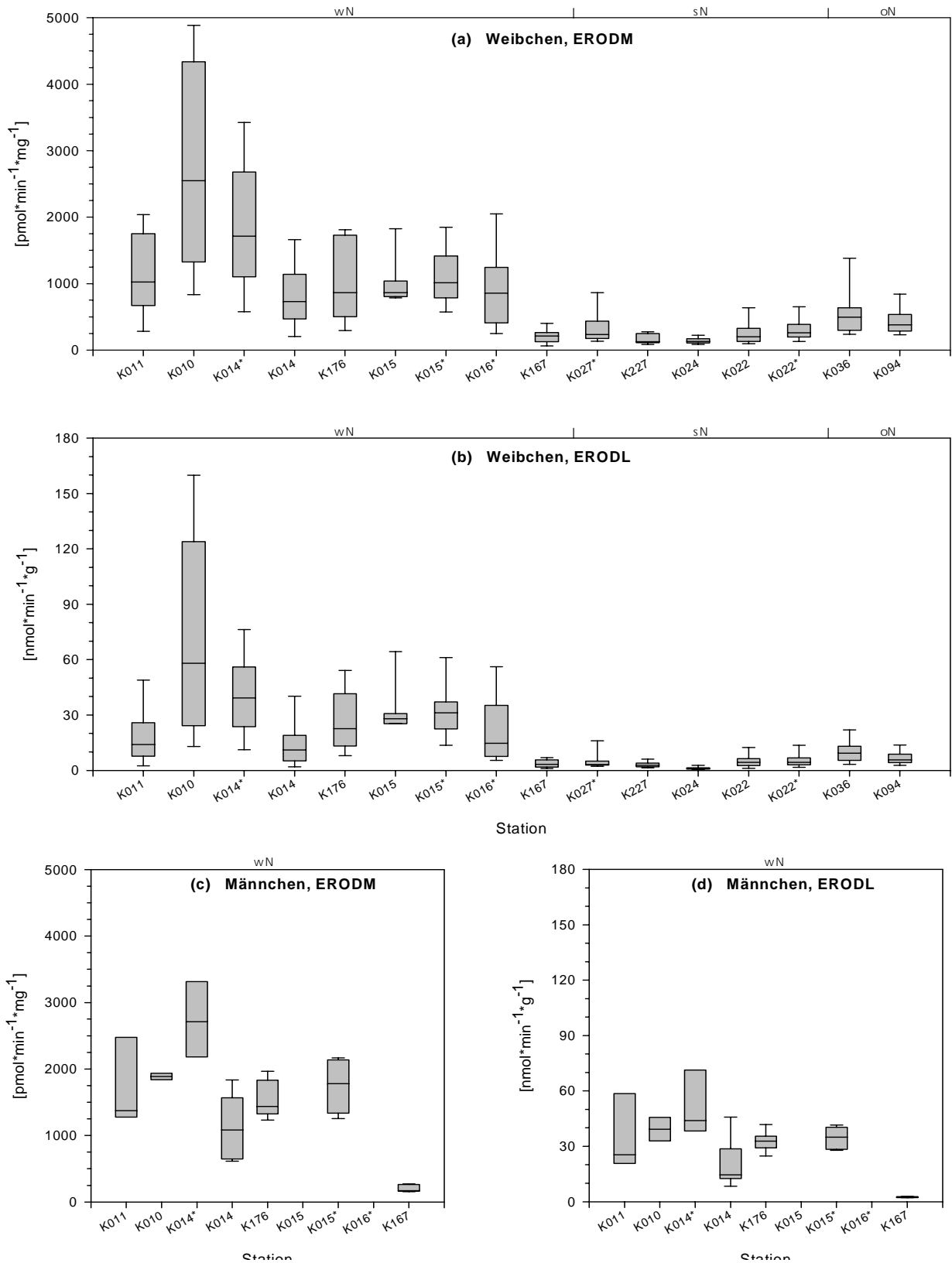
3.1.3.1 Charakterisierung der Datensätze

Die Medianwerte der ERODM-Aktivitäten von Klieschenweibchen betragen zwischen $126,6 \text{ pmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{mg}^{-1}$ an der niederländischen Küste querab der Rhein-Mündung (Station K227) und $2.548,1 \text{ pmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{mg}^{-1}$ im äußeren Firth of Forth (K010) (Abb. 14a und Anhang A, Tab. A3). Die ERODL-Aktivitäten streuten zwischen $1 \text{ nmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ an Station K024, querab Noordwijk aan Zee, ebenfalls an der niederländischen Küste, und $58 \text{ nmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ an Station K010 (Abb. 14b). An der Hälfte der 16 Stationen betragen die ERODM-Aktivitäten mehr als $495 \text{ pmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{mg}^{-1}$ und die ERODL-Aktivität mehr als $9,4 \text{ nmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$. Diese Stationen, an denen die EROD-Aktivitäten von Weibchen überdurchschnittlich hoch waren, befanden sich ausnahmslos vor der britischen Ostküste. Von Stationen K010 und K014* stammten Einzelproben mit den im Rahmen der Küstenbefischung höchsten nachgewiesenen EROD-Aktivitäten: 6.650 und $8.640 \text{ pmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{mg}^{-1}$ (ERODM) und jeweils um $200 \text{ nmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ (ERODL).

Klieschenmännchen wurden ausschließlich vor der britischen Küste untersucht. Die Medianwerte der ERODM-Aktivitäten betragen $171,3 \text{ pmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{mg}^{-1}$ in der Außenthemse (Station K167) bis $2.713,1 \text{ pmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{mg}^{-1}$ querab der Mündung des Tweeds (Station K014*) (Abb. 14c und Anhang A, Tab. A3). An denselben Stationen waren auch die Medianwerte der ERODL-Aktivitäten am niedrigsten ($2,4 \text{ nmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$) bzw. am höchsten ($44,0 \text{ nmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$) (Abb. 14d).

3.1.3.2 Verteilung der EROD-Aktivitäten im Gesamtgebiet

Nachfolgend werden zunächst die EROD-Aktivitäten von Weibchen behandelt, weil nur diese im gesamten Gebiet untersucht worden sind (Männchen siehe Abschnitt 3.1.3.3). Die mittleren EROD-Aktivitäten von Klieschenweibchen waren vor der britischen Nordseeküste mit Ausnahme der Außenthemse erheblich höher als vor der niederländischen Küste (Abb. 14a, b). Die Medianwerte der Stichproben erhielten die hohen Ränge 9 bis 16 (Tab. 16). Die Stationen mit den hohen Enzymaktivitäten befanden sich im Küstenabschnitt zwischen dem Firth of Forth und der Humber-Mündung. Die höchsten Enzymaktivitäten wurden an Lebern von Klieschen gemessen, die im Firth of Forth (Station K010) gefangen worden waren. Die Medianwerte waren bis zu 20-mal (ERODM) bzw. 58-mal (ERODL) höher als vor der niederländischen Küste. Diese Verteilung der Medianwerte konnte sowohl für ERODM als auch für ERODL statistisch abgesichert werden (H-Test). Die Messwerte von sieben Stationen vor der britischen Küste waren gegenüber mindestens einer niederländischen Küsten-Station (K027 bis K022*) signifikant höher (Anhang A, Tab. A15).



Abbildungen 14a – d: EROD-Aktivitäten in Lebern adulter **Klieschen** (Männchen z. T als Poolproben) an **Nordsee-Stationen (Küsten-Stationen)** im **August 1991**; obere Abszisse: Nordseegebiete, denen die Stationen zugeordnet wurden (vgl. Stationskarte Abb. 2, Abschnitt 2.2, und Abschnitt 2.2.2)

Weibchen von Stationen in der Deutschen Bucht (K036, K094) hatten abgesehen von Station K167 in der Themse-Mündung deutlich niedrigere EROD-Aktivitäten als Weibchen in der westlichen Nordsee (Abb. 14a, b). Die Stichproben der Stationen K010 und K094 waren signifikant verschieden. Andererseits waren die EROD-Aktivitäten der Stichproben von den Stationen K036 und K094 höher als an jeder Station vor der niederländischen Küste. Gegenüber den Stationen K227, K024 und K022 war der Unterschied für einen oder beide EROD-Parameter mindestens auf dem 5%-Niveau signifikant.

3.1.3.2.1 Vergleich der Rangzahlen

Die folgende Gegenüberstellung berücksichtigt Weibchen und Männchen von sieben Stationen vor der britischen Nordseeküste. Die Rangzahlen der Weibchen waren mit denen der Männchen entweder identisch oder sie wichen um nur einen Rang voneinander ab (Tab. 16). Somit stimmten die geographischen Verteilungsmuster der verschiedenen hohen Medianwerte der ERODM- und ERODL-Aktivitäten beider Geschlechter gut überein.

Tabelle 16: EROD-Aktivitäten von adulten Klieschen an Küsten-Stationen im August 1991 ausgedrückt als Rangzahlen

Station	Rangzahl			
	ERODM		ERODL	
	w _a	m _a	w _a	m _a
K011	14 (5)	3	10 (3)	3
K010	16 (7)	6	16 (7)	6
K014*	15 (6)	7	15 (6)	7
K014	9 (2)	2	9 (2)	2
K176	11 (3)	4	12 (4)	4
K015	12 (-)	-	13 (-)	-
K015*	13 (4)	5	14 (5)	5
K016*	10 (-)	-	11 (-)	-
K167	4 (1)	1	4 (1)	1
K027*	5	-	3	-
K227	1	-	2	-
K024	2	-	1	-
K022	3	-	5	-
K022*	6	-	6	-
K036	8	-	8	-
T094	7	-	7	-

Abkürzungen siehe Abkürzungsverzeichnis
(*kursiv*): nur Stichproben der 7 Stationen berücksichtigt,
an denen Weibchen und Männchen parallel untersucht wurden

3.1.3.2.2 Vergleich der ERODM- und ERODL-Aktivitäten

Für jedes Geschlecht wurde eine gute Übereinstimmung zwischen den regionalen Verteilungsmustern der ERODM- und ERODL-Rangzahlen nachgewiesen (Tab.16). Das bedeutet, dass an einer gegebenen Station die Höhe der ERODM- und ERODL-Medianwerte in Relation zu anderen Stationen ähnlich war. Bei Klieschenmännchen hatten beide Parameter an jeder der sieben Stationen identische Rangzahlen. Bei Weibchen stimmten die Rangzahlen an vier Stationen überein.

Die geographischen Verteilungen der ERODM- und ERODL-Aktivitäten von Weibchen stimmten auch dann gut überein, wenn alle 16 Stationen berücksichtigt wurden, an denen Weibchen untersucht worden sind. Die Rangzahlen waren an 13 Stationen entweder identisch oder sie wichen um einen Rang voneinander ab (Tab. 16).

3.1.3.3 Verteilung der EROD-Aktivitäten in Teilgebieten

Entlang der britischen Küste stimmten die geographischen Verteilungen der EROD-Aktivitäten von Männchen und Weibchen darin überein, dass die höchsten Medianwerte in der Mündung des Firth of Forth (Station K010) und vor der Tweed-Mündung (Station K014*) auftraten (s. o. Abb. 14a, d und Tab. 16). Weiterhin wurden vor der britischen Küste an beiden Vergleichsgruppen die niedrigsten Enzymaktivitäten in der Außen-Themse (Station K167) bestimmt. Bezogen auf Station K167 waren die ERODM-Medianwerte an den Stationen K010 bzw. K014* 12-mal (Weibchen) bzw. 16-mal (Männchen) und die ERODL-Medianwerte 17- bzw. 19-mal höher. Insgesamt betrachtet waren sämtliche EROD-Aktivitäten an der britischen Küste signifikant höher als an Station K167 (nicht: ERODM K015, K016*). Eine weitere Gemeinsamkeit von Weibchen und Männchen bestand darin, dass die EROD-Aktivitäten im Einflussbereich der Flüsse Firth of Forth (Stationen K010, K011) und Tyne (Stationen K176, K014) von der jeweils küsternen Station anstiegen (Tab. 17). Diese Feststellung trifft auch für Weibchen von beiden Stationen querab der Tees-Mündung (Stationen K015*, K015) zu. Männchen von Station K015* hatten die dritthöchste EROD-Aktivität. Bei den genannten Stationspaaren hatten Weibchen an den küsternen Stationen zwischen 15 % und 60 % (ERODM) bzw. 10 % bis 76 % (ERODL) niedrigere Enzymaktivitäten als an den jeweils benachbarten küsternen Stationen (Tab. 17). Dieser zur Küste gerichtete Gradient war für das Stationspaar K010/K011 statistisch signifikant. Männchen hatten im Einflussbereich des Firth of Forth (Stationen K011, K010) und vor der Tyne-Mündung (Stationen K014, K176) an den küsternen Stationen um etwa 25 % niedrigere ERODM-Aktivitäten und um 36 % (Firth of Forth) bzw. 56 % (Tyne) niedrigere ERODL-Aktivitäten (Tab. 17).

In der südlichen Nordsee unterschieden sich die EROD-Aktivitäten von Weibchen an den fünf beprobten Stationen (K027 bis K022*) nur wenig. Die Medianwerte waren an K027* vor der Rhein-Mündung und an K022* nördlich von den Westfriesischen Inseln ähnlich hoch (Abb. 14a, b). Niedrige EROD-Aktivitäten hatten Klieschen von Station K024. Die Werte unterschieden sich sig-

nifikant von den übrigen Stationen vor der niederländischen Küste (nicht: ERODM K022, K027). Vor der Mündung des Rheins (Stationen K027*/K227) und vor den Westfriesischen Inseln (Stationen K022*/K022) wurde jeweils an der küstennahen Station eine niedrigere Enzymaktivität gemessen als an der küstenfernen (Tab. 17).

3.1.3.4 Vergleich der Probenkollektive benachbarter Stationen

Männchen benachbarter Stationen hatten häufig stärker voneinander abweichende ERODM-Aktivitäten als Weibchen (Tab. 17). Bei diesen war dagegen öfter der prozentuale Unterschied zwischen den ERODL-Aktivitäten größer. Bei beiden Geschlechtern änderten sich jeweils beide Parameter parallel mit dem gleichen Vorzeichen. Hiervon ausgenommen war das Stationspaar K010, K014*.

Tabelle 17: Gegenüberstellung der EROD-Aktivitäten von Kliebschen an benachbarten Küsten-Stationen im August 1991

Stationspaar	ERODM (% Differenz)		ERODL (% Differenz)	
	w _a	m _a	w _a	m _a
K010 - K011	-60	-27	-76	-36
K010 - K014*	-33	+44	-32	+12
K014* - K176	-50	-47	-42	-26
K176 - K014	-15	-25	-51	-56
K014 - K015	+18	-	+153	-
K176 - K015*	+17	+24	+38	+7
K015* - K015	-15	-	-10	-
K015* - K016*	-15	-	-53	-
K015* - K167	-75	-90	-77	-93
K027* - K227	-46	-	-13	-
K227 - K024	+2	-	-65	-
K024 - K022	+55	-	+344	-
K022 - K022*	+30	-	+1	-
K022* - K036	+92	-	+116	-
K036 - K094	-24	-	-39	-

Abkürzungen siehe Abkürzungsverzeichnis

Spalte Stationspaar: Median an der linken Station jeweils = 100 %

positiver Wert, negativer Wert:

Median an der rechte Station um ... % höher bzw. ... % niedriger als an der linken Station

-: ohne Vergleichswert

3.1.3.5 Abhängigkeit der EROD-Aktivität vom Geschlecht

Männchen hatten zwischen 34 % und 76 % höhere ERODM- und um 12 % bis 80 % höhere ERODL-Aktivitäten als Weibchen (Abb. 15). Nur an Stationen, an denen beide Geschlechter hohe (Station K010) oder niedrige (K167) Enzymaktivitäten hatten, waren die Medianwerte der Männchen um etwa 20 % (ERODM) bzw. 30 % (ERODL) kleiner als die Werte der Weibchen.

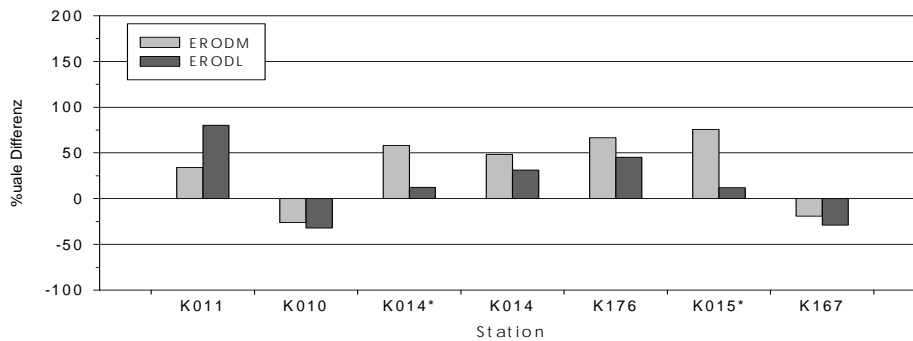


Abbildung 15: Prozentuale Unterschiede zwischen den EROD-Aktivitäten adulter Klieschenweibchen und -männchen an Küsten-Stationen vor Großbritannien im August 1991; Medianwert adulter Weibchen jeweils = 100 %

3.1.4 Abhängigkeit der EROD-Aktivität von der Laichreife

3.1.4.1 Gonadenreife von Klieschen

In beiden Untersuchungsjahren erfolgten die Probenahmen im Januar vor dem Einsetzen der Laichzeit der Kliesche. Für die Befischung der Küsten-Stationen 1991 war mit Anfang August ein Zeitraum gewählt worden, von dem angenommen wurde, dass er außerhalb der Hauptlaichzeit lag.

Klieschenweibchen und -männchen hatten jeweils im Januar erwartungsgemäß entwickelte Gonaden. Eine Charakterisierung der acht Reifegrade (RG) gibt Tabelle 4 (S. 36). Im Jahr **1991** wurden an Weibchen Reifegrade zwischen II und VIII bestimmt (Tab. 18a). Die RG IV bis VI kamen am häufigsten vor. Von 449 Tieren befanden sich 14 Tiere (3,1 %) im Ruhestadium (RG II). Nur 20 Weibchen (4,5 %) hatten ihre Eier bereits zum Großteil abgegeben (RG VII, VIII). Weibchen, deren Laichprodukte auf Druck bereits leicht abflossen (RG VI), kamen im gesamten Gebiet vor, ausgenommen die Stationen T053, T016*, T048 und T093. Die Reifegrade II bis IV kamen vergleichsweise häufig in den Stichproben von Stationen vor der britischen Insel vor (T014, T053, T016*). Gegenüber diesen Stationen hatten Weibchen im übrigen Nordseegebiet einen leichten Entwicklungsvorsprung, ausgenommen die Stationen T041, T043, T048. In der Deutschen Bucht und vor Dänemark (Stationen T033, T093, T034; T030, T029, T028) sowie in der südlichen Nordsee (T050, T051) waren Klieschen weiter entwickelt als vor der britischen Küste (Tab. 18a). Im Januar **1992** waren die Ovarien von Klieschenweibchen (n = 282) weniger entwickelt als 1991. Es wurden Reifegrade zwischen II und VI bestimmt (Tab. 18c). Allerdings wurde nur an T033 ein Weibchen gefangen, dessen Laich fließend (RG VI) war. Insgesamt 35 Weibchen (12,4 %) befanden sich noch im Ruhestadium (RG II). Die Reifegrade III bis V kamen am häufigsten vor. Wie 1991 unterschieden sich auch im Jahr 1992 die westliche und östliche Nordsee. Vor der britischen Nordseeküste (Stationen T014, T053, T043) wurden in der Mehrzahl Weibchen untersucht, deren Gonaden sich noch am Anfang der Entwicklung (RG III) befanden. Tiere mit weiter entwickelten Gonaden (RG IV, V) kamen dagegen verstärkt in der Deutschen Bucht (Stationen T033, T030), vor Dänemark (T028), aber auch an den Stationen T050 und T051 vor.

3.1.4.2 Korrelation zwischen EROD-Aktivität und Laichreife

Die Prüfung, ob es einen korrelativen Zusammenhang zwischen der Laichreife von Klieschen und der Höhe ihrer ERODM- und/oder ERODL-Aktivität gab, wurde stationsweise durch Berechnung des Spearman'schen Rang-Korrelationskoeffizienten durchgeführt. Es wurden nur Stationen berücksichtigt, an denen die Stichproben hinsichtlich der Verteilung der Reifegrade die in Abschnitt 2.7.2 beschriebenen Bedingungen erfüllten.

Für Korrelationsrechnungen wurden Klieschenweibchen von zusammen 17 Nordsee-Stationen aus beiden Untersuchungsjahren berücksichtigt. An 15 Stationen war die ERODM-Aktivität und an 14 Stationen die ERODL-Aktivität negativ mit dem Reifegrad der Gonaden korreliert (Tab. 20a, b). Somit hatten in derselben Stichprobe Weibchen mit weit entwickelten Gonaden relativ niedrigere EROD-Aktivitäten als Weibchen, die sich am Anfang des Reproduktionszyklus befanden. Diese Feststellung trifft sowohl auf die ERODM- als auch auf die ERODL-Aktivität zu. An einer im August 1991 untersuchten Küsten-Station im Einflussbereich des Firth of Forth (Station K011) war die EROD-Aktivität von Klieschenweibchen ebenfalls negativ mit der Gonadenreife korreliert. Dagegen gab es für die Stichproben von den Stationen K014* und K014, in denen mehrere Reifegrade vertreten waren, innerhalb der Signifikanzschranken ($\alpha = 0,05$) keinen Hinweis auf einen Zusammenhang zwischen der Gonadenreife und der Höhe der EROD-Aktivität.

Für Männchen von den Nordsee-Stationen T014, T016* und T033, die im Januar 1991 untersucht worden waren, konnte kein Zusammenhang zwischen der Höhe ihrer EROD-Aktivität und dem Reifegrad ihrer Gonaden nachgewiesen werden. Im August 1991 wurden Lebern von Männchen von britischen Küsten-Stationen in Mischproben untersucht, weshalb die Durchführung der Rangkorrelation mit diesen Messwerten nicht sinnvoll war. 1992 erfüllte kein Probenkollektiv die für eine Korrelationsanalyse vorausgesetzten Kriterien (s. Abschnitt 2.7.2).

Tabellen 20a, b: Korrelationen zwischen EROD-Aktivität und Reifegrad der Ovarien bei Klieschenweibchen aus der Nordsee (Spearman-Rangkorrelation, zweiseitige Fragestellung)

(a) 1991

Parameter	Signifikanzniveau									
	T014	T053	T016*	T043	T004	T044	T034	T030	T029	T028
ERODM	n.s.	x	xx	xx	xx	xx	n.s.	xx	x	xx
ERODL	n.s.	n.s.	xx	xx	xx	xx	n.s.	xx	x	xx

(b) 1992

Parameter	Signifikanzniveau						
	T053	T004	T045	T050	T033	T030	T028
ERODM	x	xx	xx	x	xx	xx	xx
ERODL	x	xx	xx	x	xx	xx	xx

x: signifikant negative Korrelation auf dem 5%-Niveau,
 xx: signifikant negative Korrelation auf dem 1%-Niveau
 n.s.: kein signifikanter Zusammenhang

3.1.5 Korrelation zwischen EROD-Aktivität und Gesamtlänge

Für die Prüfung, ob zwischen der ERODM- und/oder ERODL-Aktivität von Klieschen und ihrer Totallänge eine Korrelation bestand, wurden nur Stichproben berücksichtigt, die einzeln aufgearbeitet wurden. Das waren für Klieschenweibchen insgesamt 30 und für Klieschenmännchen 26 Stichproben von Nordsee-Stationen, die jeweils im Winter 1991 und 1992 beprobt worden waren, und 16 Stichproben von Klieschenweibchen von Küsten-Stationen (Probenahme August 1991). Insgesamt fanden 76 Stichproben (Stationen) Berücksichtigung.

Im geprüften Längenbereich $L_G = 17,0 - 25,0$ cm bestand bei Klieschenweibchen und -männchen, die im Winter in der Nordsee gefangen worden waren, keine Korrelation zwischen der EROD-Aktivität und der Totallänge. Eine Korrelation zwischen der Gesamtlänge und der EROD-Aktivität wurde nur für Weibchen von der im August 1991 untersuchten Station K011 (Firth of Forth) nachgewiesen. Es ließ sich eine positive Korrelation auf dem 1 %-Niveau für die ERODM-Aktivität (errechneter Rangkorrelationskoeffizient $r_s = 0,6420 >$ kritischer Wert $r_s^* = 0,5426$, $n = 22$, zweiseitig, nach Sachs 1969) bzw. auf dem 5 %-Niveau für die ERODL-Aktivität ($r_s = 0,5270 >$ $r_s^* = 0,4241$, $n = 22$, zweiseitig) sichern.

3.1.6 Vergleichende Zusammenfassung der Ergebnisse

In den Jahren 1991 und 1992 wurden in der Nordsee jeweils im Januar und 1991 zusätzlich im August Probenahmen durchgeführt. An etwa 40 Stationen wurden von insgesamt 2.930 adulten und juvenilen Klieschen Leberproben für die Messung der hepatischen EROD-Aktivität genommen.

Im Verlauf der beiden Probenahmen im Winter wurden Lebern von 1.306 adulten und 1.125 juvenilen Klieschen aufgearbeitet. In beiden Jahren war es an den meisten Stationen möglich, adulte Weibchen und Männchen sowie juvenile Klieschen parallel aufzuarbeiten. Im Sommer 1991 wurden an Küsten-Stationen Lebern von 499 adulten Klieschenweibchen und -männchen, letztere nur vor der britischen Küste, präpariert.

(1) EROD-Aktivitäten im Winter

Überblick:

- Es konnten Nordseegebiete, in denen die EROD-Aktivitäten von Klieschen deutlich induziert waren, von Gebieten mit im Wesentlichen niedrigen Enzymaktivitäten unterschieden werden.
- Im Untersuchungsgebiet stimmten die geographischen Verteilungsmuster der EROD-Aktivitäten von juvenilen Weibchen, juvenilen Männchen und adulten Männchen gut überein. Die Verteilung der EROD-Aktivitäten adulter Weibchen wich davon teilweise ab.
- Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass insbesondere hohe Enzym-Induktionen bei allen Vergleichsgruppen gleichzeitig auftraten.

Ergebnisse im Einzelnen:

- In der Nähe einer Ölförderanlage im Ekofisk-Ölfeld (Station T041) hatten adulte und juvenile Klieschen in beiden Jahren geschlechtsunabhängig am stärksten induzierte CYP1A-Aktivitäten.
- Ein zweiter Schwerpunkt hoher EROD-Aktivitäten war die östliche Nordsee (Deutsche Bucht und dänische Küste). Die mittleren Enzymaktivitäten an den Stationen T034, T033, T030 und T028 zählten zu den höchsten des gesamten Nordseegebiets. Hervorzuheben ist Station T029, westlich von Sylt, wo die Biotransformation adulter und juveniler Klieschen 1991 ähnlich stark induziert war wie an Station T041. Einschränkend muss erwähnt werden, dass an Station T033 adulte Weibchen in beiden Jahren und 1992 auch juvenile Weibchen relativ niedrige Enzymaktivitäten hatten.
- Hervorzuheben ist auch das Seegebiet zwischen dänischer Küste und Doggerbank, wo relativ hohe EROD-Aktivitäten an den Stationen T044 und T048 (jeweils nur 1991 beprobt) nachgewiesen wurden. Hohe Aktivitäten wurden auch am Ostrand der Doggerbank (T045) bei adulten Männchen und juvenilen Klieschen registriert. Station T043 am Westrand der Doggerbank fiel in beiden Jahren durch erhöhte Enzymaktivitäten bei adulten Weibchen auf.
- Weitere Gebiete mit deutlich induzierten EROD-Aktivitäten waren 1992 die schottische Küste (Station T006) und südlich davon das Seegebiet querab der Tyne-Mündung (Stationen T005, T014) sowie der Norden des Ekofisk-Ölfeldes (Station T010). Diese Ergebnisse beruhen auf Messungen an juvenilen Weibchen und Männchen (Stationen T006, T005, T010), adulten Weibchen (Station T014) und adulten Männchen (Station T010). Die Medianwerte zählten in jeder Gruppe zu den höchsten.
- Relativ niedrige Enzymaktivitäten hatten alle Vergleichsgruppen östlich des ehemaligen Verbrennungsgebietes (Station T050).
- Niedrige EROD-Aktivitäten (größenmäßig etwa unteres Drittel der Medianwerte) wurden in erster Linie an adulten Männchen und juvenilen Klieschen von Stationen zwischen dem Westrand der Doggerbank und der britischen Küste (T004, T016*, T014) sowie auf der Doggerbank (T047) gemessen. Adulte Weibchen hatten an diesen Stationen in Relation zu anderen teilweise hohe EROD-Aktivitäten (1991: Stationen T016*, T004; 1992: Station T014).

Teilgebiete

- In der östlichen Nordsee stiegen die EROD-Aktivitäten entlang der deutschen und dänischen Küste von Süden nach Norden an. An küstennahen Stationen waren die Enzymaktivitäten höher als an küstenfernen.
- Auf der Doggerbank deuteten die Verteilungen der Enzymaktivitäten auf ein Gefälle von Ost nach West hin.
- Entlang der britischen Küste waren die EROD-Aktivitäten nicht so einheitlich verteilt wie in der östlichen Nordsee. Allein juvenile Klieschen hatten in beiden Jahren im Norden der Insel (Stationen T006, T005, T014) etwas höhere Aktivitäten als im Süden (T016*, T053).

Gegenüberstellung der Rangzahlen 1991 – 1992

An sieben über das gesamte Untersuchungsgebiet verteilte Nordsee-Stationen wurden 1991 und 1992 adulte und juvenile Klieschen parallel untersucht. Anhand von Rangzahlen anstelle der Medianwerte (Tab. 21a, b) konnte für die Verteilungsmuster gezeigt werden:

- Jeweils bei adulten Weibchen und Männchen waren die EROD-Aktivitäten in beiden Jahren ähnlich verteilt; die 1991 ermittelten Rangzahlen der ERODM- bzw. ERODL-Aktivitäten stimmten gut mit den Rangzahlen im Jahr 1992 überein. In jedem Jahr waren die Verteilungen der Rangzahlen beider EROD-Parameter jeweils bei Weibchen und Männchen ähnlich.
- Die Ränge der ERODM- und ERODL-Medianwerte juveniler Weibchen und Männchen stimmten jeweils gut mit den 1991 ermittelten Rangzahlen überein, obwohl 1991 Weibchen und Männchen nicht getrennt untersucht worden sind. 1992 waren die ERODM-Rangzahlen juveniler Männchen nahezu deckungsgleich mit 1991.
- In allen Vergleichsgruppen trat in beiden Jahren bei beiden EROD-Parametern die höchste Rangzahl (7) an Station T041 auf.

Tabellen 21a, b: EROD-Aktivitäten von adulten und juvenilen Klieschen an 7 Nordsee-Stationen im Januar 1991 und 1992 ausgedrückt als Rangzahlen

(a) adulte Klieschen

Station	Rangzahl							
	ERODM				ERODL			
	w _a		m _a		w _a		m _a	
	1991	1992	1991	1992	1991	1992	1991	1992
T053	6	6	3	4	6	6	3	6
T043	5	5	4	2	5	5	2	3
T047	3	4	1	1	3	3	1	2
T050	1	2	2	3	1	2	4	1
T033	2	1	5	5	2	1	6	4
T028	4	3	6	6	4	4	5	5
T041	7	7	7	7	7	7	7	7

(b) juvenile Klieschen

Station	Rangzahl					
	ERODM			ERODL		
	1991	1992		1991	1992	
	w _j /m _j	w _j	m _j	w _j /m _j	w _j	m _j
T053	1	5	3	1	5	2
T043	4	4	4	5	4	1
T047	3	2	1	3	1	3
T050	2	1	2	2	2	4
T033	5	3	5	4	3	5
T028	6	6	6	6	6	6
T041	7	7	7	7	7	7

Abkürzungen siehe Abkürzungsverzeichnis

- Die geographischen Verteilungen der EROD-Aktivitäten adulter Männchen und juveniler Kliesen stimmten in beiden Jahren, und die Verteilungsmuster der EROD-Aktivitäten juveniler Weibchen und Männchen stimmten 1992 statistisch signifikant überein (Tab. 22). Die geographische Verteilung der ERODL-Aktivitäten adulter Kliesenweibchen korrelierte 1992 mit denen adulter Männchen und juveniler Weibchen.

Tabelle 22: Korrelationen der geographischen EROD-Verteilungen adulter und juveniler Kliesen jeweils für sieben Nordsee-Stationen (vergl. Tab. 21) (Spearman-Rangkorrelation, einseitige Fragestellung)

Jahr	Vergleichsgruppen	ERODM		ERODL		n
		rs	Signifikanz	rs	Signifikanz	
1991	w _a - m _a	0,5000	-	0,3214	-	7
	w _a - w _j /m _j	0,5714	-	0,4286	-	7
	m _a - w _j /m _j	0,9643	xx	0,5357	-	7
1992	w _a - m _a	0,1429	-	0,7143	x	7
	w _a - w _j	0,6429	-	0,7500	x	7
	w _a - m _j	0,2500	-	0,0000	-	7
	m _a - w _j	0,7500	xx	0,8929	xx	7
	m _a - m _j	0,9643	xx	0,4286	-	7
	w _j - m _j	0,8212	x	0,6786	x	7

n: Anzahl Stationen, weitere Abkürzungen siehe Abkürzungsverzeichnis

x: auf dem 5%-Niveau signifikant, xx: auf dem 1%-Niveau signifikant, -: nicht signifikant

Änderung der Enzymaktivitäten zwischen benachbarten Stationen

- Zwischen räumlich benachbarten Stationen variierten die Enzymaktivitäten (Medianwerte) adulter Weibchen und Männchen eher um größere Prozentbeträge als die von juvenilen Kliesen. Die Medianwerte adulter Weibchen variierten um größere Beträge als bei adulten Männchen. Bei juvenilen Kliesen war das Verhältnis nicht eindeutig.

Vergleich der Medianwerte 1991 – 1992 (Tabellen 23a, b)

- Adulte Weibchen hatten im Jahr 1992 im Allgemeinen höhere mittlere Enzymaktivitäten als 1991. Die Stichproben von Station T041 waren signifikant verschieden.
- Adulte Männchen hatten 1992 um bis zu knapp 50 % niedrigere ERODM-Aktivitäten als 1991. Nur an Station T041 wurde ein leichter Anstieg verzeichnet. Die ERODL-Aktivitäten waren zumeist höher als im Vorjahr. Der Anstieg betrug in der Regel weniger als 100 %.
- Juvenile Weibchen und Männchen hatten 1992 um bis zu etwa 75 % niedrigere mittlere Enzymaktivitäten als die Mischproben im Jahr 1991.

Tabellen 23a, b: Gegenüberstellung der EROD-Aktivitäten von Klieschen aus der Nordsee im Januar 1991 und 1992 nach Geschlecht getrennt

(a) adulte Klieschen

Station	Signifikanz und Unterschied in % 1991 – 1992							
	Weibchen (adult)				Männchen (adult)			
	ERODM		ERODL		ERODM		ERODL	
T053	n.s.	+97,5	n.s.	+59,9	n.s.	-3,9	x	+77,5
T043	n.s.	+77,7	n.s.	+131,4	x	-43,1	n.s.	+59,2
T047	x	+124,6	n.s.	+83,9	x	-32,5	x	+202,3
T045	n.s.	-2,9	n.s.	-34,6	n.s.	-19,2	n.s.	0,0
T050	xx	+291,3	xx	+371	n.s.	-22,1	n.s.	-30,5
T033	n.s.	-43,7	n.s.	-47,1	x	-27,2	n.s.	-27,4
T030	n.s.	-42,6	n.s.	+6,9	-	-	-	-
T028	n.s.	+13,8	n.s.	+38,1	n.s.	-22,7	n.s.	+2,4
T041	xx	+255,4	xx	+291,2	n.s.	+2,0	n.s.	+54,1

(b) juvenile Klieschen

Station	Unterschied in % 1991 – 1992 ¹⁾			
	Weibchen (juvenil)		Männchen (juvenil)	
	ERODM	ERODL	ERODM	ERODL
T053	-2,9	+7,5	-11,4	-10,2
T043	-51,0	-63,7	-39,4	-73,5
T047	-60,4	-75,8	-43,6	-44,2
T045	-	-	-	-
T050	-59,1	-61,2	-15,8	-30,7
T033	-65,5	-59,9	-48,3	-43,9
T030	-	-	-	-
T028	-58,9	-58,3	-55,1	-56,8
T041	-35,1	-46,8	-31,5	-52,9

¹⁾: Weibchen und Männchen 1991 stationsweise in einer und 1992 getrennt in zwei Mischproben untersucht
 positiver Wert: Medianwert 1992 > Medianwert 1991 (= 100 %)
 negativer Wert: Medianwert 1992 < Medianwert 1991
 x: Stichproben signifikant verschieden ($\alpha=0,05$), xx: Stichproben signifikant verschieden ($\alpha=0,01$)
 n.s.: nicht signifikant, -: Vergleichswerte lagen nicht vor

Vergleich der Enzymaktivitäten (Medianwerte) von adulten und juvenilen Klieschen

- Adulte Männchen und juvenile Klieschen hatten in der Mehrzahl bis zu 8-mal (1991) bzw. 6-mal (1992) höhere EROD-Aktivitäten als adulte Weibchen. Größere Unterschiede mit mehr als 50-mal höheren Medianwerten kamen insbesondere im Jahr 1991 vor. Die Stichproben der adulten Tiere waren meistens signifikant verschieden (U-Test, $\alpha = 0,05$ und $0,01$). 1992 hatten Weibchen von Station T041 höhere EROD-Aktivitäten als adulte Männchen und juvenile Klieschen.
- Zwischen juvenilen Männchen und adulten Weibchen war der Unterschied in Prozent ähnlich wie zwischen adulten und juvenilen Weibchen.
- Juvenile Klieschen hatten 1991 (Weibchen und Männchen je Station in einer Mischprobe) an Stationen zwischen der britischen Küste und dem Westrand der Doggerbank bis zu 2-mal hö-

here ERODM-Aktivitäten als adulte Männchen. An den übrigen Stationen waren die Medianwerte um bis zu 70 % kleiner. Die ERODL-Aktivitäten juveniler Klieschen waren meistens höher als die adulter Männchen.

- Juvenile Männchen hatten 1992 um bis zu 44 % niedrigere ERODM-Aktivitäten als adulte Männchen. Dagegen waren die ERODL-Aktivitäten sowohl höher als auch niedriger. Juvenile Weibchen hatten 1992 um bis zu 50 % niedrigere EROD-Aktivitäten als adulte Männchen.
- Juvenile Männchen hatten bis doppelt so hohe EROD-Aktivitäten wie juvenile Weibchen.
- Unabhängig davon, welcher Parameter oder welches Jahr betrachtet werden, war bei adulten Weibchen der relative Unterschied zwischen dem kleinsten und größten Medianwert aller Stationen erheblich größer als bei adulten Männchen und juvenilen Klieschen (Tab. 24).

Tabelle 24: EROD-Aktivitäten von adulten und juvenilen Klieschen aus der Nordsee - kleinster und größter Medianwert je Gruppe

Gruppe	Parameter	Medianwerte Januar 1991		Gruppe	Parameter	Medianwerte Januar 1992		Medianwerte August 1991	
		Minimum	Maximum			Minimum	Maximum	Minimum	Maximum
w _a (n = 18)	ERODM	7,2	289,2	w _a (n = 12)	ERODM	12,0	1027,6	126,6	2548,1
	ERODL	0,3	7,7		ERODL	0,5	30,2	1,0	58,0
m _a (n = 17)	ERODM	145,2	905,0	m _a (n = 9)	ERODM	144,9	889,8	171,3	2713,1
	ERODL	1,7	25,6		ERODL	4,6	24,0	2,4	44
w _j /m _j (n = 16)	ERODM	212,7	774,2	w _j (n = 14)	ERODM	96,8	502,3	-	-
	ERODL	5,9	42,1		ERODL	2,5	22,4	-	-
				m _j (n = 15)	ERODM	102,3	530,3	-	-
					ERODL	2,4	19,8	-	-

Abkürzungen siehe Abkürzungsverzeichnis

(2) EROD-Aktivitäten im Sommer an Küsten-Stationen

- Die Küstenregionen vor Großbritannien, den Niederlanden und Deutschland ließen sich hinsichtlich der EROD-Aktivitäten von Klieschen gut voneinander trennen. Entlang der britischen Ostküste war die Biotransformation adulter Klieschenweibchen deutlich induziert. Abgesehen von einer Station in der Themse-Mündung waren die Medianwerte beider EROD-Parameter um ein Vielfaches (und zumeist signifikant) höher als an Stationen vor der niederländischen und deutschen Küste.
- Entlang der niederländischen Küste und in der Deutschen Bucht waren die EROD-Aktivitäten vergleichsweise unauffällig. Zwischen der Schelde-Mündung und den Westfriesischen Inseln wurde ein leichter Anstieg der Medianwerte verzeichnet, der sich bis in die Deutsche Bucht fortsetzte. In der Deutschen Bucht wurden insgesamt etwas höhere Enzymaktivitäten gemessen als vor der niederländischen Küste.

- An der britischen Ostküste traten die hohen EROD-Aktivitäten im Gebiet zwischen den Mündungen von Humber (Station K016*) und Firth of Forth (Station K011) auf. Auffällig waren die hohen Medianwerte im Firth of Forth (Station K010) und querab der Tees-Mündung (Station K014*). An allen Stationen waren die ERODM- und/oder ERODL-Aktivitäten signifikant höher (bis 19-mal) als vor der Themse-Mündung (Station K167). Vor dem Firth of Forth (Stationen K010 – K011), querab der Tyne-Mündung (Stationen K176 – K014) und vor der Tees-Mündung (Stationen K015* – K015) wurden Gradienten nachgewiesen, mit ansteigenden Enzymaktivitäten von den küstenfernen zu den küstennahen Stationen.
- Die EROD-Medianwerte von Männchen und Weibchen waren vor der britischen Küste ähnlich verteilt. Bei jedem Geschlecht glichen sich die Verteilungen der ERODM- und ERODL-Medianwerte.
- Die EROD-Medianwerte von Männchen waren an einzelnen Stationen um bis zu 80 % größer als die Enzymaktivität von Weibchen. Sie war nur an den beiden Stationen etwas niedriger, wo hohe (Station K010) bzw. niedrige (Station K167) Enzymaktivitäten bestimmt wurden.

(3) Gonadenreife adulter Klieschen

- Adulte Klieschen hatten in beiden Jahren im Januar entwickelte Gonaden.
- Sowohl Weibchen als auch Männchen waren 1991 weiter entwickelt als 1992.
- An Weibchen wurden mehrheitlich die RG IV bis VI (1991) bzw. III bis V (1992) bestimmt. An Männchen wurden zumeist die RG V und VI (1991) bzw. IV und V (1992) bestimmt.
- In der östlichen Nordsee waren Klieschenweibchen und -männchen weiter entwickelt als in der westlichen Nordsee.
- Die Gonaden von Männchen stimmten in ihrer Reife zum Zeitpunkt der Probenahmen in beiden Jahren gut mit den an Weibchen bestimmten Reifegraden überein.
- Im August 1991 befanden sich Klieschenweibchen von küstennahen Stationen in der Regel in der Ruhephase (RG II).
- Vor der britischen Küste zwischen Firth of Forth und Tees-Mündung (Stationen K011 bis K015*) streuten im August 1991 die Reifegrade jedoch vergleichsweise stark. Dort kamen auch Weibchen mit weit entwickelten Ovarien vor, bei denen das Abblachen kurz bevorstand oder bereits eingesetzt hatte. Männchen hatten entlang desselben Küstenabschnitts ebenfalls weit entwickelte Gonaden. Vor der Themse-Mündung (Station K167) waren Männchen und Weibchen mehrheitlich in der Ruhephase.

(4) EROD-Aktivität in Abhängigkeit von der Laichreife

- Für Korrelationsrechnungen wurden Klieschenweibchen von zusammen 17 Nordsee-Stationen aus beiden Untersuchungsjahren berücksichtigt. Beide EROD-Parameter waren negativ mit dem Reifegrad der Gonaden korreliert.
- An einer im August 1991 untersuchten Küsten-Station im Einflussbereich des Firth of Forth (K011) war die EROD-Aktivität von Klieschenweibchen ebenfalls negativ mit der Gonadenreife korreliert.

- Für Männchen konnte kein Zusammenhang zwischen der Höhe ihrer EROD-Aktivität und der Gonadenreife nachgewiesen werden.

(5) EROD-Aktivität in Abhängigkeit von der Gesamtlänge

- Bei der statistischen Prüfung wurden $n = 46$ (Weibchen) und $n = 26$ (Männchen) Stichproben berücksichtigt. Im untersuchten Längenbereich 17,0 cm bis 25,0 cm bestand in der Regel weder bei Klieschenweibchen noch bei -männchen eine Korrelation zwischen der Enzymaktivität und der Gesamtlänge. Eine positive Korrelation zwischen der Länge und der EROD-Aktivität wurde allerdings für Weibchen von der im August 1991 untersuchten Station K011 (Firth of Forth) nachgewiesen.

3.2 Ästuare

In den folgenden graphischen Darstellungen der EROD-Aktivitäten von Flundern (Abschnitt 3.2.1) und Klieschen (Abschnitt 3.2.2) aus Ästuaren sind die Probenahmestellen in den untersuchten Gewässerabschnitten jeweils entsprechend ihrer Lage in Fließrichtung von links nach rechts angeordnet. Die geographische Lage der Stationen in den Ästuaren ist in Abbildung 3, Abschnitt 2.3, wiedergegeben. Statistische Kenngrößen zur Charakterisierung der untersuchten Stichproben können Anhang A (Tab. A4 bis A10) entnommen werden. Umfassende technische und nautische Informationen zu den Probenahmen sowie Angaben zur Wassertiefe und -temperatur und zum Salzgehalt sind in Anhang B (Tab. B3) zusammengefasst.

Abschnitt 3.2.5 gibt eine graphische (Abb. 32) und tabellarische (Tab. 49) Zusammenfassung der EROD-Aktivitäten in den untersuchten Flussmündungen.

3.2.1 EROD-Aktivitäten von Flundern

Die EROD-Aktivitäten von Flundern wurden 1991 und 1992 in den Mündungsgebieten der Flüsse Eider, Elbe, Weser, Schelde, Themse, Tyne und Firth of Forth an insgesamt 28 verschiedenen Stationen untersucht. Obwohl nicht in jedem Jahr sämtliche Stationen erfolgreich beprobt werden konnten, liegen dennoch für das Jahr 1991 Messwerte von 22 Stationen und für 1992 von 20 Stationen vor. Jedes Ästuar ist je Untersuchungs-jahr mit mindestens drei Probenahmestellen vertreten. Hiervon ausgenommen ist die niederländische Schelde (1992 zwei Stationen) und der Firth of Forth, wo nur 1991 Proben von einer Station zur Verfügung standen. Das gesamte Probenkollektiv setzt sich aus 782 Flunderweibchen und 688 Flundermännchen zusammen. Eine nach Ästuaren gegliederte Übersicht der beprobten Stationen und Fänge gibt Tabelle 6 (Abschnitt 3).

3.2.1.1 Eider

In der Eider wurden im Jahr 1991 Flunderweibchen von Stationen oberhalb des Sperrwerks (F010, F011) und etwa 2 km unterhalb davon (F012) untersucht. Flundermännchen wurden in diesem Jahr an denselben Stationen und zusätzlich an F014, westlich von F012, untersucht. Die Stationen F010 und F014 waren 23 km voneinander entfernt. 1992 wurden Flunderweibchen und -männchen von den Stationen F010 und F011 sowie im Vorküstenbereich an Station F012 und an der etwa 23 km vom Eider-Sperrwerk entfernten Station F015 gefangen. F010 und F015 waren 31 km voneinander entfernt. Die Probenahmen fanden 1991 in der zweiten Junihälfte und 1992 von Anfang bis Mitte April statt (Tab. 3, Abschnitt 2.3). Die statistischen Kenngrößen sind in Anhang A (Tab. A4) zusammengefasst.

Die Medianwerte der ERODM-Aktivitäten von **Flunderweibchen** betrug 1991 60,2 bis 190,4 $\text{pmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{mg}^{-1}$ (F010, F011) und die ERODL-Aktivitäten 1,1 bis 2,6 $\text{nmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ an den Stationen F010 bzw. F012 (Abb. 16a, b). Diese Verteilung der hohen und niedrigen Medianwerte entspricht einem Anstieg der mittleren ERODM-Aktivität um 216 % zwischen Tönning (F010) und der flussabwärts vor dem Sperrwerk untersuchten Station F011 (Tab. 25a) bzw. um 72 % bis Station F012. Die ERODL-Aktivität stieg über die gesamte Stromstrecke um 130 % (F010 – F012) an (Tab. 25a). Wie anhand des U-Tests gezeigt werden konnte, waren beide EROD-Parameter der Stichprobe von Station F011 signifikant höher als an Station F010.

1991 betrug die Medianwerte der ERODM-Aktivitäten von **Flundermännchen** 70,8 bis 122,9 $\text{pmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{mg}^{-1}$ (F010, F012). (Abb. 16c). Die mittleren EROD-Aktivitäten stiegen flussabwärts von F010 bis F012 deutlich an, was der an Weibchen beobachteten Verteilung der Medianwerte entsprach. Auch bei Männchen nahm die ERODM-Aktivität unterhalb des Sperrwerks wieder ab. Dennoch war an Station F014 die mittlere Aktivität um 15 % höher als an Station F010. Die ERODL-Aktivitäten stiegen wie bei den Weibchen über das gesamte Untersuchungsgebiet an (Abb. 16d). Der Medianwert der Stichprobe von Station F014 war mit 2,5 $\text{nmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ etwa doppelt so hoch wie an Station F010. Trotz der Unterschiede zwischen den Medianen waren die Verteilungen der ERODM- und ERODL-Aktivitäten statistisch nicht signifikant.

Zwischen aufeinander folgenden Stationen änderten sich die Enzymaktivitäten von Weibchen verglichen mit Männchen prozentual um größere Beträge (Tab. 25b). Es ließ sich aber für kein Geschlecht eine grundsätzlich höhere EROD-Aktivität nachweisen (Tab. 26). Dies gilt für beide EROD-Parameter. Die beobachteten Unterschiede zwischen Weibchen und Männchen von derselben Station waren in keinem Fall signifikant (U-Test) (Tab. 26).

1992 hatten **Flunderweibchen** mittlere ERODM-Aktivitäten von 86,3 $\text{pmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{mg}^{-1}$ (F010) bis 222,7 $\text{pmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{mg}^{-1}$ (F012) (Abb. 17a). An Station F012 wurde mit 5,6 $\text{nmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ auch die höchste mittlere ERODL-Aktivität bestimmt (Abb. 17b). Sie war an den restlichen Stationen nur etwa halb so hoch. Die mittlere ERODM-Aktivität stieg zwischen Tönning (F010) und F012 unterhalb des Sperrwerks um nahezu 160 % und die ERODL-Aktivität um 106 % an

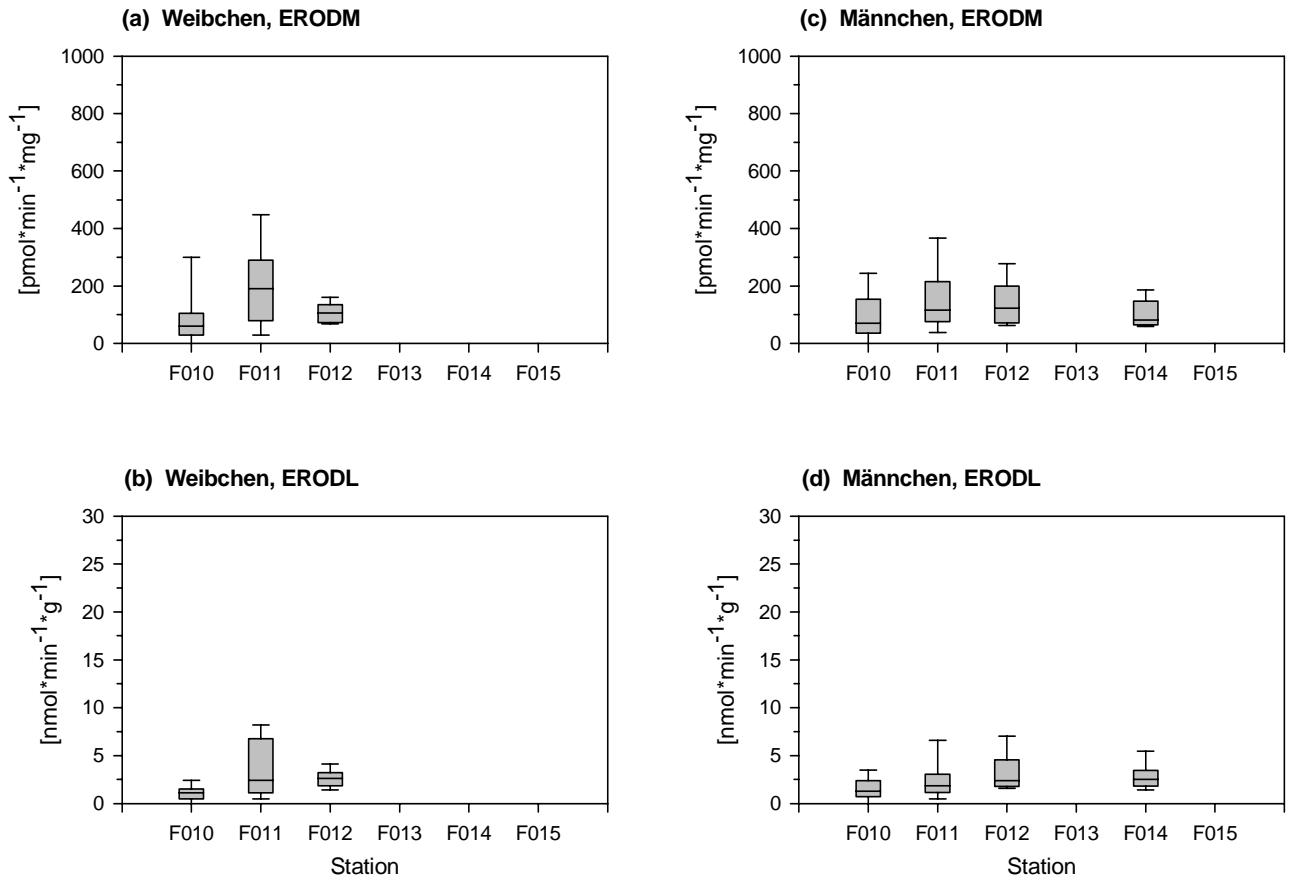
(Tab. 25c). Wird das gesamte Gebiet betrachtet, stieg die ERODM-Aktivität vom inneren Ästuar (F010) bis Station F015 um mehr als 33 % an. Der Sprung zwischen den Stationen direkt oberhalb und unterhalb des Sperrwerks (F011, F012) war auffällig (Tab. 25c). Dennoch waren die Stichproben nicht signifikant verschieden (U-Test).

Im Eider-Ästuar waren 1992 die Enzymaktivitäten von Flunderweibchen um bis zu 140 % höher als im Vorjahr (Tab. 27). Davon ausgenommen war nur die ERODM-Aktivität an Station F011. Die Medianwerte der ERODL-Aktivitäten wichen um einen größeren Prozentwert voneinander ab als die der ERODM-Aktivitäten. Signifikant verschieden waren aber nur die Stichproben von Station F010 aus beiden Jahren.

Für **Flundermännchen** aus dem Untersuchungsjahr **1992** kann zusammenfassend festgestellt werden, dass zwischen Station F010 bei Tönning ($99,3 \text{ pmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{mg}^{-1}$) und Station F015 unterhalb des Sperrwerks die mittlere ERODM-Aktivität um 25 % abnahm (Abb. 17c). Die Medianwerte der ERODL-Aktivitäten betragen 2,5 bis $3,8 \text{ nmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ (Stationen F012, F011) (Abb. 17d). Anders als bei den ERODM-Aktivitäten wurde keine kontinuierliche Abnahme der Medianwerte beobachtet (Tab. 25d). Dennoch kann auch für die ERODL-Aktivität eine Abnahme über das Untersuchungsgebiet angenommen werden, denn an beiden Stationen oberhalb des Sperrwerks (F010, F011) hatten Männchen um etwa 30 % höhere Enzymaktivitäten als unterhalb des Sperrwerks (F012, F015). Diese Verteilung entsprach der Verteilung der Medianwerte der ERODM-Aktivitäten. Die Unterschiede zwischen den Stationen waren nicht signifikant (U-Test).

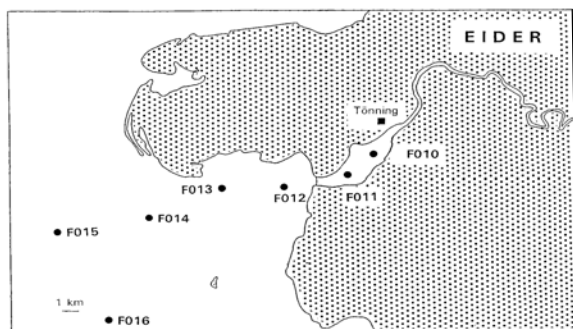
Die ERODL-Aktivitäten von Männchen waren 1992 an jeder Station höher als 1991, und zwar um bis zu 179 %. Anhand des U-Tests konnte gezeigt werden, dass die in beiden Jahren untersuchten Stichproben von den Stationen F010 und F011 jeweils signifikant verschieden waren (Tab. 27). Die ERODM-Aktivität war 1992 nur an Station F010 höher als im Vorjahr. Signifikanzen lagen bei diesem Parameter nicht vor.

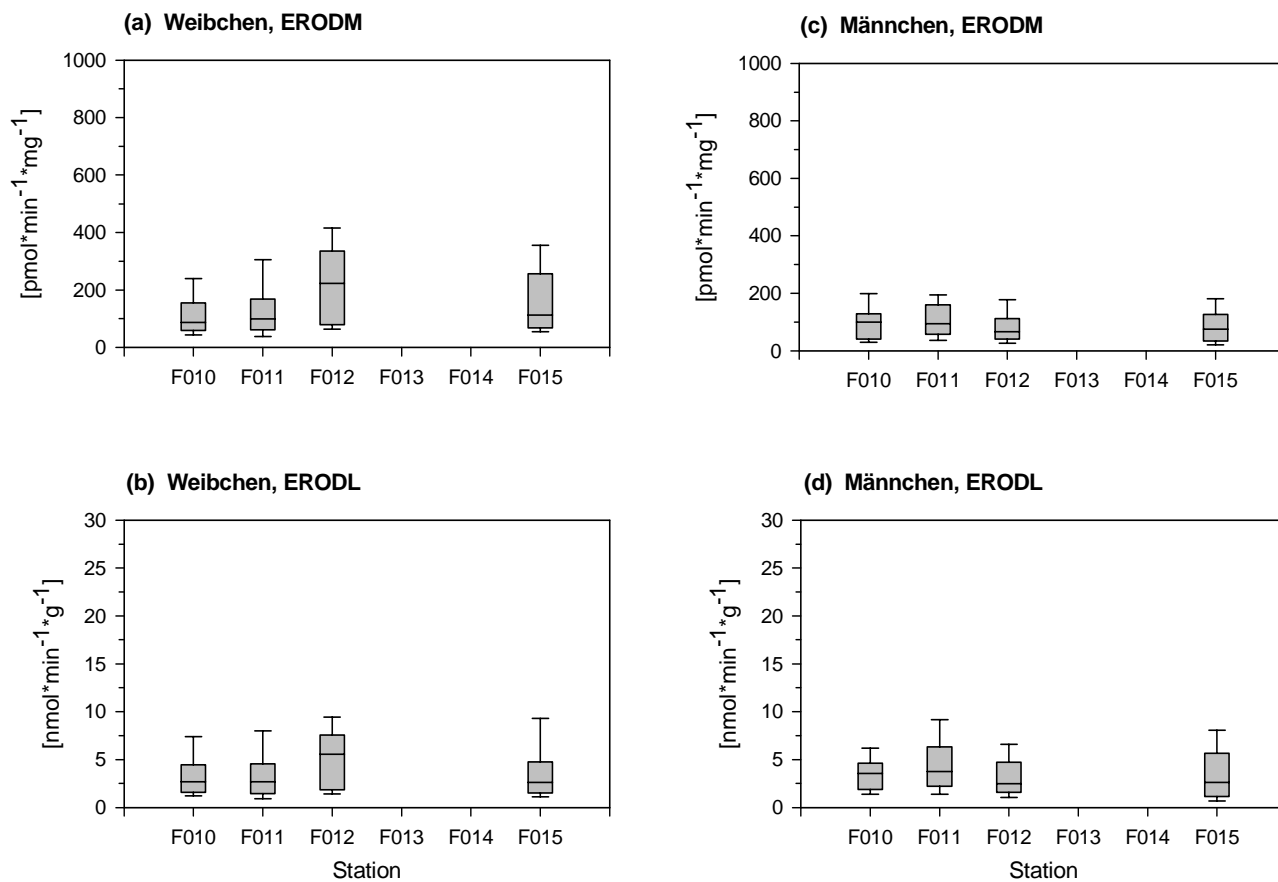
Weibchen und Männchen hatten im Jahr 1992 an Stationen oberhalb des Sperrwerks ähnlich hohe ERODM-Aktivitäten. Die ERODL-Aktivitäten von Weibchen waren dagegen um nahezu 40 % niedriger als die der Männchen (Tab. 26). Wird aber das gesamte Untersuchungsgebiet (F010 bis F015) betrachtet, zeigt sich, dass die Medianwerte der Enzymaktivitäten von Weibchen und Männchen gegenläufig verteilt waren. Sie stiegen bei Weibchen in Fließrichtung an und fielen bei Männchen ab.



Abbildungen 16a – d: EROD-Aktivitäten von **Flundern** aus der **Eider** im Juni 1991
geographische Lage der Stationen siehe unten bzw. Abschnitt 2.3

Signifikant verschieden (U-Test, $\alpha = 0,05$): Weibchen von F010 – F011 bei ERODM und ERODL





Abbildungen 17a – d: EROD-Aktivitäten von **Flundern** aus der **Eider** im April **1992** geographische Lage der Stationen siehe Abbildung 16 bzw. Abschnitt 2.3

Tabellen 25 – 27: Eider – statistische Auswertungen der EROD-Aktivitäten von Flundern
Tabellen 25a – d: Änderungen der EROD-Aktivitäten zwischen Stationen
(a) Weibchen (1991)

Station	Unterschied in %	
	ERODM	ERODL
F010	} + 216	+ 117
F011		
F012	} - 46	+ 6
F014		
F014	-	-

(b) Männchen (1991)

Station	Unterschied in %	
	ERODM	ERODL
F010	} + 64	+ 46
F011		
F012	} + 6	+ 31
F014		
F014	- 34	+ 4

(c) Weibchen (1992)

Station	Unterschied in %	
	ERODM	ERODL
F010	} + 15	+ 0,4
F011		
F012	} + 125	+ 106
F015		
F015	- 48	- 53

(d) Männchen (1992)

Station	Unterschied in %	
	ERODM	ERODL
F010	} - 5	+ 7
F011		
F012	} - 30	- 34
F015		
F015	- 13	+ 6

Anordnung der Stationen in Fließrichtung von oben nach unten
positiver Wert, negativer Wert:

Medianwert an der Station unter der Klammer um ... % höher bzw. ... % niedriger
als an der Station über der Klammer (dieser Wert jeweils = 100 %)

Tabelle 26: Gegenüberstellung der EROD-Aktivitäten von Weibchen und Männchen

Parameter	1991				1992			
	Unterschied in % und Signifikanz (..)				Unterschied in % und Signifikanz (..)			
	F010	F011	F012	F015	F010	F011	F012	F015
ERODM	+ 18 (n.s.)	- 39 (n.s.)	+ 19 (n.s.)	-	+ 15 (n.s.)	- 5 (n.s.)	- 70 (x)	- 35 (n.s.)
ERODL	+ 14 (n.s.)	- 23 (n.s.)	- 5 (n.s.)	-	+ 37 (n.s.)	+ 39 (n.s.)	- 56 (n.s.)	+ 0,4 (n.s.)

Medianwert der Weibchen jeweils = 100 %

Tabelle 27: Gegenüberstellung der EROD-Aktivitäten der Jahre 1991 und 1992

Parameter	Unterschied in % und Signifikanz (..) 1991 – 1992					
	Weibchen			Männchen		
	F010	F011	F012	F010	F011	F012
ERODM	+ 43,3 (n.s.)	- 48,1 (n.s.)	+ 115,3 (n.s.)	+ 40,3 (n.s.)	- 19,0 (n.s.)	- 46,3 (n.s.)
ERODL	+ 142,3 (xx)	+ 12,0 (n.s.)	+ 117,6 (n.s.)	+ 178,7 (xx)	+ 103,2 (x)	+ 1,6 (n.s.)

Medianwert 1991 jeweils = 100 %

Für alle Tabellen:

x: Stichproben signifikant verschieden (U-Test, $\alpha = 0,05$), xx: Stichproben signifikant verschieden (U-Test, $\alpha = 0,01$)

n.s.: nicht signifikant, -: ohne Vergleichswert

3.2.1.2 Elbe

In der Elbe wurden 1991 Flunderweibchen und -männchen von vier Stationen (F100, F102, F001, F003) zwischen Glückstadt (F100) und Cuxhaven (F003) untersucht. 1992 wurden Weibchen und Männchen an vier Stationen zwischen Brunsbüttel (F102) und Scharhörn (F005) gefangen. Der beprobte Flussabschnitt hatte eine Länge von etwa 45 km (1991) bzw. 40 km (1992). 1991 erfolgten die Probenahmen von Mitte Mai bis Mitte Juni (Tab. 3, Abschnitt 2.3). Station F100 wurde Anfang Juli beprobt. 1992 wurden die Proben Mitte April genommen. Die statistischen Kenngrößen sind in Anhang A (Tab. A5) zusammengefasst.

Weibchen hatten **1991** eine mittlere EROD-Aktivität zwischen 86,8 und 331,3 $\text{pmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{mg}^{-1}$ (ERODM) bzw. 2,2 und 7,2 $\text{nmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ (ERODL) an den Stationen F102 und F003 (Abb. 18a, b). Die Medianwerte beider EROD-Parameter nahmen von F100 zur 23 km flussabwärts folgenden Station F102 bei Brunsbüttel zunächst um knapp 60 % ab (Tab. 28a). Dennoch deutete bei beiden Parametern die Verteilung der Medianwerte über den gesamten untersuchten Flussabschnitt auf einen Gradienten mit stromabwärts ansteigenden Enzymaktivitäten hin (Tab. 28a, b). Flundern von F001 und F003 hatten signifikant höhere EROD-Aktivitäten als die Stichprobe von F102 (U-Test) und übertrafen auch die an F100 gemessene mittlere Aktivität deutlich. Über die gesamte Stromstrecke stiegen die mittleren Enzymaktivitäten zwischen den Stationen F100 und F003 um 65 % (ERODM) bzw. 32 % (ERODL) an.

1991 stimmte das Verteilungsmuster der EROD-Aktivitäten von **Männchen** gut mit dem für Flunderweibchen beschriebenen Gradienten überein. Wie Weibchen hatten auch Männchen von Station F102 die niedrigste mittlere Enzymaktivität (ERODM: 79,3 $\text{pmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{mg}^{-1}$, ERODL: 2,2 $\text{nmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$) (Abb. 18c, d). Die höchste Enzymaktivität wurde an Station F003 bestimmt (ERODM: 182,6 $\text{pmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{mg}^{-1}$, ERODL: 5,6 $\text{nmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$). Auch wenn zwischen den Stationen F100 und F102 die EROD-Aktivität um etwa 50 % abnahm (Tab. 28 b), stiegen die Medianwerte insgesamt betrachtet in Fließrichtung an. An der am weitesten stromab gelegenen Probenahmestelle, Station F003 bei Cuxhaven, waren die Medianwerte der Enzymaktivitäten bezogen auf Station F100 um 28 % (ERODM) bzw. 11 % (ERODL) höher. Die Stichproben von F102 und F003 waren hinsichtlich der ERODM- und ERODL-Aktivitäten signifikant verschieden (U-Test).

Weibchen hatten 1991 zwar an jeder Station höhere EROD-Aktivitäten als Männchen, doch waren diese Unterschiede statistisch nicht signifikant (U-Test) (Tab. 29). Die Medianwerte wichen an F003 am stärksten voneinander ab. An jeder Station differierten die ERODM-Aktivitäten stärker als die ERODL-Aktivitäten. Weiterhin wurden an Weibchen größere stationsbedingte Unterschiede der Medianwerte beobachtet als an Männchen (Tab. 28a b).

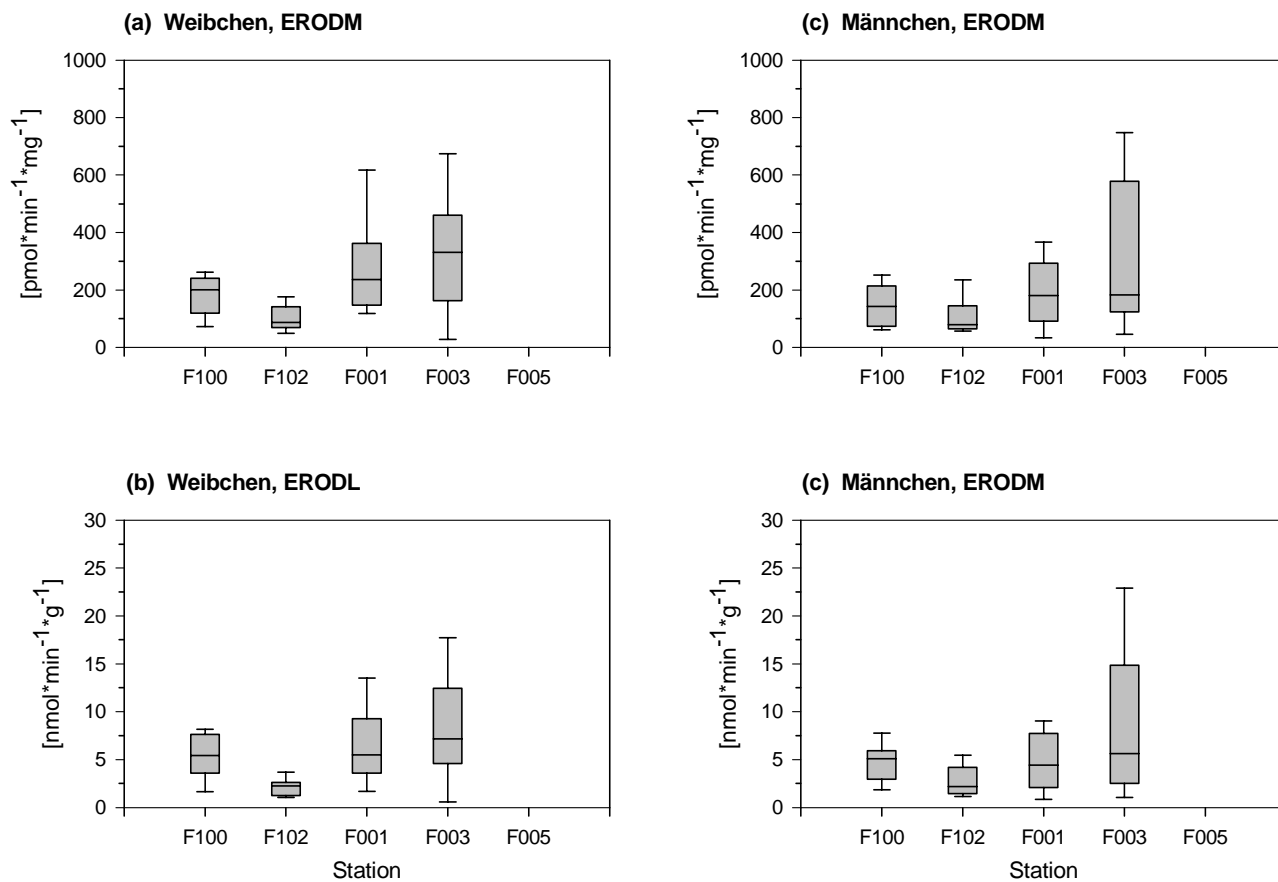
1992 hatten **Weibchen** mittlere ERODM-Aktivitäten von 161,6 bis 357,8 $\text{pmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{mg}^{-1}$ (Abb. 19a). Die ERODL-Aktivitäten betragen 4,4 bis 10,7 $\text{nmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ (Abb. 19b). Die hohen Medianwerte wurden jeweils an Station F102 und die um etwa 50 % kleineren Werte an der Stichprobe von Station F005 bestimmt. Die Enzymaktivitäten nahmen flussabwärts kontinuierlich ab.

Die Medianwerte von Station F102 waren signifikant höher als an den Stationen F001, F003 (ERODL) und F005 (U-Test).

Obwohl in beiden Untersuchungsjahren für Weibchen hinsichtlich der Verteilung ihrer Enzymaktivitäten unterschiedliche Gradienten nachgewiesen wurden, betrug die jeweils an verschiedenen Stationen (1991: F003, 1992: F102) gemessene höchste mittlere ERODM-Aktivität etwa $350 \text{ pmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{mg}^{-1}$. An drei der vier Elbe-Stationen streuten die Enzymaktivitäten über einen relativ großen Messbereich. Die Spannweite war mit $1.236,4 \text{ pmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{mg}^{-1}$ an Station F102 am größten. Eine an dieser Station untersuchte Leberprobe hatte die höchste Enzymaktivität sämtlicher untersuchten Flundern (etwa $1.300 \text{ pmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{mg}^{-1}$). An Station F102 war 1992 die EROD-Aktivität etwa 4-mal höher als 1991. Der Unterschied zwischen den Stichproben war signifikant (U-Test) (Tab. 30).

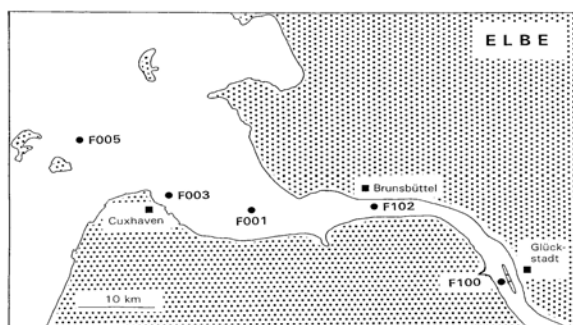
1992 hatten **Flundermännchen** die höchste mittlere Enzymaktivität ($242,0 \text{ pmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{mg}^{-1}$, ERODM, $7,5 \text{ nmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$, ERODL) an Station F102 und die niedrigste an der etwa 9 km unterhalb davon beprobten Station F001 (Abb. 19c, d). Zwischen beiden Stationen nahm die EROD-Aktivität um mehr als 40 % ab (Tab. 28d). Erst unterhalb von Station F001 stiegen die Medianwerte bis Station F005 kontinuierlich an. Unter Berücksichtigung des gesamten Stromabschnitts war aber die EROD-Aktivität an Station F005 niedriger als an Station F102 (ERODM: um 13 %, ERODM: um 26 %). Signifikante Stationsunterschiede wurden nicht nachgewiesen (U-Test). Männchen hatten 1992 nur an Station F102 signifikant höhere EROD-Aktivitäten als 1992. Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass 1992 die EROD-Aktivitäten von Flunderweibchen und -männchen zwischen Brunsbüttel und Scharhörn insgesamt abnahmen, auch wenn die Verteilungsmuster der Medianwerte verschieden waren.

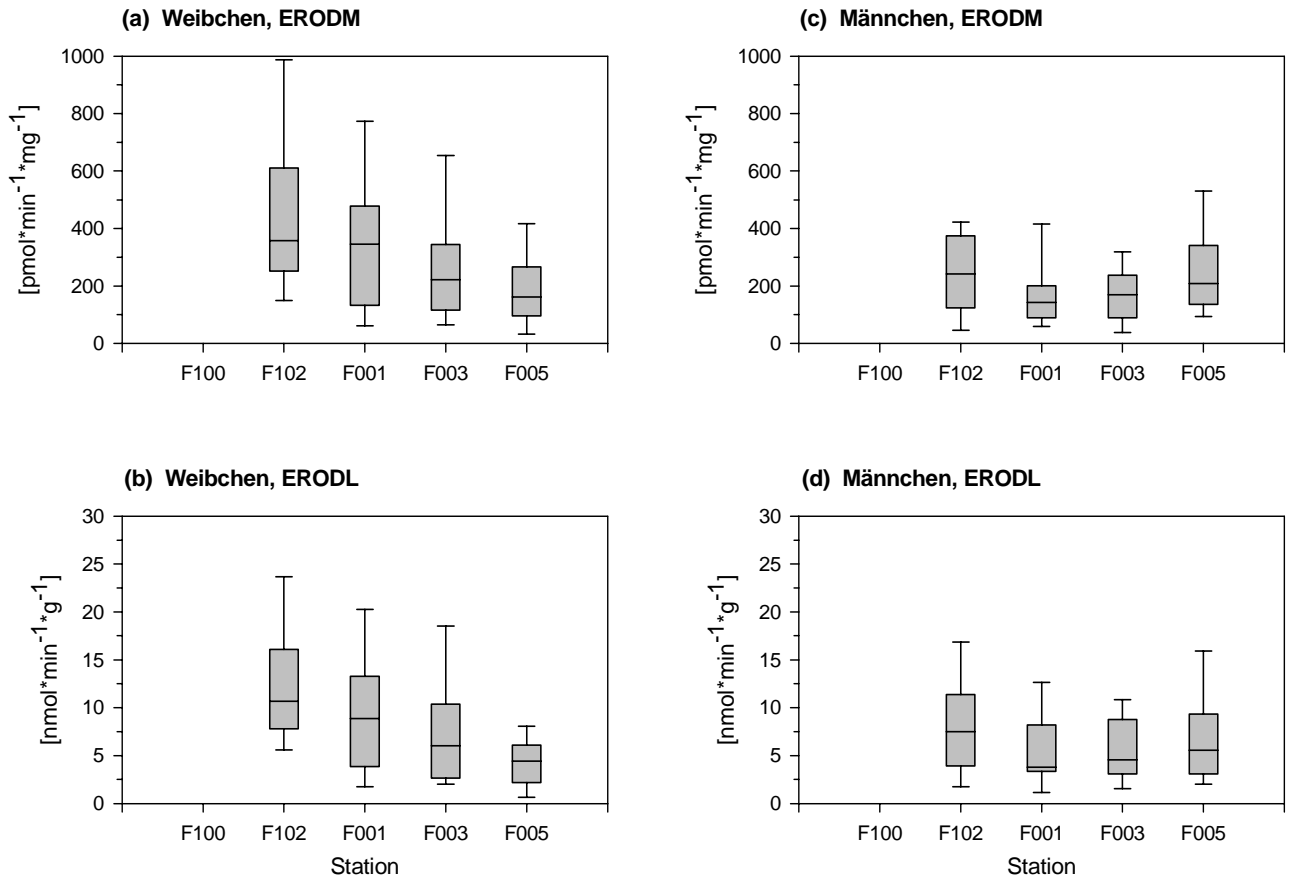
Flunderweibchen hatten 1992 außer an Station F005 deutlich höhere mittlere ERODM- und ERODL-Aktivitäten als Männchen (Tab. 29). An den Stationen F102 und F001 waren diese Unterschiede bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % oder 1 % statistisch signifikant (U-Test). Bei Weibchen und Männchen änderten sich 1991 die Medianwerte der EROD-Aktivitäten zwischen aufeinander folgenden Stationen mit dem gleichen Vorzeichen, d. h., ERODM und ERODL stiegen jeweils an oder nahmen parallel ab.



Abbildungen 18a – d: EROD-Aktivitäten von **Flundern** aus der **Elbe** Mitte Mai bis Anfang Juli 1991 – geographische Lage der Stationen siehe unten bzw. Abschnitt 2.3

Signifikant verschieden (U-Test, $\alpha = 0,05$): Weibchen von F102 – F001, F102 – F003 und Männchen von F102 – F003 bei ERODM und ERODL





Abbildungen 19a – d: EROD-Aktivitäten von **Flundern** aus der **Elbe** im April **1992**
geographische Lage der Stationen siehe Abbildung 18 bzw. Abschnitt 2.3

Signifikant verschieden (U-Test, $\alpha = 0,05$): Weibchen von F102 – F005 bei ERODM und E-RODL, F102 – F003 und F001 – F005 bei ERODL

Tabellen 28 – 30: Elbe – statistische Auswertungen der EROD-Aktivitäten von Flundern
Tabellen 28a – d: Änderungen der EROD-Aktivitäten zwischen Stationen
(a) Weibchen (1991)

Station	Unterschied in %	
	ERODM	ERODL
F100	-57	-59
F102		
F001	+172	+146
F003		
F003	+40	+30

(b) Männchen (1991)

Station	Unterschied in %	
	ERODM	ERODL
F100	-45	-57
F102		
F001	+127	+103
F003		
F003	+1	+27

(c) Weibchen (1992)

Station	Unterschied in %	
	ERODM	ERODL
F102	-4	-17
F001		
F003	-36	-32
F005		
F005	-27	-27

(d) Männchen (1992)

Station	Unterschied in %	
	ERODM	ERODL
F102	-41	-50
F001		
F003	+18	+21
F005		
F005	+23	+22

Anordnung der Stationen in Fließrichtung von oben nach unten

positiver Wert, negativer Wert:

Medianwert an der Station unter der Klammer um ... % höher bzw. ... % niedriger als an der Station über der Klammer (dieser Wert jeweils = 100 %)

Tabelle 29: Gegenüberstellung der EROD-Aktivitäten von Weibchen und Männchen

Parameter	1991 Unterschied in % und Signifikanz (..)					1992 Unterschied in % und Signifikanz (..)				
	F100	F102	F001	F003	F005	F100	F102	F001	F003	F005
ERODM	-29 (n.s.)	-9 (n.s.)	-24 (n.s.)	-45 (n.s.)	-	-	-32 (xx)	-59 (x)	-24 (n.s.)	+29 (n.s.)
ERODL	-6 (n.s.)	-2 (n.s.)	-19 (n.s.)	-21 (n.s.)	-	-	-30 (x)	-57 (x)	-24 (n.s.)	+26 (n.s.)

Medianwert der Weibchen jeweils = 100 %

Tabelle 30: Gegenüberstellung der EROD-Aktivitäten der Jahre 1991 und 1992

Parameter	Unterschied in % und Signifikanz (..) 1991 – 1992					
	Weibchen			Männchen		
	F102	F001	F003	F102	F001	F003
ERODM	+312,2 (xx)	+46,1 (n.s.)	-33,2 (n.s.)	+205,0 (xx)	-20,7 (n.s.)	-7,2 (n.s.)
ERODL	+376,8 (xx)	+61,1 (n.s.)	-15,8 (n.s.)	+242,9 (xx)	-14,4 (n.s.)	-19,0 (n.s.)

Medianwert 1991 jeweils = 100 %

Für alle Tabellen:

x: Stichproben signifikant verschieden (U-Test, $\alpha=0,05$), xx: Stichproben signifikant verschieden (U-Test, $\alpha=0,01$)

n.s.: nicht signifikant, -: ohne Vergleichswert

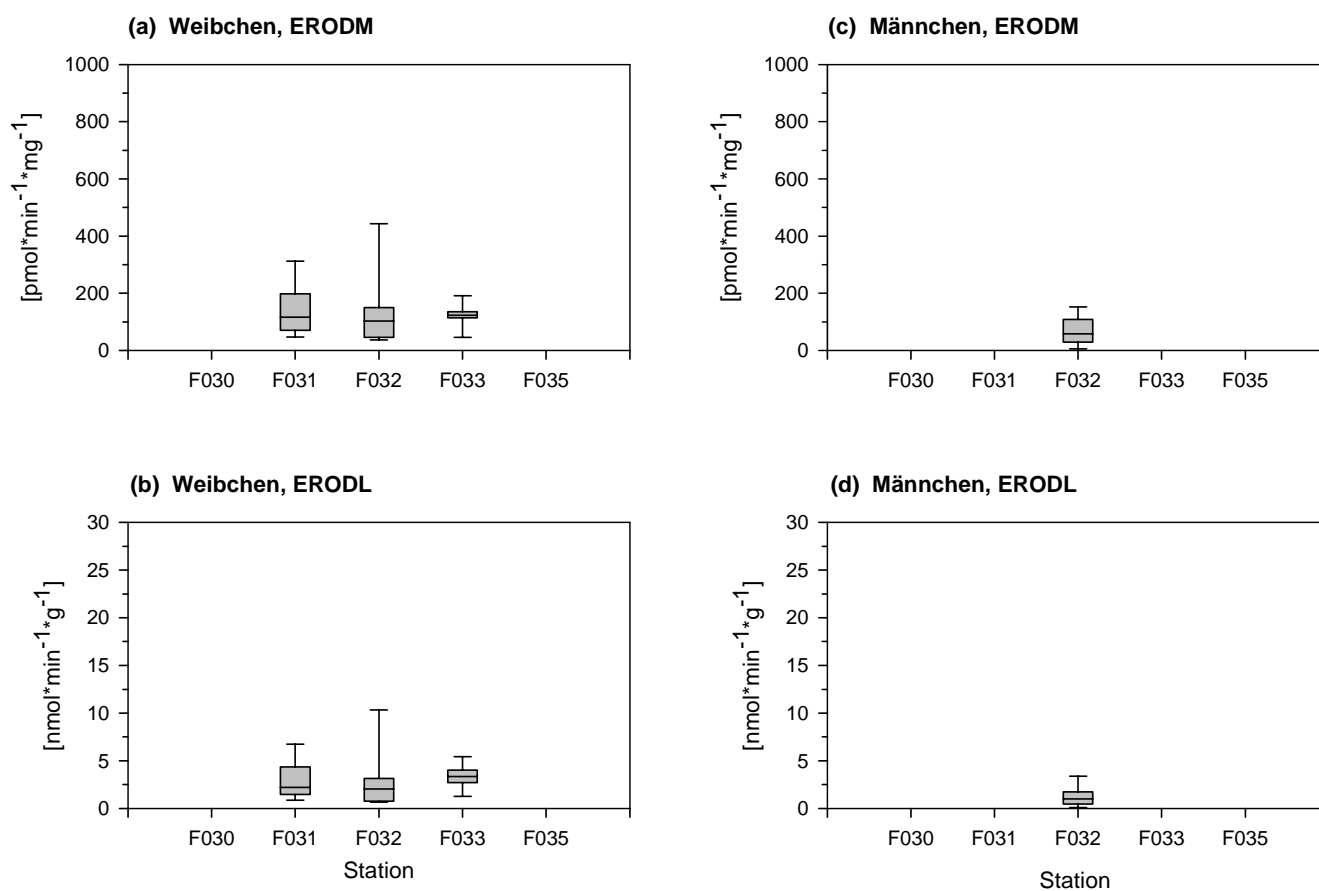
3.2.1.3 Weser

Flunderweibchen wurden 1991 an den Stationen F031, F032 und F033 gefangen. Die Probenahmestellen verteilten sich über einen etwa 19 km langen Flussabschnitt unterhalb Bremerhavens bis zur Außenweser. Flundermännchen kamen 1991 lediglich nordwestlich von Wremen (F032) in ausreichender Anzahl vor. 1992 wurden Flunderweibchen und -männchen an den Stationen F030, F031 und F032 parallel untersucht. Damit wurde ein etwa 50 km langer Weserabschnitt erfasst. Männchen wurden zusätzlich an Station F033, 9 km unterhalb von Station F032, gefangen. Diese Proben sind zusammengefasst als eine Mischprobe untersucht worden. Die Probenahmen wurden 1991 Mitte Juni und 1992 Anfang Juli durchgeführt (Tab. 3, Abschnitt 2.3). Die statistischen Kenngrößen sind in Anhang A (Tab. A6) zusammengefasst.

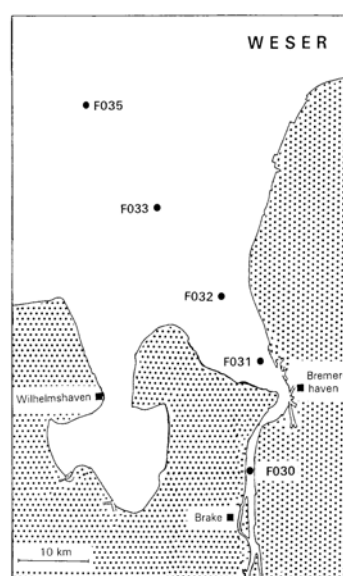
Im untersuchten Stromabschnitt waren **1991** die ERODM- und ERODL-Aktivitäten von **Flunderweibchen** ähnlich verteilt. Die Medianwerte beider Parameter stiegen von Station F031 bis und F033 um 5 % (ERODM) bzw. 53 % (ERODL) an (Abb. 20a, b). Noch niedrigere Enzymaktivitäten als an Station F031 wurden an Station F032 gemessen (Tab. 31a). Weder die Medianwerte der ERODM- noch der ERODL-Aktivitäten waren signifikant verschieden, wie die Prüfung mit dem U-Test ergab.

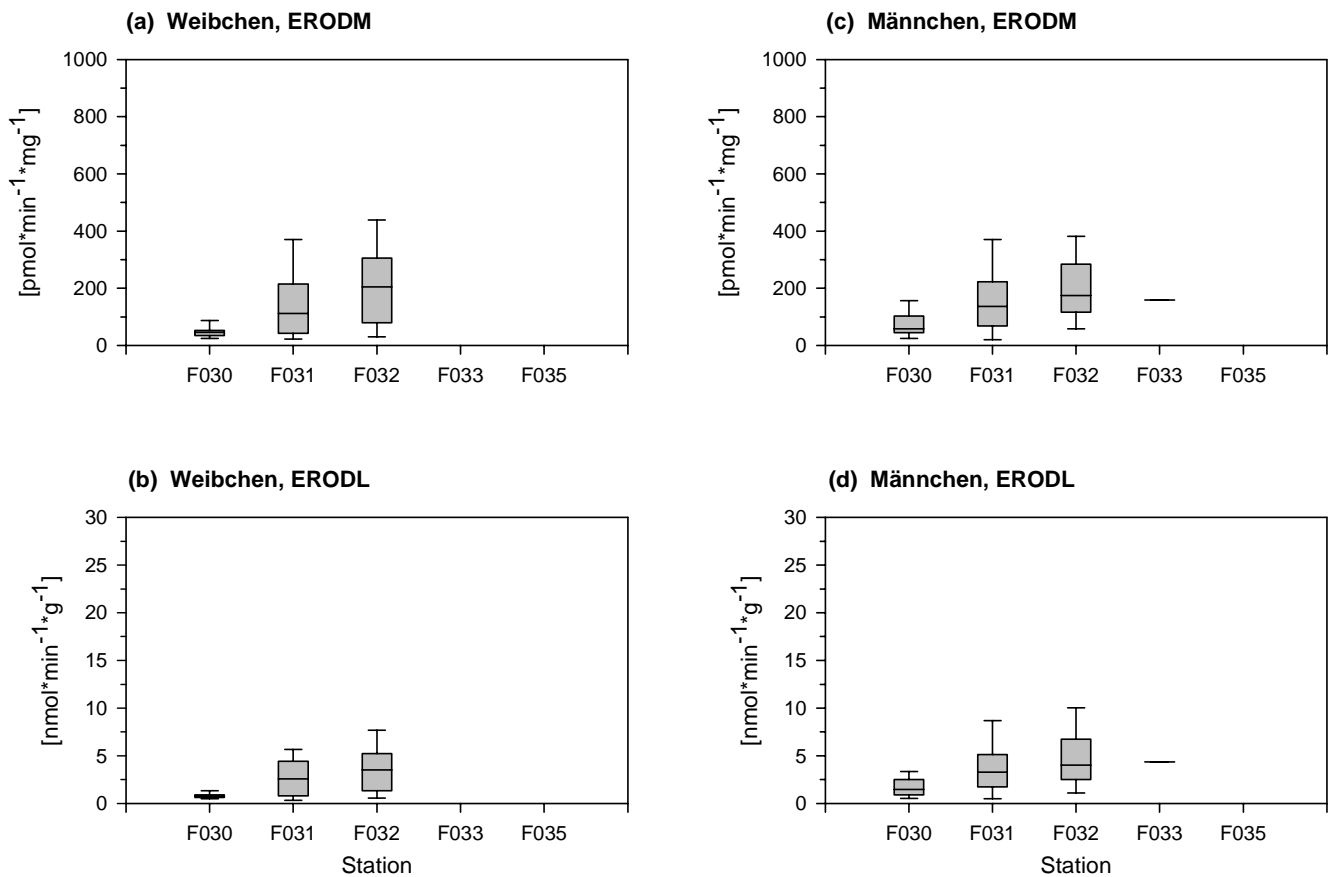
Flundermännchen wurden **1991** nur an Station F032 untersucht. Sie hatten verglichen mit Weibchen eine um etwa 50 % niedrigere mittlere ERODM- und ERODL-Aktivität (Abb. 20c, d, Tab. 32). Dieser Unterschied war statistisch nicht signifikant.

Die Medianwerte der EROD-Aktivitäten von **Weibchen** betragen im Jahr **1992** 45,2 bis 204,8 pmol • min⁻¹ • mg⁻¹ (ERODM) und 0,8 bis 3,5 nmol • min⁻¹ • g⁻¹ (ERODL). Die niedrigen bzw. hohen Enzymaktivitäten wurden an den beiden Endpunkten (F030, F032) der untersuchten Flussstrecke bestimmt (Abb. 21 a, b). Mit dieser regionalen Verteilung der Medianwerte ist zugleich der ermittelte Gradient mit in Fließrichtung kontinuierlich ansteigenden Enzymaktivitäten beschrieben. Bezogen auf F030 stiegen die Werte flussabwärts bis F032 um mehr als 350 % (ERODM) bzw. um etwa 370 % (ERODL) an. Die Stichproben dieser Stationen waren bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 1 % signifikant verschieden, wie die Prüfung mit dem U-Test ergab. Insbesondere von F030 nach F031 wurde ein deutlicher Anstieg (ERODL um nahezu 250 %) verzeichnet (Tab. 31b), doch war dieser Stationsunterschied nicht signifikant. An Station F031 waren die Medianwerte der ERODM- und ERODL-Aktivitäten in beiden Jahren ähnlich hoch (Tab. 33). An Station F032 waren 1992 beide EROD-Medianwerte deutlich höher als 1991. Dennoch waren diese Stichproben nicht signifikant verschieden (U-Test) (Tab. 33).



Abbildungen 20a – d: EROD-Aktivitäten von **Flundern** aus der **Weser** im Juni 1991
geographische Lage der Stationen siehe unten bzw. Abschnitt 2.3





Abbildungen 21a – d: EROD-Aktivitäten von **Flundern** aus der **Weser** im **Mai 1992**
geographische Lage der Stationen siehe Abbildung 20 bzw. Abschnitt 2.3

Signifikant verschieden (U-Test, $\alpha = 0,05$): Weibchen von F030 – F032 und Männchen von F030 – F032 bei ERODM und ERODL

Tabellen 31 – 33: Weser – statistische Auswertungen der EROD-Aktivitäten von Flundern
Tabellen 31a – c: Änderungen der EROD-Aktivitäten zwischen Stationen
(a) Weibchen (1991)

Station	Unterschied in %	
	ERODM	ERODL
F031	-12	-7
F032		
F033	+19	+64

(b) Weibchen (1992)

Station	Unterschied in %	
	ERODM	ERODL
F030	+148	+243
F031		
F032	+82	+37
F033	-	-

(c) Männchen (1992)

Station	Unterschied in %	
	ERODM	ERODL
F030	+136	+126
F031		
F032	+27	+24
F033	-9	+8

Anordnung der Stationen in Fließrichtung von oben nach unten

positiver Wert, negativer Wert:

Medianwert an der Station unter der Klammer um ... % höher bzw. ... % niedriger als an der Station über der Klammer (dieser Wert jeweils = 100 %)

Tabelle 32: Gegenüberstellung der EROD-Aktivitäten von Weibchen und Männchen

Parameter	1991			1992		
	Unterschied in % und Signifikanz (..)			Unterschied in % und Signifikanz (..)		
	F030	F031	F032	F030	F031	F032
ERODM	-	-	-44 (n.s.)	+29 (n.s.)	+22 (n.s.)	-15 (n.s.)
ERODL	-	-	-51 (n.s.)	+93 (x)	+27 (n.s.)	+15 (n.s.)

Medianwert der Weibchen jeweils = 100 %

Tabelle 33: Gegenüberstellung der EROD-Aktivitäten der Jahre 1991 und 1992

Parameter	Unterschied in %, Signifikanz (..)		
	1991 – 1992		
	Weibchen		Männchen
	F031	F032	F032
ERODM	-3,6 (n.s.)	+99,0 (n.s.)	+199,4 (xx)
ERODL	+16,8 (n.s.)	+71,2 (n.s.)	+300,0 (xx)

Medianwert 1991 jeweils = 100 %

Für alle Tabellen:

x: Stichproben signifikant verschieden (U-Test, $\alpha=0,05$), xx: Stichproben signifikant verschieden (U-Test, $\alpha=0,01$)
n.s.: nicht signifikant, -: ohne Vergleichswert

In der Weser betragen die ERODM-Aktivitäten von **Flundermännchen** im Jahr **1992** 58,1 bis 174,1 $\text{pmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{mg}^{-1}$. Die ERODL-Aktivität betrug 1,5 bis 4,4 $\text{nmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$. Wie an Weibchen wurden auch an Männchen kontinuierlich ansteigende Enzymaktivitäten festgestellt (Abb. 21c, d). Die Medianwerte waren an F032 um 200 % (ERODM) bzw. 179 % (ERODL) größer als an Station F030. Unabhängig vom EROD-Parameter erwiesen sich die Stichproben von F030 und F032 als signifikant verschieden (U-Test). Bis zur auf Station F032 flussabwärts folgenden Station F033 änderte sich die ERODL-Aktivität nur wenig. Zwischen den Stationen F030 bei Brake und F031 querab Imsum war die Änderung der Medianwerte größer als zwischen den Stationen F031 und F032 (Tab. 31c). In jedem Fall stiegen die Medianwerte beider EROD-Parameter jeweils zwischen zwei Stationen um ähnliche prozentuale Beträge an (Tab. 31c). Weil von Station F033 nur ein Messwert (Mischprobe) vorlag, konnte diese Station bei der weitergehenden statistischen Auswertung nicht berücksichtigt werden. An Station F032 war die mittlere ERODM-Aktivität dreimal und die ERODL-Aktivität viermal höher als im Vorjahr (Tab. 33). Anhand des U-Tests konnte gezeigt werden, dass die Unterschiede zwischen den Medianen signifikant waren.

Flundermännchen hatten 1992 höhere EROD-Aktivitäten als Weibchen (Tab. 32). Davon ausgenommen war die ERODM-Aktivität an Station F032. Der Unterschied zwischen den Stichproben von Station F030 war signifikant bei der ERODL-Aktivität. (Tab. 32). Der relative Unterschied zwischen den EROD-Aktivitäten von Weibchen und Männchen verringerte sich in Fließrichtung. Zwischen den Stationen F030 und F032 stiegen die Medianwerte der EROD-Aktivitäten von Weibchen verglichen mit Männchen prozentual um einen deutlich größeren Betrag an.

3.2.1.4 Schelde (Westerschelde)

In der Schelde wurde in beiden Jahren ein etwa 22 km langer Flussabschnitt unterhalb Antwerpens mit den Stationen F153, F154 und F155 (1991) bzw. F153 und F155 (1992) untersucht. An den Probenahmestellen wurden jeweils Flunderweibchen und -männchen in ausreichender Anzahl gefangen. Die Probenahmen wurden 1991 Anfang Juli und 1992 Anfang April durchgeführt. Die statistischen Kenngrößen sind in Anhang A (Tab. A7) zusammengefasst.

Für **Flunderweibchen** wurde **1991** für beide EROD-Parameter ein Anstieg in Fließrichtung von F153 (52,2 $\text{pmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{mg}^{-1}$ bzw. 0,7 $\text{nmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$) bis F155 (114,2 $\text{pmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{mg}^{-1}$ bzw. 1,8 $\text{nmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$) ermittelt (Abb. 22a, b). Prozentual entsprach das einer Zunahme um knapp 120 % (ERODM) bzw. um über 140 % (ERODL). Der größte relative Unterschied wurde für das Stationspaar F153, F154 berechnet (Tab. 34a). Trotz der deutlich verschiedenen hohen mittleren Enzymaktivitäten unterschieden sich die Stichproben der untersuchten Stationen statistisch nicht signifikant voneinander (U-Test).

Die EROD-Aktivitäten von **Männchen** nahmen **1991** ebenfalls von Station F153 flussabwärts bis Station F155 zu (Abb. 22c, d). Die relativen Unterschiede zwischen den Stationen waren allerdings kleiner als bei Weibchen. Bezogen auf Station F153 (ERODM: 87,6 $\text{pmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{mg}^{-1}$, ERODL:

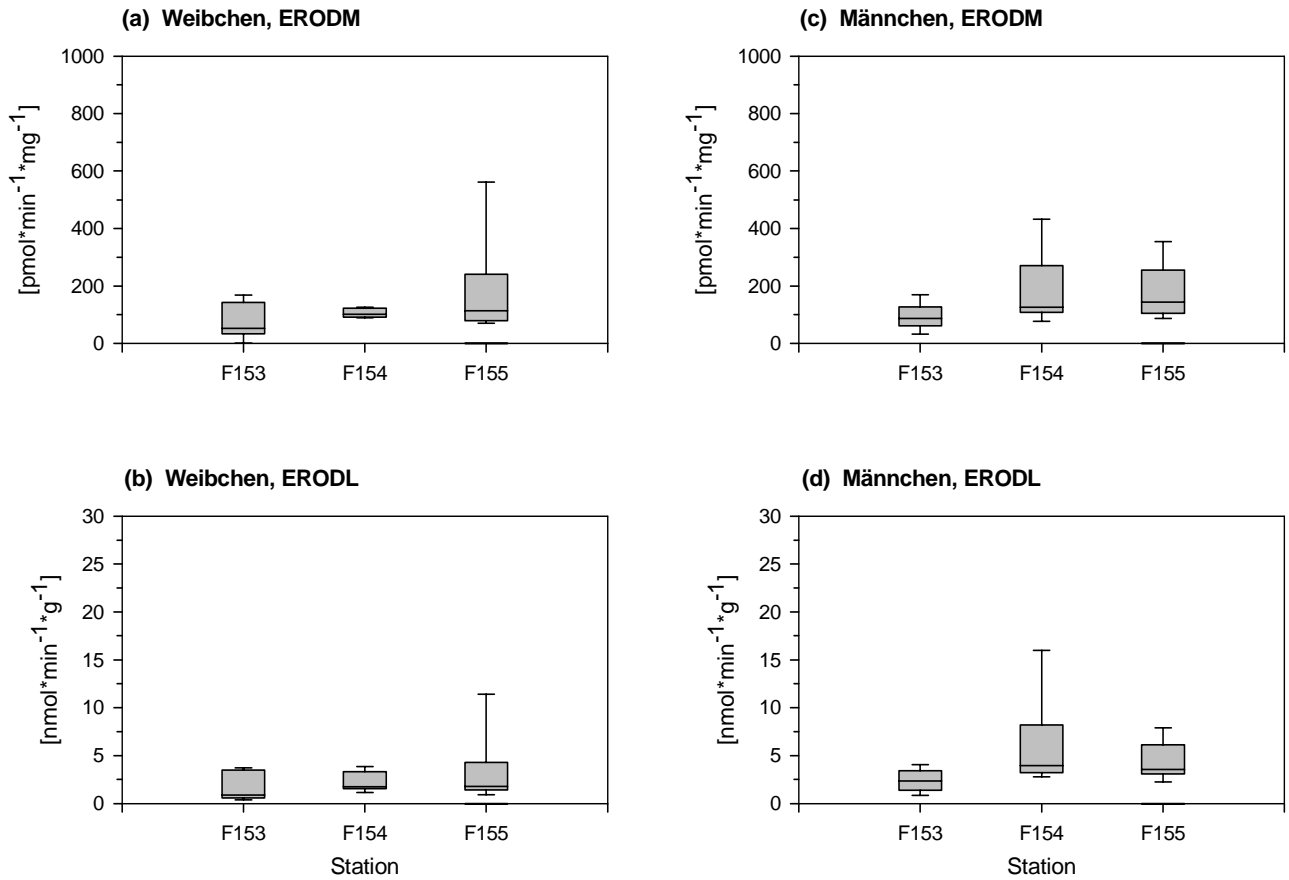
2,4 nmol·min⁻¹·g⁻¹) stiegen die Medianwerte bis Station F155 um 65 % (ERODM) bzw. 51 % (ERODL) an. Wie bei den Weibchen war der prozentuale Anstieg der Enzymaktivitäten zwischen den Stationen F153 und F154 größer als zwischen F154 und F155 (Tab. 34b). Die Stichproben von den Stationen F53 und F154 waren hinsichtlich ihrer ERODL-Aktivitäten signifikant verschieden (U-Test).

Flundermännchen hatten 1991 an jeder Station höhere mittlere EROD-Aktivitäten als Weibchen (Tab. 35). Die Stichproben von Station F154 waren bezüglich ihrer ERODL-Aktivitäten signifikant verschieden. Am auffälligsten wichen die Medianwerte an Station F153 voneinander ab (ERODM: 68 %, ERODL: mehr als 220 %). Der Unterschied in Prozent zwischen beiden Geschlechtern wurde flussabwärts kleiner.

Im Gegensatz zum Vorjahr nahmen **1992** die Enzymaktivitäten von **Flunderweibchen** zwischen den Stationen F153 und F155 in Fließrichtung ab (Abb. 23a, b). Bezogen auf F153 (ERODM: 296,3 pmol·min⁻¹·mg⁻¹, ERODL: 10,1 nmol·min⁻¹·g⁻¹) waren an Station F155 die Medianwerte um knapp 38 % (ERODM) bzw. 52 % (ERODL) kleiner (Tab. 34c). Unabhängig davon, welcher Parameter betrachtet wird, waren die Stichproben statistisch signifikant verschieden (U-Test). Weibchen hatten an beiden Stationen erheblich höhere Enzymaktivitäten als 1991. Die Medianwerte der Stichproben von Station F153 waren 1992 um nahezu 500 % (ERODM) bzw. etwa 1.300 % (ERODL) höher als 1991. Diese Unterschiede erwiesen sich im U-Test als signifikant (Tab. 36).

Die jeweils 20 **Flundermännchen** von den Stationen F153 und F155 wurden **1992** je Station in vier Mischproben zusammengefasst untersucht. Die Stichproben waren nicht signifikant verschieden (U-Test). Hinsichtlich der regionalen Verteilung der Medianwerte wurde auch in diesem Jahr eine Übereinstimmung, Abnahme in Fließrichtung, zwischen Männchen und Weibchen festgestellt (Abb. 23c, d). Der relative Unterschied zwischen beiden Stationen fiel bei Männchen (Tab. 34d) allerdings geringer aus als bei Weibchen. Männchen hatten 1992 mindestens doppelt so hohe ERODL- und 2,5-mal höhere ERODM-Aktivitäten als 1991 (Tab. 36). Die Differenz zwischen den Stichproben aus beiden Jahren war für Station F153 signifikant (U-Test). Schließlich waren die EROD-Medianwerte von Männchen gegenüber Weibchen um mindestens 50 % höher (Tab. 35).

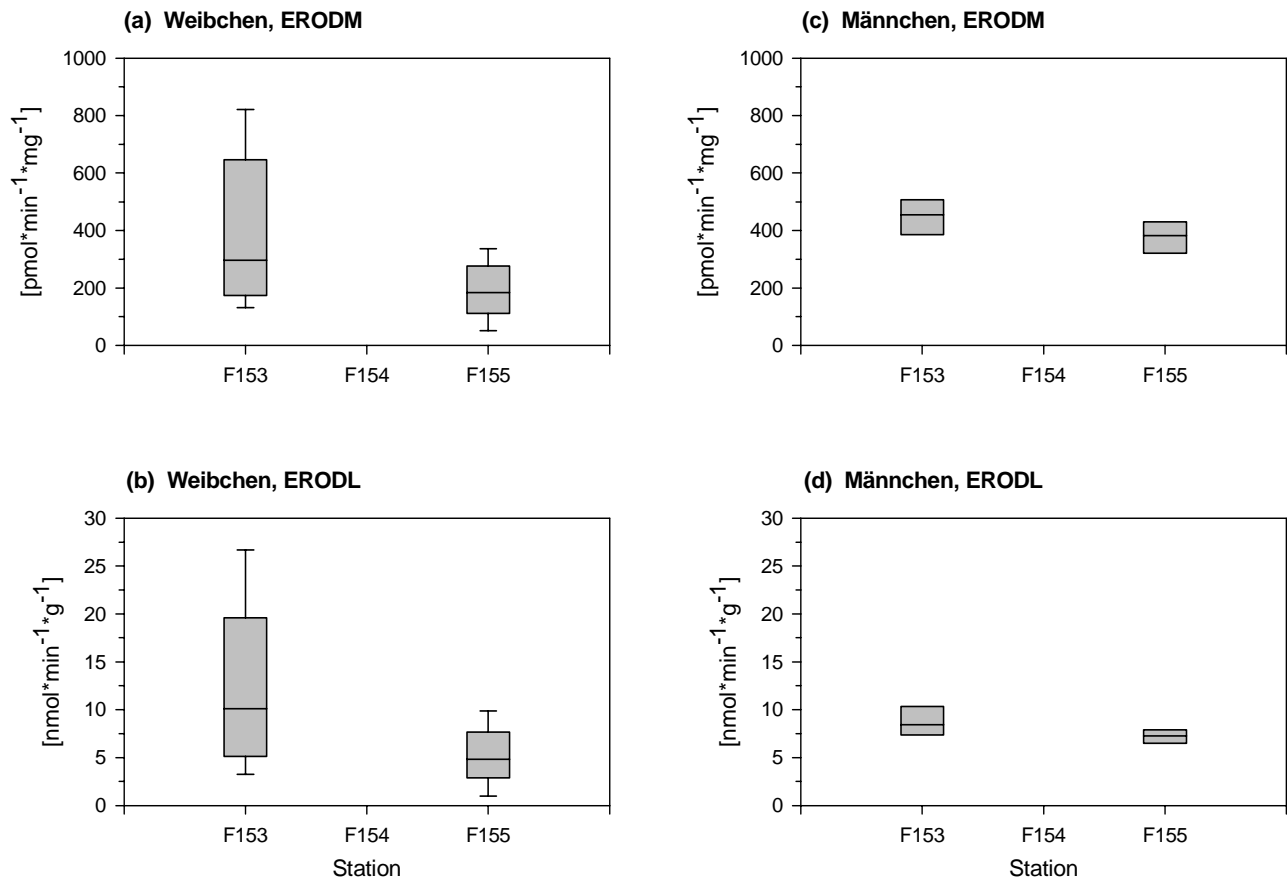
Zusammenfassend wird festgestellt, dass für Flunderweibchen und -männchen aus der Schelde in jedem Untersuchungsjahr identische Verteilungsmuster der Enzymaktivitäten nachgewiesen wurden. Ferner hatten beide Geschlechter 1992 deutlich höhere EROD-Aktivitäten als 1991.



Abbildungen 22a – d: EROD-Aktivitäten von **Flundern** aus der **Schelde** im Juli **1991**
geographische Lage der Stationen siehe unten bzw. Abschnitt 2.3

Signifikant verschieden (U-Test, $\alpha = 0,05$): Männchen von F153 – F154 bei ERODL





Abbildungen 23a – d: EROD-Aktivitäten von **Flundern** aus der **Schelde** im April 1992
geographische Lage der Stationen siehe Abbildung 22 bzw. Abschnitt 2.3

Signifikant verschieden (U-Test, $\alpha = 0,05$): Weibchen von F153 – F154 bei ERODM und ERODL

Tabellen 34 – 36: Schelde – statistische Auswertungen der EROD-Aktivitäten von Flundern
Tabellen 34a – d: Änderungen der EROD-Aktivitäten zwischen Stationen
(a) Weibchen (1991)

Station	Unterschied in %	
	ERODM	ERODL
F153	} +96	+141
F154		
F155	} +12	+1
F155		

(b) Männchen (1991)

Station	Unterschied in %	
	ERODM	ERODL
F153	} +44	+69
F154		
F155	} +14	-11
F155		

(c) Weibchen (1992)

Station	Unterschied in %	
	ERODM	ERODL
F153	} -38	-52
F155		

(d) Männchen (1992)

Station	Unterschied in %	
	ERODM	ERODL
F153	} -16	-14
F155		

Anordnung der Stationen in Fließrichtung von oben nach unten
positiver Wert, negativer Wert:

Medianwert an der Station unter der Klammer um ... % höher bzw. ... % niedriger
als an der Station über der Klammer (dieser Wert jeweils = 100 %)

Tabelle 35: Gegenüberstellung der EROD-Aktivitäten von Weibchen und Männchen

Parameter	1991			1992	
	Unterschied in % und Signifikanz (..)			Unterschied in % und Signifikanz (..)	
	F153	F154	F155	F153	F155
ERODM	+68 (n.s.)	+24 (n.s.)	+26 (n.s.)	+54 (n.s.)	+108 (x)
ERODL	+222 (n.s.)	+125 (n.s.)	+99 (n.s.)	-17 (n.s.)	+50 (n.s.)

Medianwert der Weibchen jeweils = 100 %

Tabelle 36: Gegenüberstellung der EROD-Aktivitäten der Jahre 1991 und 1992

Parameter	Unterschied in %, Signifikanz (..) 1991 – 1992			
	Weibchen		Männchen	
	F153	F155	F153	F155
ERODM	+467,6 (xx)	+60,9 (n.s.)	418,9 (n.s.)	165,5 (n.s.)
ERODL	+1280,8 (xx)	+171,9 (n.s.)	258,3 (x)	105,4 (n.s.)

Medianwert 1991 jeweils = 100 %

Für alle Tabellen:

x: Stichproben signifikant verschieden (U-Test, $\alpha=0,05$), xx: Stichproben signifikant verschieden (U-Test, $\alpha=0,01$)

n.s.: nicht signifikant, -: ohne Vergleichswert

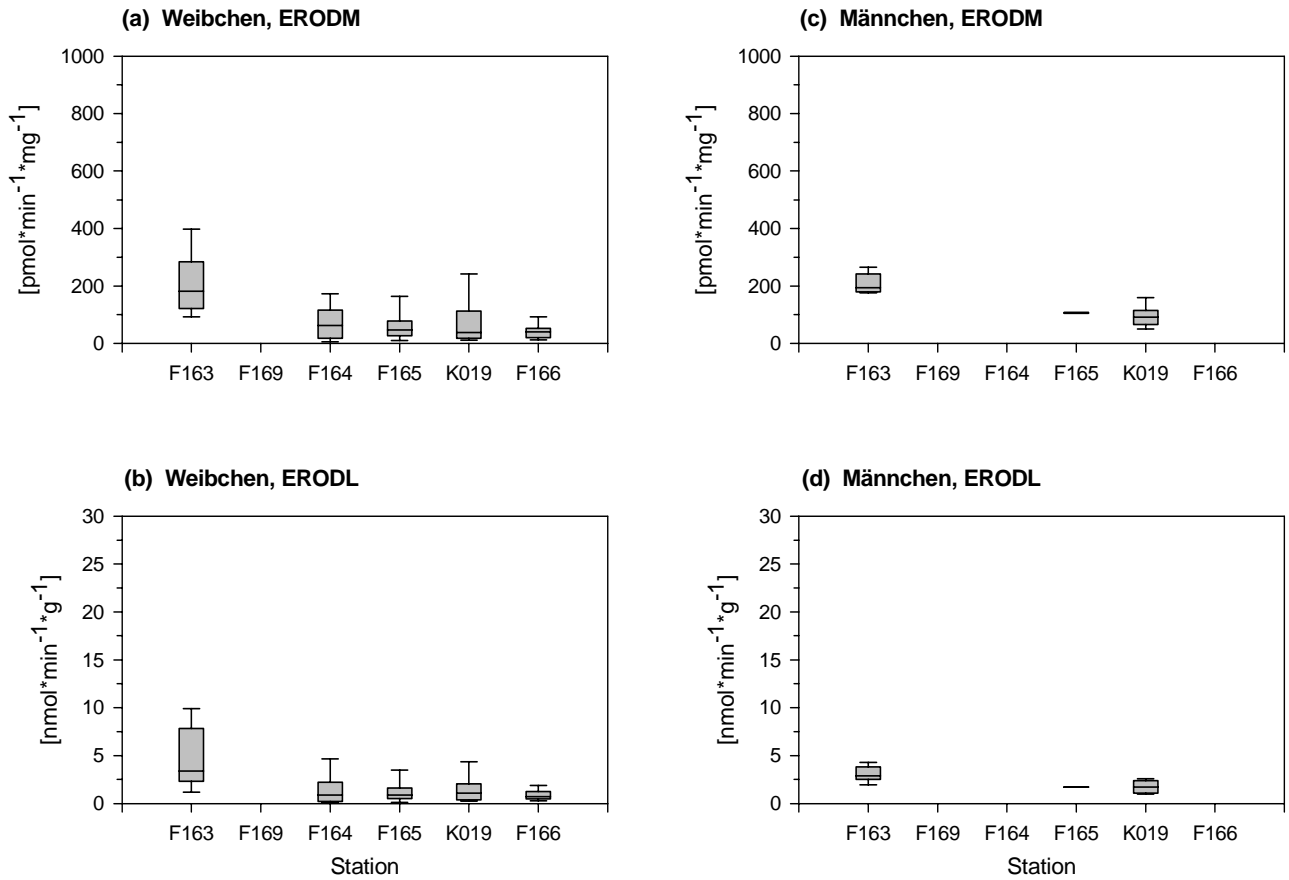
3.2.1.5 Themse

In der Themse-Mündung wurden im Jahr 1991 Flunderweibchen an fünf Stationen (F163, F164, F165, K019, F166) gefangen. Die Probenahmestellen waren über einen etwa 60 km langen Flussabschnitt verteilt. Flundermännchen kamen in ausreichender Anzahl nur an den Stationen F163, F165 und K019 vor. 1992 waren die Probenahmen an den Stationen F163, F169 und F165 (etwa 45 km Flussstrecke) erfolgreich. Weibchen wurden an allen drei Stationen gefangen, Männchen an Station F163. Im Jahr 1991 erfolgten die Probenahmen Mitte Juli und 1992 Mitte März (Tab. 3, Abschnitt 2.3). Die statistischen Kenngrößen sind in Anhang A (Tab. A8) zusammengefasst.

Die ERODM- und ERODL-Aktivitäten von **Flunderweibchen** nahmen **1991** von Station F163 flussabwärts bis F166 um jeweils knapp 80 % ab (Abb. 24a, b). Die ERODM-Aktivitäten betragen an diesen Stationen 181,8 bzw. 40,5 pmol·min⁻¹·mg⁻¹ und die ERODL-Aktivitäten 3,4 bzw. 0,7 nmol·min⁻¹·g⁻¹. Augenfällig war, dass die Messwerte von Station zu Station nicht kontinuierlich kleiner wurden. Im oberen Abschnitt der Themse fiel die EROD-Aktivität zwischen den Stationen F163 und F164 sprunghaft ab. Bezogen auf die Medianwerte an Station F163 hatten Flundern von F164 um 66 % (ERODM) bzw. 74 % (ERODL) niedrigere Enzymaktivitäten (Tab. 37a). Ab Station F164 änderten sich die EROD-Aktivitäten flussabwärts nur wenig. Die EROD-Aktivitäten waren an F163 signifikant höher als an jeder anderen Themse-Station (U-Test).

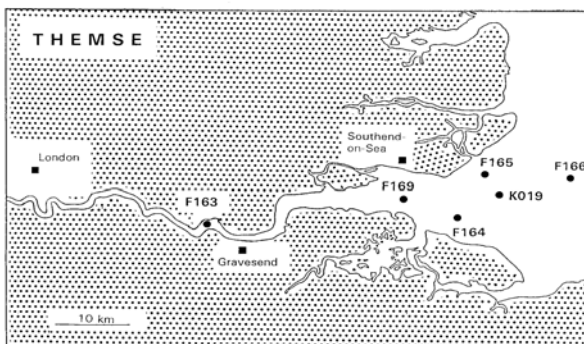
Leberproben von **Flundermännchen** wurden **1991** je Station in mehreren Mischproben zusammengefasst untersucht. Die EROD-Aktivitäten nahmen von Station F163 (ERODM: 194,3 pmol·min⁻¹·mg⁻¹, ERODL: 2,9 nmol·min⁻¹·g⁻¹) flussabwärts bis Station K019 um 53 % (ERODM) bzw. 40 % (ERODL) ab (Abb. 24c, d). Hinsichtlich der ERODM-Aktivitäten waren die Stichproben von Station F163 und K019 signifikant verschieden (U-Test). Im oberen Abschnitt der Themse nahm die EROD-Aktivität von Männchen wie bei den Weibchen schneller ab als im unteren (Tab. 37b). Wegen der geringen Anzahl Messwerte war ein statistischer Vergleich mit Station F165 nicht möglich. Flundermännchen hatten 1991 deutlich höhere Enzymaktivitäten als Weibchen (ERODM an Station K019 signifikant) (Tab. 38).

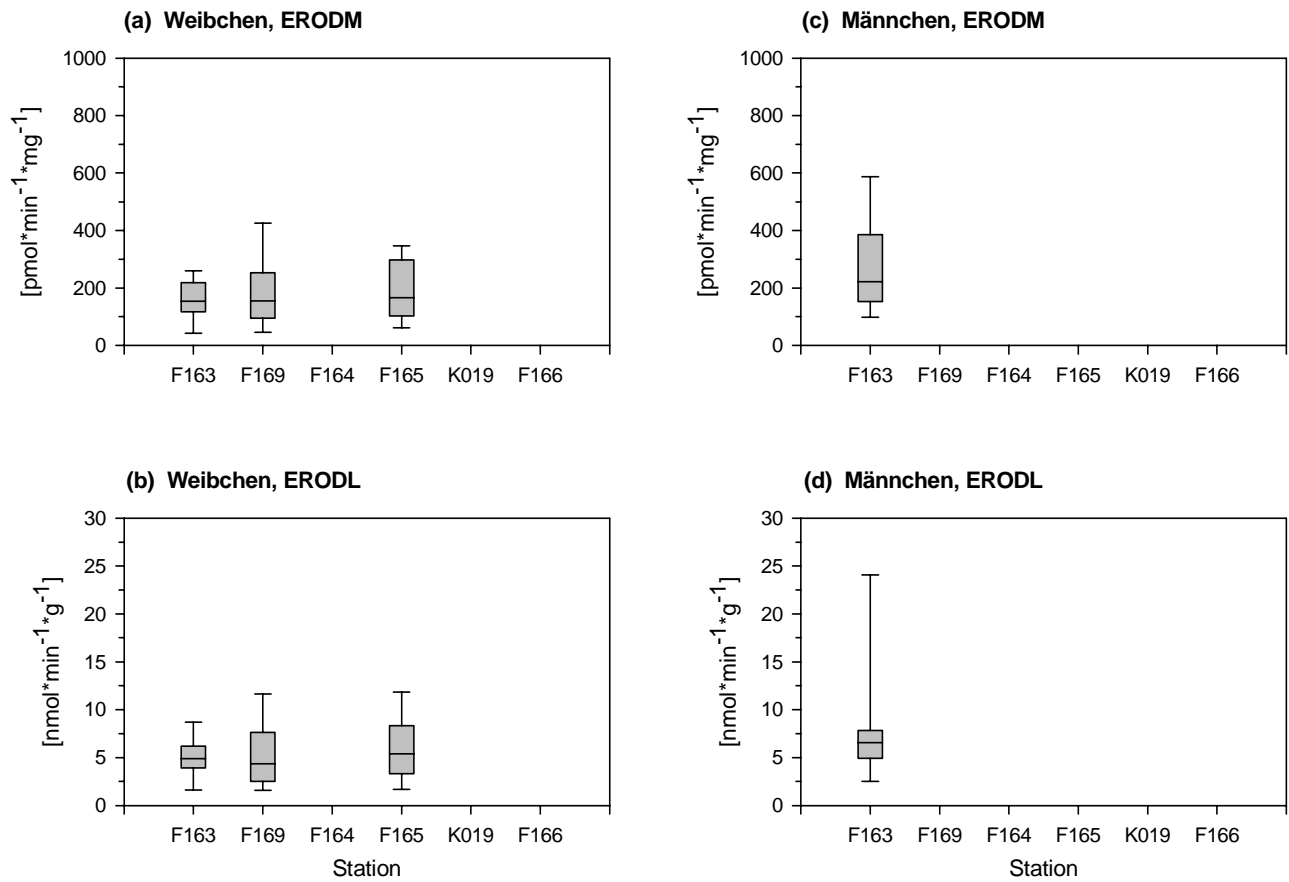
Die ERODM-Aktivitäten von **Flunderweibchen** betragen **1992** an allen drei beprobten Stationen um 160 pmol·min⁻¹·mg⁻¹ und die ERODL-Aktivitäten um 5 nmol·min⁻¹·g⁻¹ (Abb. 25a). Im Gegensatz zum Vorjahr stiegen die Medianwerte beider Parameter zwischen den Stationen F163 und F165 leicht an, und zwar um 7 % (ERODM) bzw. 10 % (ERODL). Weil die Messwerte nur wenig variierten, waren die Unterschiede zwischen benachbarten Stationen geringer als 1991 (Tab. 37c). An Station F165 waren die EROD-Aktivitäten im Jahr 1992 um mehrere 100 % signifikant höher als 1991 (Tab. 39). An der oberhalb davon beprobten Station F163 war die ERODL-Aktivität ebenfalls höher als im Vorjahr, doch war dieser Unterschied nicht signifikant. **1992** hatten **Männchen** (Abb. 25c, d) von Station F163 eine deutlich höhere ERODM- und ERODL-Aktivität als Weibchen (Tab. 38). Beide Stichproben erwiesen sich im U-Test als signifikant verschieden. Darüber hinaus waren die für Männchen von Station F163 berechneten Medianwerte 1992 höher als 1991 (ERODM signifikant, Tab. 39).



Abbildungen 24a – d: EROD-Aktivitäten von **Flundern** aus der **Themse** im Juli **1991**
geographische Lage der Stationen siehe unten bzw. Abschnitt 2.3

Signifikant verschieden (U-Test, $\alpha = 0,05$): Weibchen von F163 – F164, F165, K019, F166 bei ERODM und ERODL und Männchen von F163 – K019 bei ERODL





Abbildungen 25a – d: EROD-Aktivitäten von **Flundern** aus der **Themse** im März 1992
geographische Lage der Stationen siehe Abbildung 24 bzw. Abschnitt 2.3

Tabellen 37 – 39: Themse – statistische Auswertungen der EROD-Aktivitäten von Flundern**Tabellen 37a – c: Änderungen der EROD-Aktivitäten zwischen Stationen****(a) Weibchen (1991)**

Station	Unterschied in %	
	ERODM	ERODL
F163	-66	-74
F164		
F165	-26	+23
	(-75)♦	(-74)♦
	-18	+21
K019	+6	-33
F166		

(b) Männchen (1991)

Station	Unterschied in %	
	ERODM	ERODL
F163	-46	-40
F165		
K019	-13	-1

(c) Weibchen (1992)

Station	Unterschied in %	
	ERODM	ERODL
F163	+1	-11
F169		
F165	+7	+24

Anordnung der Stationen in Fließrichtung von oben nach unten
positiver Wert, negativer Wert:

Medianwert an der Station unter der Klammer um ... % höher bzw. ... % niedriger
als an der Station über der Klammer (dieser Wert jeweils = 100 %)

♦: Unterschied zwischen F163 und F165

Tabelle 38: Gegenüberstellung der EROD-Aktivitäten von Weibchen und Männchen

Parameter	1991			1992		
	Unterschied in % und Signifikanz (..)			Unterschied in % und Signifikanz (..)		
	F163	F165	K019	F163	F165	K019
ERODM	+7 (n.s.)	+128 (o)	+141 (n.s.)	+44 (xx)	-	-
ERODL	-15 (n.s.)	+94 (o)	+59 (n.s.)	+34 (x)	-	-

Medianwert der Weibchen jeweils = 100 %

o: Männchen als Mischproben, weshalb U-Test nicht angewandt werden konnte

Tabelle 39: Gegenüberstellung der EROD-Aktivitäten der Jahre 1991 und 1992

Parameter	Unterschied in %, Signifikanz (..) 1991 – 1992		
	Weibchen		Männchen
	F163	F165	F163
ERODM	-15,1 (n.s.)	+257,2 (xx)	14,2 (n.s.)
ERODL	44,0 (n.s.)	507,9 (xx)	127,8 (xx)

Medianwert 1991 jeweils = 100 %

Für alle Tabellen:

x: Stichproben signifikant verschieden (U-Test, $\alpha = 0,05$), xx: Stichproben signifikant verschieden (U-Test, $\alpha = 0,01$)

n.s.: nicht signifikant, -: ohne Vergleichswert

3.2.1.6 Tyne

In jedem Jahr wurden Flunderweibchen und -männchen von drei Stationen untersucht. Das waren 1991 die Stationen F170, F171 und F172 und im folgenden Jahr die Stationen F171, F172 und F173. Die Länge des untersuchten Stromabschnitts betrug jeweils etwa 5 km. Die Probenahmen wurden 1991 in der zweiten Julihälfte und 1992 Anfang März durchgeführt (Tab. 3, Abschnitt 2.3). Die statistischen Kenngrößen sind in Anhang A (Tab. A9) zusammengefasst.

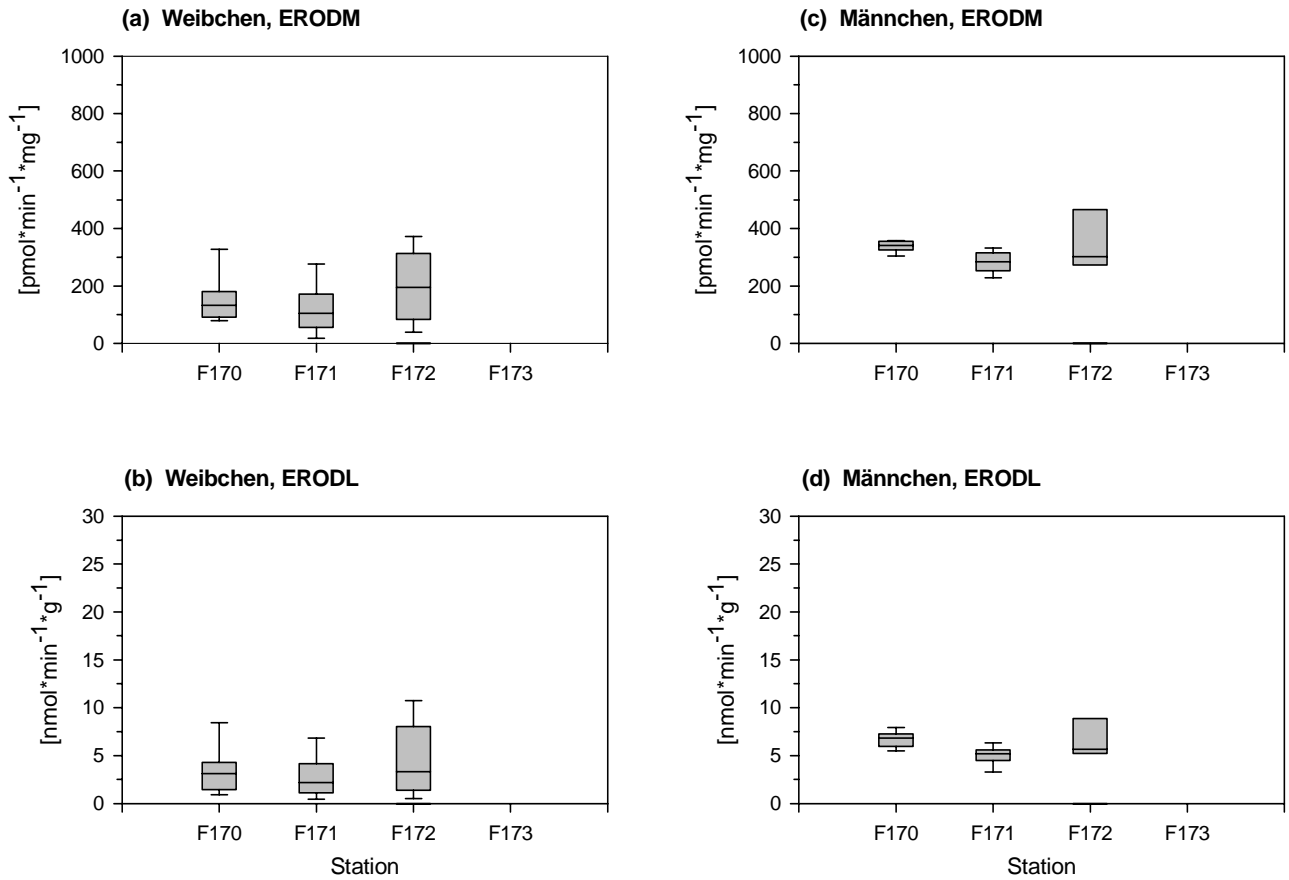
Flunderweibchen von Station F172 wiesen **1991** mit $195,5 \text{ pmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{mg}^{-1}$ (ERODM) und $3,3 \text{ nmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ (ERODL) die höchste mittlere EROD-Aktivität auf. Die Medianwerte stiegen zwischen den Stationen F170 und F172 um etwa 50 % (ERODM) bzw. 10 % (ERODL) an (Abb. 26a, b). Die niedrigsten Enzymaktivitäten wurden nicht an F170, sondern an der mittleren Station F171 beobachtet. Bezogen auf diese Station war die ERODM-Aktivität an F172 nahezu doppelt so hoch (Tab. 40a). Trotz der verschiedenen hohen Medianwerte waren die drei Stichproben nicht signifikant verschieden (U-Test).

Die Lebern von **Flundermännchen** wurden **1991** je Station in mehreren Mischproben zusammengefasst. Anders als bei Weibchen nahm die Enzymaktivität von Männchen zwischen den Stationen F170 und F172 leicht ab, und zwar um rund 12 % (ERODM) bzw. 16 % (ERODL) (Abb. 26c, d). Auch an Männchen wurde die niedrigste Enzymaktivität an Station F171 gemessen. Die räumliche Verteilung der EROD-Aktivitäten war statistisch nicht signifikant. Die Stationsunterschiede waren bei beiden Parametern jeweils ähnlich (Tab. 40b).

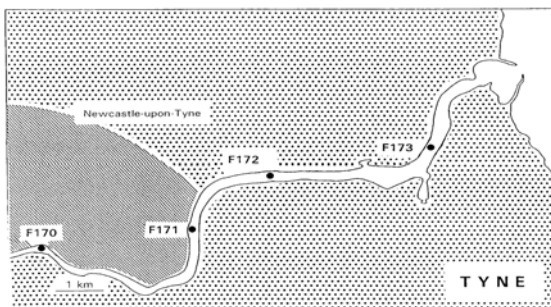
Die EROD-Aktivitäten von **Flunderweibchen** waren **1992** (Abb. 27a, b) im Vergleich zu 1991 deutlich niedriger (signifikant: F170) (Tab. 42) und die prozentualen Unterschiede zwischen den Stationen kleiner (Tab. 40c). Die ERODM-Aktivitäten betragen 1992 um $50 \text{ pmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{mg}^{-1}$ und die ERODL-Aktivitäten etwa $1,5 \text{ nmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ (jeweils Medianwerte). Die drei Stichproben waren nicht signifikant verschieden.

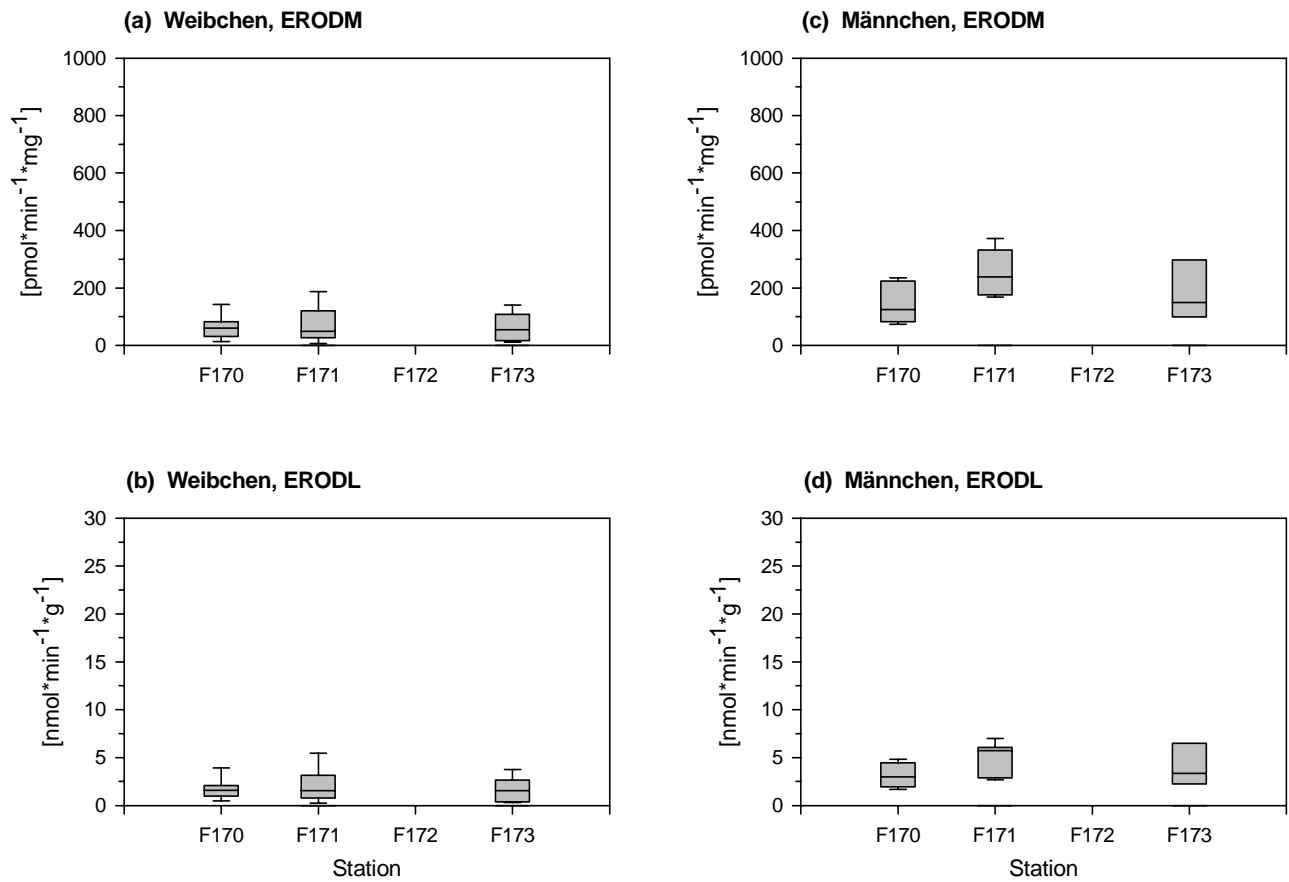
Die Lebern von **Männchen** wurden auch **1992** in Mischproben zusammengefasst untersucht. Insgesamt betrachtet stiegen die Medianwerte der EROD-Parameter zur Küste hin an (Abb. 27c, d). Die höchste mittlere Enzyminduktion wurde allerdings an Station F171 bestimmt (ERODM: $238,7 \text{ pmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{mg}^{-1}$, ERODL: $5,7 \text{ nmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$). Die Medianwerte beider EROD-Parameter waren um mehr als 90 % höher als an Station F170 (Tab. 40d). Bei beiden Parametern war der prozentuale Unterschied zwischen den Stationen ähnlich hoch (Tab. 40d). Die EROD-Aktivitäten waren 1992 an allen Stationen niedriger als 1991 (signifikant für die Stichproben von Station F170) (Tab. 42).

In beiden Untersuchungsjahren hatten Männchen an den Stationen 170 und 171 statistisch signifikant höhere EROD-Aktivitäten als Weibchen (Tab. 41). Die ERODM-Aktivitäten wichen stärker voneinander ab als die ERODL-Aktivitäten.



Abbildungen 26a – d: EROD-Aktivitäten von **Flundern** aus dem **Tyne** im Juli 1991
geographische Lage der Stationen siehe unten bzw. Abschnitt 2.3





Abbildungen 27a – d: EROD-Aktivitäten von **Flundern** aus dem **Tyne** im **März 1992**
geographische Lage der Stationen siehe Abbildung 26 bzw. Abschnitt 2.3

Tabellen 40 – 42: Tyne – statistische Auswertungen der EROD-Aktivitäten von Flundern
Tabellen 40a – d: Änderungen der EROD-Aktivitäten zwischen Stationen
(a) Weibchen (1991)

Station	Unterschied in %	
	ERODM	ERODL
F170	-21	-30
F171		
F172	+86	+52
F171		

(b) Männchen (1991)

Station	Unterschied in %	
	ERODM	ERODL
F170	-17	-24
F171		
F172	+6	+10
F171		

(c) Weibchen (1992)

Station	Unterschied in %	
	ERODM	ERODL
F170	-19	-3
F171		
F173	+12	-1
F171		

(d) Männchen (1992)

Station	Unterschied in %	
	ERODM	ERODL
F170	+92	+93
F171		
F173	-38	-41
F171		

Anordnung der Stationen in Fließrichtung von oben nach unten
positiver Wert, negativer Wert:

Medianwert an der Station unter der Klammer um ... % höher bzw. ... % niedriger
als an der Station über der Klammer (dieser Wert jeweils = 100 %)

Tabelle 41: Gegenüberstellung der EROD-Aktivitäten von Weibchen und Männchen

Parameter	1991 Unterschied in % und Signifikanz (..)				1992 Unterschied in % und Signifikanz (..)			
	F170	F171	F172	F173	F170	F171	F172	F173
ERODM	+158 (xx)	+170 (xx)	+55 (o)	-	+106 (xx)	+388 (xx)	-	+173 (o)
ERODL	+119 (xx)	+137 (n.s.)	+72 (o)	-	+88 (x)	+271 (x)	-	+120 (o)

Medianwert der Weibchen jeweils = 100 %

o: Männchen als Mischproben, weshalb U-Test nicht angewandt werden konnte

Tabelle 42: Gegenüberstellung der EROD-Aktivitäten der Jahre 1991 und 1992

Parameter	Unterschied in % Signifikanz (..) 1991 – 1992			
	Weibchen		Männchen	
	F170	F171	F170	F171
ERODM	-54,2 (xx)	-53,6 (n.s.)	-63,5 (xx)	-16,0 (n.s.)
ERODL	-49,4 (xx)	-29,4 (n.s.)	-56,5 (xx)	+10,6 (n.s.)

Medianwert 1991 jeweils = 100 %

Für alle Tabellen:

x: Stichproben signifikant verschieden (U-Test, $\alpha=0,05$), xx: Stichproben signifikant verschieden (U-Test, $\alpha=0,01$)

n.s.: nicht signifikant, -: ohne Vergleichswert

3.2.1.7 Firth of Forth

Im inneren Firth of Forth wurde **1992** eine Station (F202) beprobt. Die mittlere EROD-Aktivität von **Flunderweibchen** betrug $60,8 \text{ pmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{mg}^{-1}$ (ERODM) bzw. $1,2 \text{ nmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ (ERODL) Die Ergebnisse sind nicht graphisch dargestellt. Die statistischen Kenngrößen sind in Anhang A (Tab. A10) zusammengefasst.

3.2.2 EROD-Aktivitäten von Klieschen

In den äußeren Ästuaren der Flüsse Elbe und Weser und im Vorküstenbereich der Flüsse Eider, und Tyne wurde an elf verschiedenen Probenahmestellen die EROD-Aktivität von Klieschen ($n = 323$) untersucht. An mehreren Stationen waren Klieschenmännchen in den Fängen entweder nicht oder in zu geringer Anzahl vertreten. Aus diesem Grund konnten von Klieschenweibchen weitaus mehr Lebern ($n = 287$) untersucht werden als von Klieschenmännchen ($n = 36$). Eine nach Ästuaren gegliederte Zusammenfassung der beprobten Stationen und der Fänge gibt Tabelle 6 (Abschnitt 3). Nachfolgend werden zunächst die Ergebnisse für das Eider- und Weser-Ästuar dargestellt, weil nur dort an jeweils mehreren Stationen Klieschen gefangen wurden. Daran anschließend werden die EROD-Aktivitäten von Flundern und Klieschen stationsweise auch unter Berücksichtigung der Elbe und des Tyne (statistische Kenngrößen in Anhang A, Tab. A5 d, A9 c) gegenübergestellt. Zur geographischen Lage der Stationen in den Ästuaren siehe Abb. 3 (Abschnitt 2.3).

3.2.2.1 Eider

Klieschenweibchen wurden 1991 an allen fünf Stationen unterhalb des Sperrwerks (F012 bis F016) gefangen. 1992 wurden Proben an der dem Sperrwerk am nächsten gelegenen Station F012 und an der am weitesten entfernten Station F015 genommen. Männchen kamen in beiden Jahren nur an der küstenfernen Station F015 vor. Die Probenahmen fanden 1991 Ende Mai (Stationen F012 bis F014) und Ende Juni (F015, F016) statt (Tab. 3, Abschnitt 2.3). 1992 wurden die Proben Mitte April genommen. Statistische Kenngrößen zur Charakterisierung der untersuchten Stichproben können Anhang A (Tab. A4 c, A4 d) entnommen werden.

1991 betrug die mittleren ERODM-Aktivitäten von **Klieschenweibchen** 163,7 bis $2.553,1 \text{ pmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{mg}^{-1}$ und die ERODL-Aktivitäten 3,9 bis $53,18 \text{ nmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ (Abb. 28a, b). Die niedrigen Aktivitäten traten an Station F014 auf. Die hohen Medianwerte repräsentieren die Stichproben von Station F016 (ERODM) und F015 (ERODL). Die räumliche Verteilung der Medianwerte deutete auf einen Gradienten mit stark ansteigenden EROD-Aktivitäten vom Eidersperrwerk zu den küstenfernen Stationen F015 und F016 hin. Im Vergleich zu den an Weibchen von Station F012 ermittelten Werten waren die Medianwerte an Station F015 gut achtmal (ERODM) bzw. nahezu neunmal (ERODL) höher (Tab. 43a). Noch deutlicher war der Unterschied

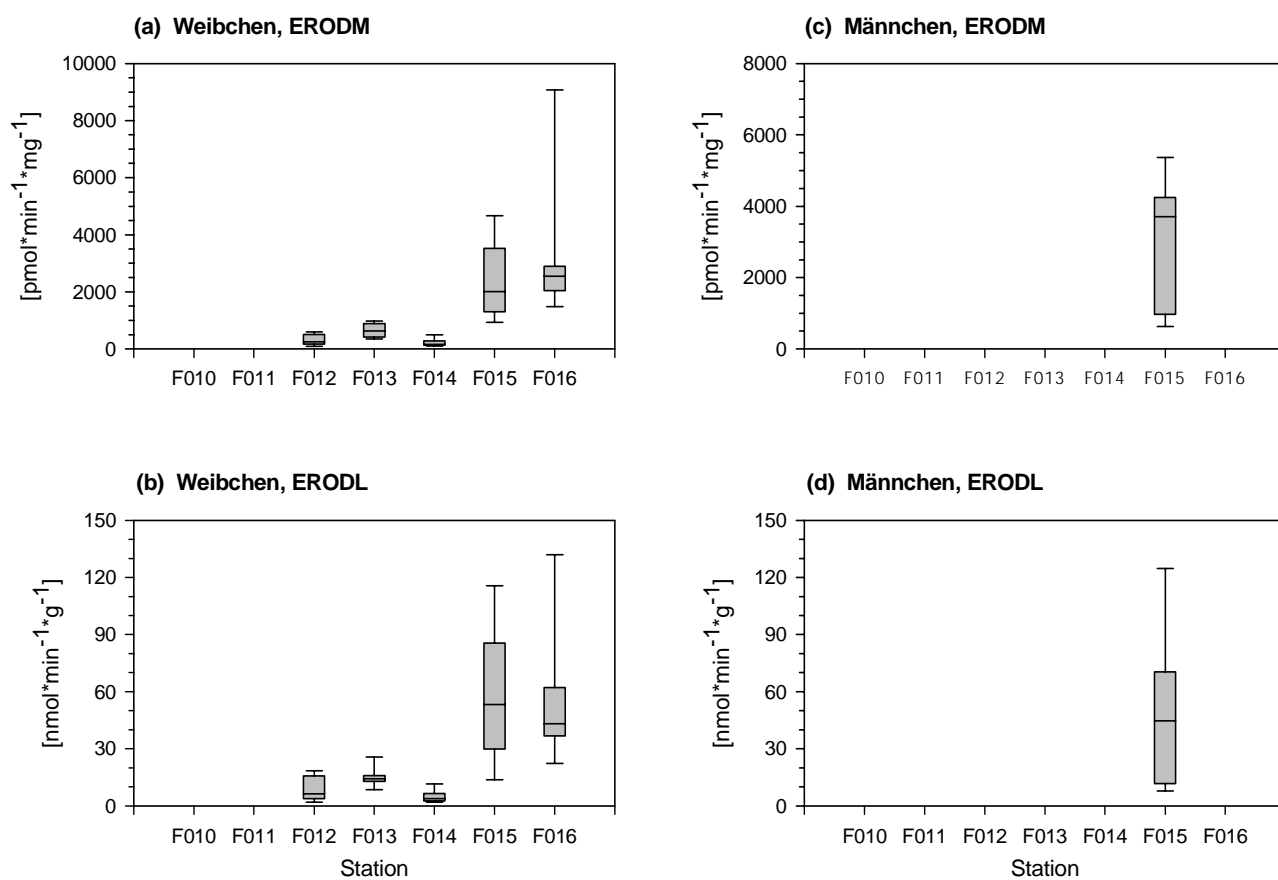
zwischen den Stationen F012 und F016, an der die höchste mittlere ERODM-Aktivität bestimmt wurde.

Zwischen benachbarten Stationen änderten sich die Medianwerte beider EROD-Parameter jeweils um ähnliche prozentuale Beträge (Tab. 43a). Die Medianwerte der Stichproben von den Stationen F015 und F016 waren hinsichtlich der ERODM- und ERODL-Aktivitäten jeweils signifikant höher als an den Stationen F012 und F014 (U-Test). Die höchste Einzelaktivität sämtlicher Klieschen aus Ästuaren wurde an einer Probe von F016 gemessen ($10.617 \text{ pmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{mg}^{-1}$).

Klieschenmännchen von Station F015 (Abb. 28c, d) hatten **1991** eine nahezu doppelt so hohe mittlere ERODM-Aktivität wie Weibchen, aber eine um etwa 20 % niedrigere ERODL-Aktivität. Der Unterschied zwischen beiden Geschlechtern war nicht signifikant (U-Test).

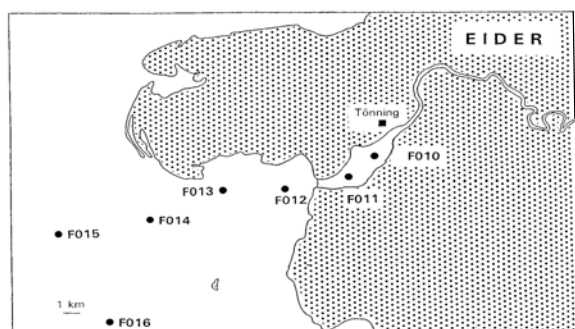
1992 unterschieden sich die EROD-Aktivitäten von **Klieschenweibchen** von den Stationen F012 und F015 im Gegensatz zum Vorjahr nur wenig (Abb. 29a, b). Während die ERODM-Aktivität zwischen Station F012 ($986 \text{ pmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{mg}^{-1}$) und F015 etwas abnahm, stieg die ERODL-Aktivität ($22 \text{ nmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ an F012) in derselben Richtung an (Tab. 43b). Weder die ERODM- noch die ERODL-Aktivitäten der Stichproben waren signifikant verschieden (U-Test). Bezogen auf die Medianwerte aus dem Jahr 1991 änderten sich die mittleren Enzymaktivitäten an den Stationen F012 und F015 unterschiedlich. An Station F012 wurden 1992 4-mal (ERODM) bzw. 3-mal (ERODL) höhere Enzymaktivitäten gemessen als 1991 (Tab. 44). Dagegen waren an Station F015 die Medianwerte der EROD-Parameter um etwa 50 % kleiner als 1991. Für beide Stationen konnte anhand des U-Tests gezeigt werden, dass die in beiden Jahren gemessenen EROD-Aktivitäten signifikant verschieden waren.

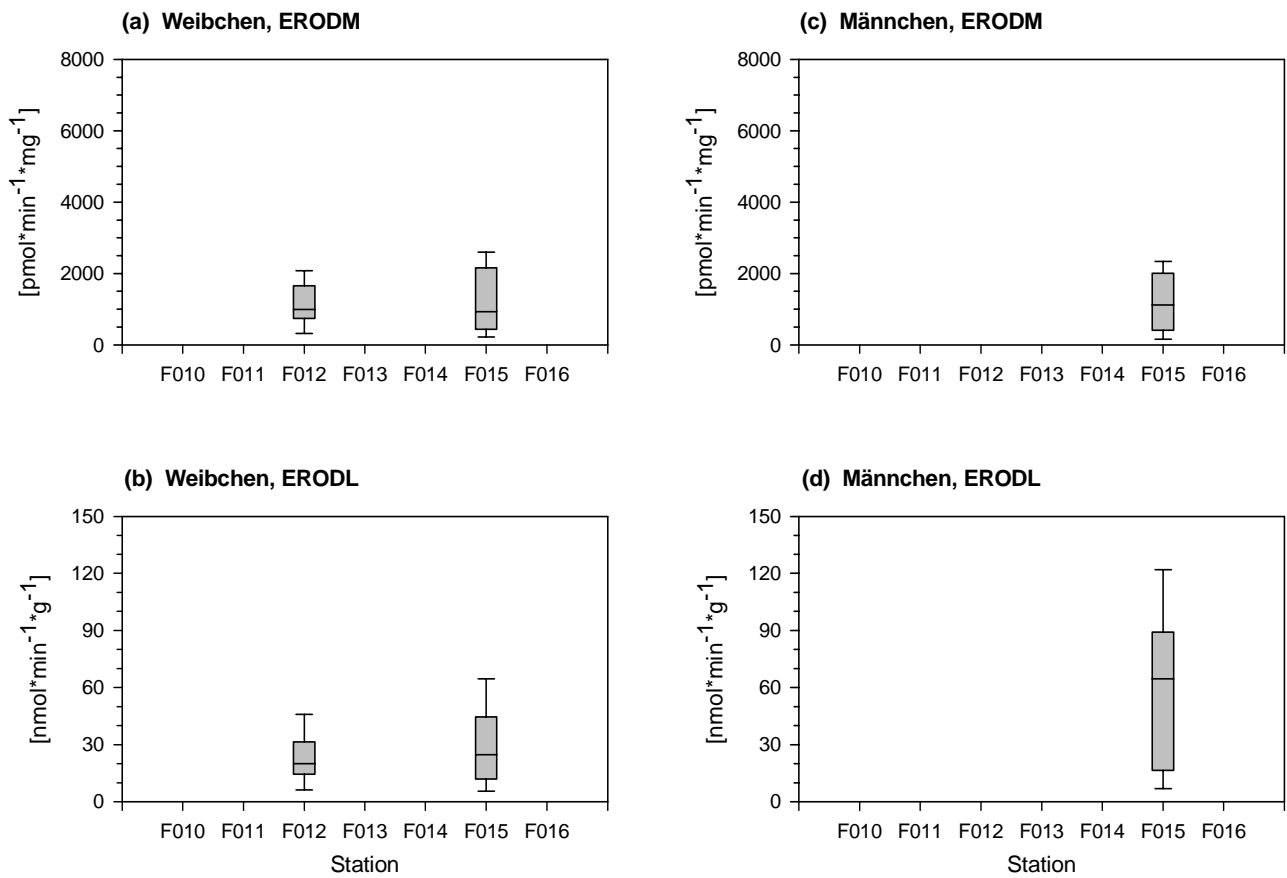
Klieschenmännchen von Station F015 (Abb. 29c, d) hatten **1992** eine um 20 % höhere ERODM-Aktivität und eine um 160 % höhere ERODL-Aktivität als Weibchen (nicht signifikant). Die EROD-Aktivität von Männchen war 1992 verglichen mit 1991 je nach Parameter um 70 % niedriger (ERODM) oder um 45 % höher (ERODL) (signifikant für ERODM, U-Test) (Tab. 44).



Abbildungen 28a – d: EROD-Aktivitäten von **Klieschen** aus der **Eider** Ende Mai (F012 – F014) und Ende Juni (F015, F016) **1991**
geographische Lage der Stationen siehe unten bzw. Abschnitt 2.3

Signifikant verschieden (U-Test, $\alpha = 0,05$): Weibchen von F012 – F015, F016 und Weibchen von F014 – F015, F016 bei ERODM und ERODL





Abbildungen 29a – d: EROD-Aktivitäten von **Klieschen** aus der **Eider** im April 1992
geographische Lage der Stationen siehe Abbildung 28 bzw. Abschnitt 2.3

Tabellen 43a, b: Klieschen vor der Eider-Mündung – Änderungen der EROD-Aktivitäten zwischen Stationen

(a) Weibchen (1991)

Station	Unterschied in %	
	ERODM	ERODL
F012	} +154	+128
F013		
F014	} -74	-73
F015		
F016	} +1127 (+706)♦	+1281 (+754)♦
F015		
F016	} +27	-19

(b) Weibchen (1992)

Station	Unterschied in %	
	ERODM	ERODL
F012	} -5	+23
F015		

Anordnung der Stationen in Fließrichtung von oben nach unten
positiver Wert, negativer Wert:

Medianwert an der Station unter der Klammer um ... % höher bzw. ... % niedriger
als an der Station über der Klammer (dieser Wert jeweils = 100 %)

♦: Unterschied zwischen F012 und F015

Tabelle 44: Klieschen vor der Eider-Mündung – Gegenüberstellung der EROD-Aktivitäten der Jahre 1991 und 1992

Parameter	Unterschied in % und Signifikanz (..) 1991 – 1992		
	Weibchen		Männchen
	F012	F015	F015
ERODM	+296,0 (xx)	-53,5 (xx)	-69,7 (x)
ERODL	+222,0 (xx)	-53,7 (xx)	+44,5 (n.s.)

Medianwert 1991 jeweils = 100 %

x: Stichproben signifikant verschieden (U-Test, $\alpha = 0,05$)

xx: Stichproben signifikant verschieden (U-Test, $\alpha = 0,01$)

n.s.: nicht signifikant

3.2.2.2 Weser

In der Außen-Weser wurden 1991 die EROD-Aktivitäten an Klieschenweibchen von Station F033 östlich „Alte Mellum“ und F035 in der Nähe des Leuchtturms „Alte Weser“ untersucht. 1992 wurden Weibchen an denselben Probenahmestellen gefangen und zusätzlich oberhalb davon an den Stationen F031 und F032. Die Stationen F031 und F035 schlossen eine etwa 34 km lange Flussstrecke ein. Klieschenmännchen kamen abgesehen von Station F035 im Jahr 1992 an keiner anderen Station in ausreichender Anzahl vor. Die Proben wurden 1991 Mitte Juni und 1992 Mitte April und Anfang Mai genommen (Tab. 3, Abschnitt 2.3). Statistische Kenngrößen zur Charakterisierung der untersuchten Stichproben können Anhang A (Tab. A6 c, A6 d) entnommen werden.

Die räumliche Verteilung der EROD-Aktivitäten von **Klieschenweibchen** deutete **1991** auf eine in Fließrichtung ansteigende Induktion der Enzymaktivität hin (Abb. 30a, b). Beide EROD-Parameter, insbesondere aber ERODL, waren an Station F035 höher als an F033 (Tab. 45a); Signifikanz lag nicht vor (U-Test).

Im Jahr **1992** nahm die mittlere ERODM-Aktivität von **Klieschenweibchen** zwischen Station F031 (1.261,2 pmol·min⁻¹·mg⁻¹) nahe Bremerhaven und Station F035 in der Außen-Weser um 78 % ab (Abb. 31a, b). Wie die Prüfung mit dem U-Test ergab, waren an Station F035 die Enzymaktivitäten signifikant niedriger als an den Stationen F031 und F032. Mit zunehmender Entfernung von der Küste wurde der prozentuale Unterschied zwischen den Medianwerten benachbarter Stationen größer (Tab. 45b). Die mittleren ERODL-Aktivitäten nahmen um 6 % ab, wenn nur die Stationen F031 und F035 betrachtet werden. Andererseits wurde zwischen den Stationen F031 und F033 zunächst ein Anstieg um 19 % verzeichnet (Tab. 45b). Die Stationsunterschiede waren nicht signifikant (U-Test). Werden die Ergebnisse aus beiden Untersuchungsjahren gegenübergestellt, ergibt sich für Station F033 bezogen auf den 1991er Wert ein Anstieg um etwa 40 % und für F035 eine Abnahme um etwa 50 % jeweils für beide EROD-Parameter. Für die ERODM-Aktivitäten von F035 konnte gezeigt werden, dass die Stichproben signifikant verschieden waren (U-Test).

Die an Station F035 untersuchten **Klieschenmännchen** (Abb. 31c, d) hatten verglichen mit Weibchen eine fast sechsmal (ERODM) bzw. dreimal (ERODL) höhere mittlere EROD-Aktivität. Beide Stichproben waren signifikant verschieden, wie anhand des U-Tests gezeigt werden konnte.

Tabellen 45a, b: Klieschen in der Weser – Änderungen der EROD-Aktivitäten zwischen Stationen

(a) Weibchen (1991)

Station	Unterschied in %	
	ERODM	ERODL
F031		
} F032	-	-
} F033	-	-
} F035	+17	+106

(b) Weibchen (1992)

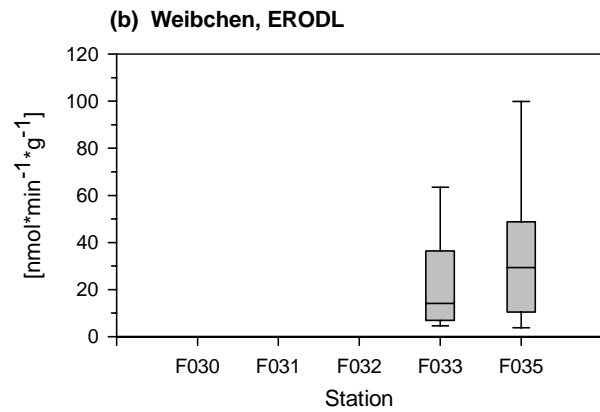
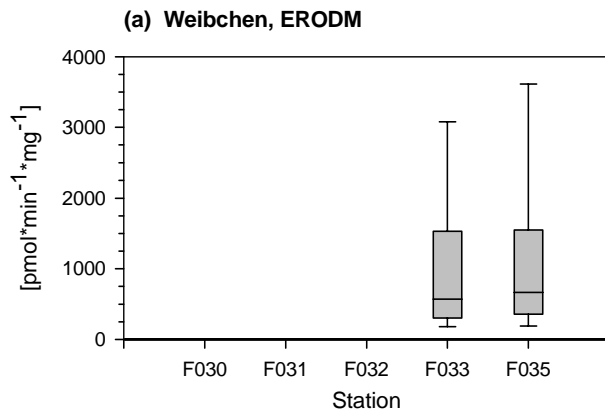
Station	Unterschied in %	
	ERODM	ERODL
F031		
} F032	-12	+8
} F033	-35	+10
} F035	-62	-21

Anordnung der Stationen in Fließrichtung von oben nach unten

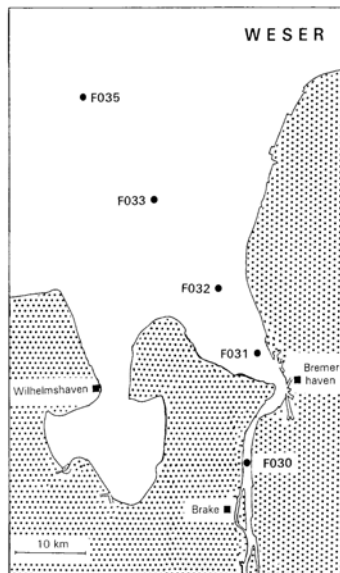
positiver Wert, negativer Wert:

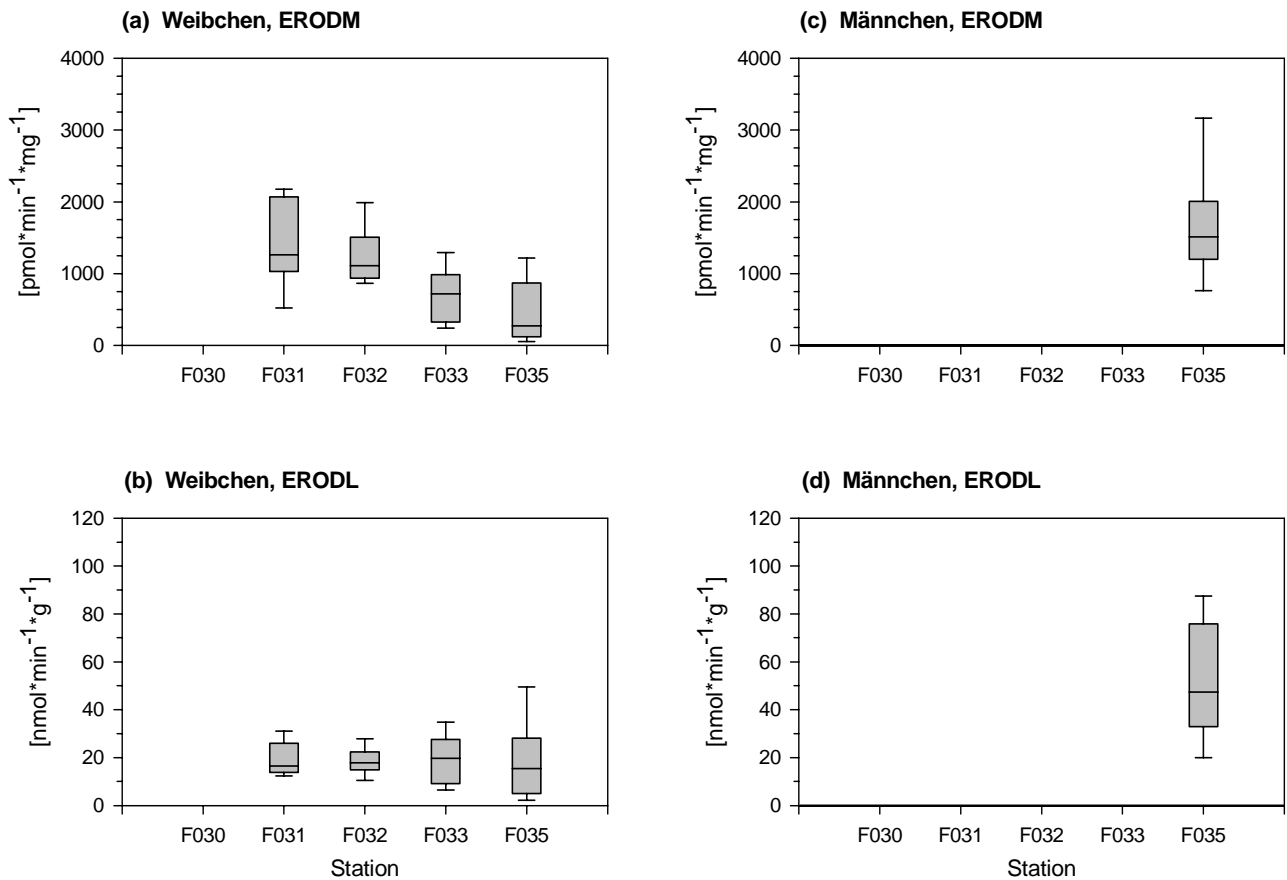
Medianwert an der Station unter der Klammer um ... % höher bzw. ... % niedriger als an der Station über der Klammer (dieser Wert jeweils = 100 %)

-: ohne Vergleichswert



Abbildungen 30a – b: EROD-Aktivitäten von **Klieschen** aus der **Weser** im Juni 1991
geographische Lage der Stationen siehe unten bzw. Abschnitt 2.3





Abbildungen 31a – d: EROD-Aktivitäten von **Klieschen** aus der **Weser** im April **1992**
geographische Lage der Stationen siehe Abbildung 30 bzw. Abschnitt 2.3

Signifikant verschieden (U-Test, $\alpha = 0,05$): Weibchen von F031 – F035
und von F032 – F035 bei ERODM

3.2.3 Gegenüberstellung der EROD-Aktivitäten von Flundern und Klieschen

Aus beiden Untersuchungsjahren liegen Vergleichsmessungen an Flunder- und Klieschenweibchen von acht Stationen vor. Eine Gegenüberstellung von Männchen beider Plattfischarten ist für eine Station möglich. Grundsätzlich kann festgestellt werden, dass Klieschen unabhängig vom Geschlecht immer eine höhere EROD-Aktivitäten hatten als parallel untersuchte Flundern. Die Stichproben unterschieden sich jedes Mal statistisch signifikant (U-Test) (Tab. 46).

Tabelle 46: Gegenüberstellung der EROD-Aktivitäten von Klieschen und Flundern aus verschiedenen Ästuaren

Jahr	Station	Geschlecht	Parameter	<i>P. flesus</i> Medianwert	<i>L. limanda</i> Medianwert	Unterschied (%)	Signifikanz
1991	F012 (Eider)	w _a	ERODM	103,4	249,1	+ 140,8	xx
			ERODL	2,6	6,2	+ 144,3	xx
	F033 (Weser)	w _a	ERODM	122,9	568,6	+ 362,6	xx
			ERODL	3,4	14,2	+ 323,8	xx
1992	F012 (Eider)	w _a	ERODM	222,7	986,3	+ 342,9	xx
			ERODL	5,6	20,1	+ 261,4	xx
	F015 (Eider)	w _a	ERODM	114,9	934,0	+ 712,6	xx
			ERODL	2,6	24,6	+ 846,2	xx
	F015 (Eider)	m _a	ERODM	74,4	1123,1	+ 1.409,5	xx
			ERODL	2,6	64,6	+ 2.376,3	xx
	F005 (Elbe)	w _a	ERODM	161,6	1229,9	+ 661,0	xx
			ERODL	4,4	35,9	+ 713,1	xx
	F031 (Weser)	w _a	ERODM	112,3	1261,2	+ 1.023,1	xx
			ERODL	2,6	16,5	+ 542,0	xx
	F032 (Weser)	w _a	ERODM	204,8	1111,8	+ 342,8	xx
			ERODL	3,5	17,9	+ 409,7	xx
F173 (Tyne)	w _a	ERODM	54,7	1116,5	+ 1.941,5	xx	
		ERODL	1,5	32,7	+ 2.039,2	xx	

Abkürzungen siehe Abkürzungsverzeichnis

Unterschied (%): Medianwert von Flundern jeweils = 100 %

xx: Stichproben signifikant verschieden (U-Test, $\alpha=0,01$)

Die Medianwerte der EROD-Aktivitäten von Klieschenweibchen waren zwischen 2,4- und 20,4-mal (ERODM) bzw. 2,4- bis 21,4-mal (ERODL) höher als die entsprechenden für Flunderweibchen berechneten Werte (Tab. 46). Der Unterschied zwischen Weibchen beider Arten war besonders deutlich bei den Stichproben von Station F173 im britischen Tyne. Hier waren die Medianwerte beider EROD-Parameter von Klieschen etwa 21-mal höher als die Medianwerte von Flundern. An den meisten Stationen war die mittlere EROD-Aktivität von Klieschenweibchen weniger als zehnmal höher als die mittlere Enzymaktivität von Flundern. Im Mittel waren die Medianwerte von Klieschenweibchen 8-mal (ERODM) bzw. 7,6-mal höher (ERODL). Je Station war bei beiden EROD-Parametern der prozentuale Unterschied zwischen Klieschen und Flundern in der Regel ähnlich.

Die mediane EROD-Aktivität von Klieschenmännchen war an einer Probenahmestelle (F015 in der Eider) 15-mal (ERODM) bzw. knapp 25-mal (ERODL) höher als die mediane Enzymaktivität von Flundermännchen (Tab. 46).

3.2.4 Abhängigkeit der EROD-Aktivität von der Laichreife

3.2.4.1 Gonadenreife von Flunder und Kliesche

In beiden Untersuchungsjahren erfolgten die Probenahmen in Ästuaren nach der Hauptlaichzeit von Flunder und Kliesche. Im Jahr 1991 begannen die Probenahmen Ende Mai (Tab. 3, Abschnitt 2.3), weshalb überwiegend Flunderweibchen und -männchen untersucht wurden, deren Gonaden aufgrund ihrer Größe und Struktur dem Reifegrad II zuzuordnen waren (Tab. 47a, b). Dieser Reifegrad ist kennzeichnend für Fische, die sich in der Ruhephase des Reproduktionszyklus befinden (vgl. Tab. 4, Abschnitt 2.4.5). 1992 sind die Ästuarare jahreszeitlich früher als 1991 beprobt worden. Die zeitliche Verschiebung gegenüber dem Vorjahr war bei den britischen Ästuaren mit etwa vier Monaten am größten (Tab. 47). Dennoch waren auch 1992 in allen Ästuaren Flunderweibchen am häufigsten vertreten, die sich im Ruhestadium (RG II) befanden (Tab. 47c). In größerer Anzahl als im Vorjahr wurden an verschiedenen Stationen allerdings auch Weibchen mit relativ weit entwickelten Ovarien angetroffen, die in diesem Jahr offensichtlich noch nicht abgelaicht hatten. Männchen waren 1992 mehrheitlich ebenfalls in der Ruhephase (Tab. 47d).

Flunderweibchen und -männchen aus dem Tyne fielen in beiden Untersuchungsjahren dadurch auf, dass in den Stichproben die Reifegrade der Gonaden jeweils über mehrere Stufen streuten (Tab. 47). Auffallend häufiger als in anderen Ästuaren wurden Flundern mit weit entwickelten Ovarien oder Hoden angetroffen, die offensichtlich noch nicht abgelaicht hatten.

Klieschen aus Ästuaren befanden sich in beiden Untersuchungsjahren zumeist in der Ruhephase (Tab. 48). Verglichen mit Flundern variierte 1992 die Gonadenentwicklung bei Klieschenweibchen stärker.

Tabellen 48a, b: Reifegrade der Gonaden von Klieschen an Ästuar-Stationen (Monat der Probenahme in Klammern, vgl. Tab. 3)

(a) 1991

Reife-grad	Anzahl je Station						
	Eider (Mai, Juni)					Eider (Mai)	Weser (Juni)
	w _a					m _a	m _a
	F012	F013	F014	F015	F016	F015	F030
I	-	-	-	-	-	-	-
II	24	6	22	23	6	8	11
III	-	-	1	-	-	-	-
IV	-	-	2	2	1	2	-
V	-	-	-	-	-	1	-
VI	1	-	-	-	-	-	-
VII	-	-	-	-	-	-	-
VIII	-	-	-	-	-	-	-

(b) 1992

Reife-grad	Anzahl je Station									
	Eider (April)		Elbe (April)	Weser (April)				Eider (April)	Weser (April)	Tyne (März)
	w _a		w _a	w _a				m _a	m _a	m _a
	F012	F015	F005	F031	F032	F033	F035	F015	F035	F173
I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
II	17	2	23	3	23	11	6	-	1	4
III	6	11	2	2	2	5	5	9	10	-
IV	2	2	-	-	-	1	3	2	2	2
V	-	10	-	-	-	-	11	-	-	-
VI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
VII	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
VIII	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Abkürzungen siehe Abkürzungsverzeichnis

3.2.4.2 Korrelation zwischen EROD-Aktivität und Laichreife

Die Gonadenreife von Flunderweibchen variierte im Allgemeinen nur wenig, weshalb für die Mehrzahl der Stationen Korrelationsrechnungen nicht sinnvoll waren. Für die statistische Auswertung konnten in beiden Jahren lediglich die Untersuchungsergebnisse zu den Probenahmestellen F170 und F171 (Tyne) herangezogen werden. Sowohl die ERODM- als auch die ERODL-Aktivitäten der untersuchten Flundern waren an Station F171 in beiden Untersuchungsjahren negativ mit ihrer Laichreife korreliert (Spearman-Rangkorrelation). 1992 wurde dieser Zusammenhang auch für die Stichprobe von Station F170 nachgewiesen.

Für Flundermännchen aus Ästuaren konnte kein korrelativer Zusammenhang zwischen dem Reifegrad ihrer Gonaden und der Höhe der EROD-Aktivität nachgewiesen werden. Es wurden die Messwerte von drei im Jahr 1992 untersuchten Stationen berücksichtigt (F170, F171, F173).

Die EROD-Aktivität (ERODM und ERODL) von Klieschenweibchen aus Ästuaren war ebenfalls mit ihrer Gonadenreife korreliert. Die Prüfung wurde für drei 1992 untersuchte Stationen (F012, F015, F035) durchgeführt. Beide EROD-Parameter waren jedes Mal signifikant negativ mit der Gonadenreife korreliert (Spearman-Rangkorrelation).

3.2.5 Korrelation zwischen EROD-Aktivität und Gesamtlänge

Die Prüfung, ob zwischen der EROD-Aktivität von Flundern und Klieschen aus Ästuaren und ihrer Gesamtlänge eine Korrelation bestand, erfolgte für Stichproben, die einzeln aufgearbeitet wurden. Das waren Flunderweibchen von insgesamt 41 Stationen, Flundermännchen von 24 Stationen, Klieschenweibchen von neun und Klieschenmännchen von drei Stationen. Somit wurden zusammengefasst 77 Stichproben (Stationen) bei der Korrelationsprüfung berücksichtigt.

Bei Klieschen aus Ästuaren bestand zwischen der EROD-Aktivität und der Gesamtlänge nie eine Korrelation. Für Flundern konnte in der Regel ebenfalls keine Abhängigkeit der EROD-Aktivität von der Gesamtlänge nachgewiesen werden. Die Ausnahme bildete im Jahr 1991 Station F153 (Schelde), wo die EROD-Aktivität von Flundern positiv mit der Gesamtlänge korreliert war. Dieser Zusammenhang wurde sowohl für Weibchen als auch für Männchen nachgewiesen. Bei Weibchen war die ERODM-Aktivität auf dem 5 %-Niveau ($r_s = 0,6596 > r_s^* = 0,5341$, $n = 14$, zweiseitig) und die ERODL-Aktivität auf dem 1 %-Niveau ($r_s = 0,6826 > r_s^* = 0,6747$, $n = 14$, zweiseitig) signifikant mit der Gesamtlänge korreliert. Für Männchen ließ sich die Korrelation auf dem 1 %-Niveau (ERODM, $r_s = 0,6486 > r_s^* = 0,5684$, $n = 20$, zweiseitig) bzw. 5 %-Niveau (ERODL, $r_s = 0,4915 > r_s^* = 0,4451$, $n = 20$, zweiseitig) sichern.

3.2.6 Vergleichende Zusammenfassung der Ergebnisse

In den Mündungen der Nordseezuflüsse Eider, Elbe, Schelde, Themse, Tyne und Firth of Forth wurden insgesamt 32 Stationen beprobt. An Eider und Tyne wurden auch einzelne Stationen im Vorküstenbereich untersucht. In erster Linie wurden Flundern gefangen. Das gesamte Probenkollektiv setzte sich aus 782 Flunderweibchen und 688 -männchen zusammen. An bereits deutlich marin beeinflussten Probenahmestellen vor der Eider und dem Tyne sowie in der Außen-Elbe und Außen-Weser war es möglich, auch Klieschen zu untersuchen. Insgesamt 323 Klieschen wurden Leberproben entnommen. Es wurden deutlich mehr Weibchen ($n = 287$) als Männchen aufgearbeitet, weil Männchen häufig in den Fängen entweder nicht oder in zu geringer Anzahl vertreten waren. Die Probenahmen sind in beiden Jahren nach der Hauptlaichperiode von Flunder und Kliesche durchgeführt worden: 1991 von Mitte Mai bis Ende Juli, 1992 von Mitte März bis Mitte Mai.

Eine graphische Übersicht der räumlichen Verteilungen der EROD-Medianwerte in den untersuchten Ästuaren geben die Abbildungen 32 – 34 auf den Seiten 133 - 135. Eine Gegenüberstellung der Verteilungsmuster und Gradienten der EROD-Aktivitäten von Weibchen und Männchen aus beiden Untersuchungsjahren kann Tabelle 49, Seite 136, entnommen werden.

(1) EROD-Aktivitäten von Flunderweibchen und -männchen (Abbildung 32 – 33)

- Ausschließlich in der Elbe hatten Flunderweibchen in beiden Jahren um bis zu 100 % höhere Enzymaktivitäten als Männchen bezogen auf den Medianwert.

- In den Flüssen Weser, Schelde, Themse und Tyne war die Biotransformation von Flundermännchen unabhängig vom Jahr und EROD-Parameter stärker induziert als die Enzymaktivität von Weibchen (ERODM: +30% bis +140 %, ERODL: +90 % bis +220 %).
- Im Tyne waren die EROD-Aktivitäten beider Geschlechter deutlich verschieden: 1992 waren die ERODM-Medianwerte von Männchen bis knapp fünfmal und die ERODL-Medianwerte bis knapp viermal höher als die der Weibchen. Große Unterschiede zwischen den Geschlechtern wurden auch in der Schelde festgestellt.
- Weibchen und Männchen, die in der Eider untersucht wurden, ließen sich hinsichtlich der Höhe ihrer EROD-Aktivitäten nicht eindeutig trennen.
- An Stationen in der Elbe unterschieden sich die ERODM-Medianwerte von Weibchen und Männchen prozentual immer um einen ähnlich hohen Betrag wie die ERODL-Medianwerte.
- In den anderen Ästuaren wichen die ERODM- und ERODL-Aktivitäten der Weibchen von denen der Männchen in der Art ab, dass sich für die Parameter im Vergleich zwischen den Geschlechtern unterschiedlich große Abweichungen ausgedrückt in Prozent ergaben (z. B. Schelde).
- Der Unterschied zwischen Weibchen und Männchen war bei keinem der beiden EROD-Parameter generell größer. Es ließ sich auch kein Unterschied zwischen den Untersuchungsjahren feststellen.

(2) Verteilungsmuster und Gradienten (Tabelle 49)

Für jede untersuchte Flussstrecke wurden von beiden EROD-Parametern die relativen Änderungen der Medianwerte zwischen aufeinander folgenden Stationen ermittelt und darauf aufbauend Verteilungsmuster beschrieben (Tab. 49). In jedem Ästuar waren sowohl bei Flunderweibchen als auch -männchen die Verteilungsmuster der ERODM- und ERODL-Medianwerte ähnlich. Darüber hinaus stimmten häufig die Verteilungsmuster der EROD-Medianwerte von Weibchen und Männchen überein. 1991 wurden andere Verteilungsmuster als 1992 ermittelt.

Zur Ermittlung von Gradienten wurden je Mündungsgebiet die am weitesten stromauf und stromab untersuchten Stationen (inneres, äußeres Ästuar) gegenübergestellt und für ERODM und ERODL die relativen Änderungen der Medianwerte berechnet. Zwischen der Station im inneren und äußeren Ästuar änderte sich die EROD-Aktivität in der Regel so, dass in Fließrichtung ein Gradient bestand (Tab. 49). Der Verlauf des Gradienten in Fließrichtung (Anstieg oder Gefälle) war unabhängig vom EROD-Parameter und meistens auch unabhängig vom Geschlecht. Die Gradienten hatten 1991 zumeist einen anderen Verlauf als 1992.

(3) EROD-Aktivitäten von Kliesenweibchen und -männchen (Abbildung 34)

- Kliesenmännchen wurden an drei Stationen untersucht. Sie hatten bis zu sechsmal höhere Enzymaktivitäten als Weibchen.
- Bei Weibchen waren die Gradienten und Verteilungsmuster der Medianwerte beider EROD-Parameter ähnlich.

- An der Eider wurde 1991 ein starker Anstieg zwischen den Stationen südlich von Eiderstedt und den seewärts im nordfriesischen Wattenmeer untersuchten Stationen festgestellt.

(4) EROD-Aktivitäten von Flundern und Klieschen

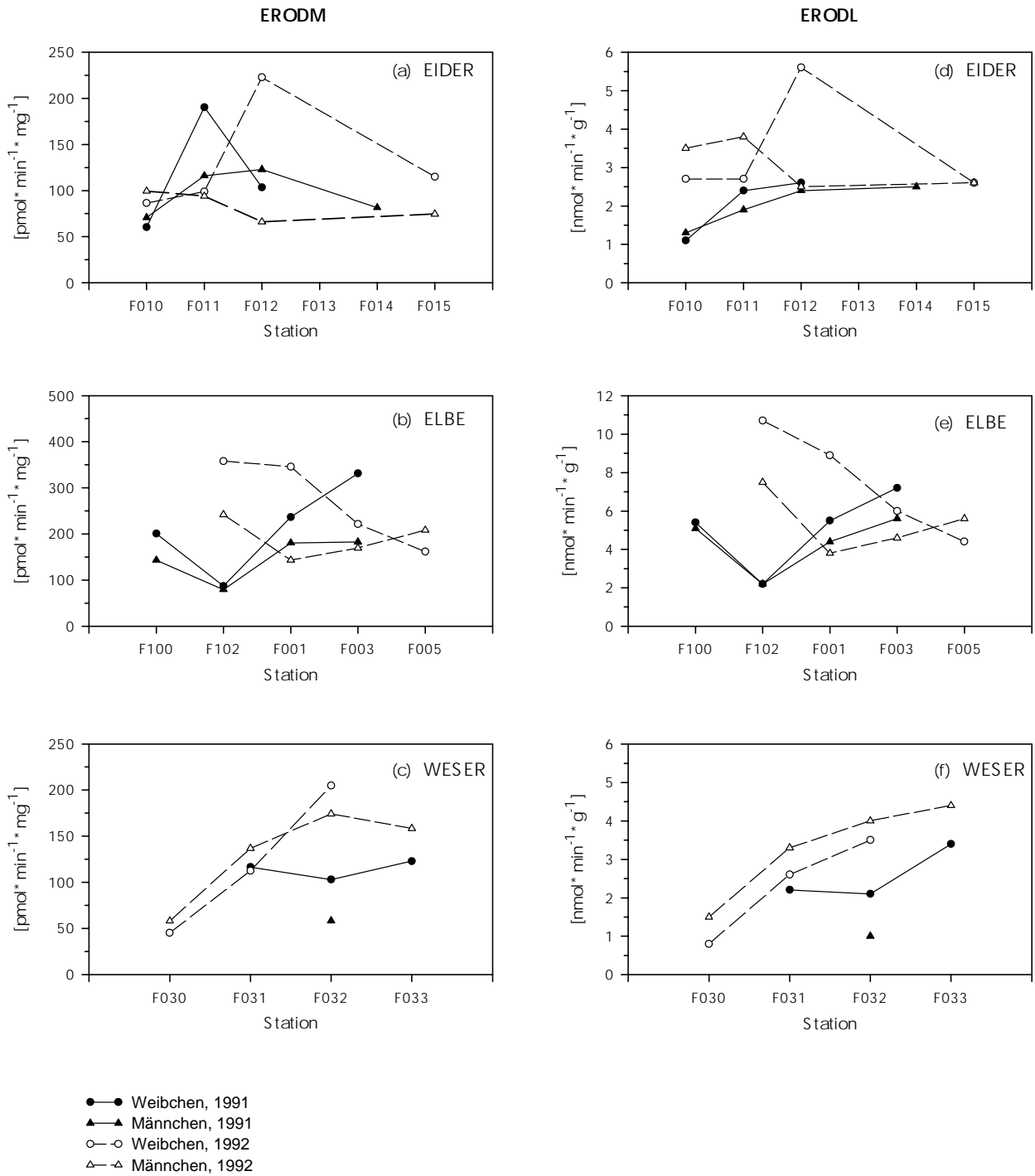
- Klieschenweibchen hatten signifikant höhere EROD-Aktivitäten als Flunderweibchen. Die Medianwerte waren bis zu 21-mal größer.
- Klieschenmännchen aus der Eider hatten eine mehr als 15-mal höhere Enzymaktivität als Flundermännchen.

(5) EROD-Aktivitäten in Abhängigkeit von der Gonadenreife

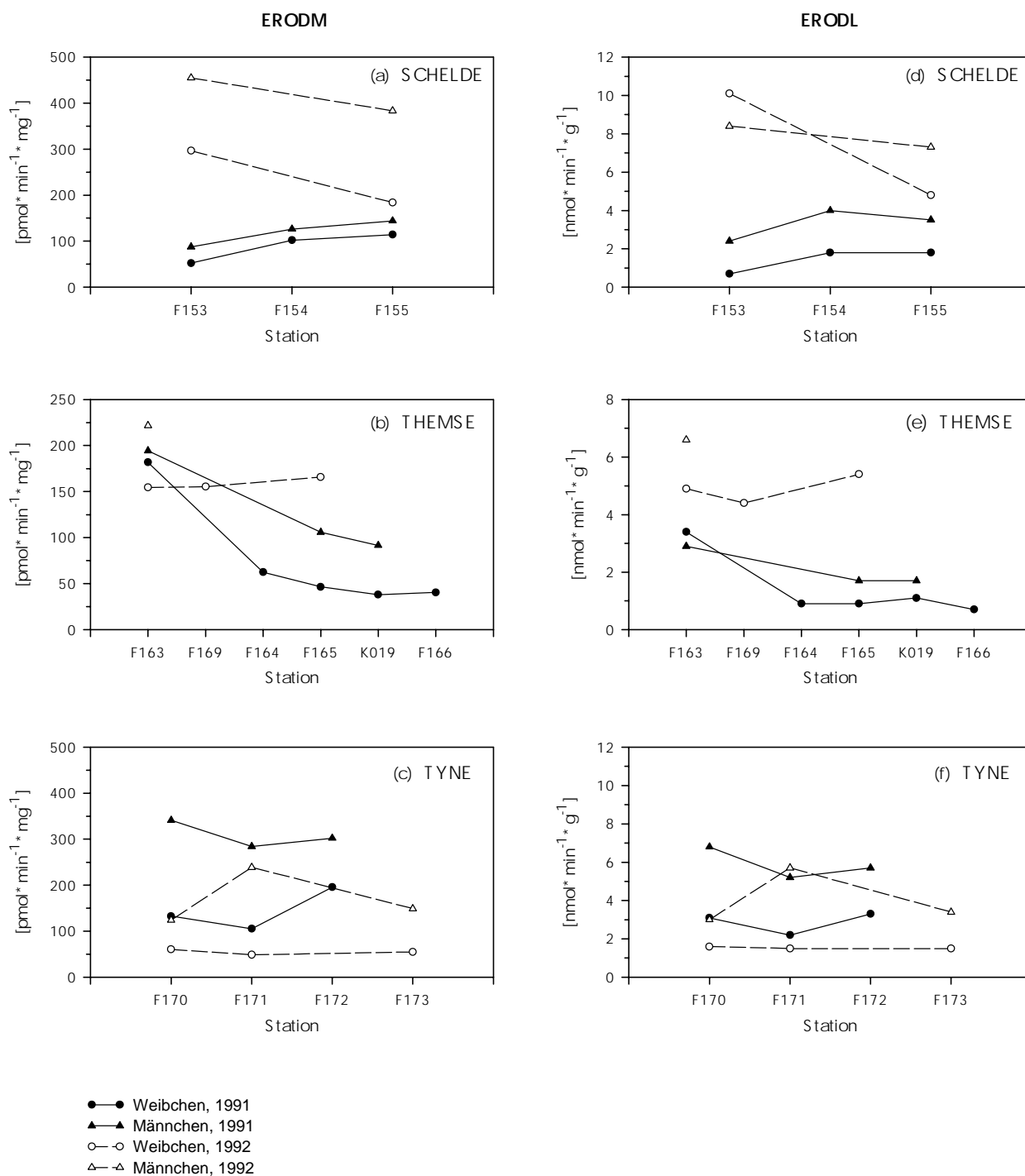
- 1991 befanden sich die meisten Flundern und Klieschen fortpflanzungsphysiologisch in der Ruhephase (RG II).
- 1992 wurden aufgrund der gegenüber 1991 jahreszeitlich früheren Probenahme auch Weibchen und Männchen mit entwickelten Gonaden gefangen.
- Flunderweibchen und -männchen aus dem Tyne fielen in beiden Untersuchungsjahren dadurch auf, dass in den Stichproben die Reifegrade der Gonaden jeweils über mehrere Stufen streuten. Häufiger als in anderen Ästuaren wurden Weibchen und Männchen mit weit entwickelten Gonaden angetroffen, die offensichtlich noch nicht abgelaicht hatten.
- Im Tyne waren die EROD-Aktivitäten von Flunderweibchen negativ mit ihrer Gonadenreife korreliert. Weitere Korrelationen wurden nicht geprüft, weil aufgrund der nur wenig variierenden Gonadenreifen falsch negative oder positive Resultate nicht ausgeschlossen werden konnten.
- Bei Flundermännchen bestand kein korrelativer Zusammenhang zwischen der Höhe ihrer EROD-Aktivitäten dem Reifegrad ihrer Gonaden (drei Stationen geprüft).
- Die EROD-Aktivität von Klieschenweibchen aus Ästuaren war negativ mit der Gonadenreife korreliert.

(6) EROD-Aktivitäten in Abhängigkeit von der Gesamtlänge

- Ein möglicher korrelativer Zusammenhang zwischen der Gesamtlänge der untersuchten Fische und ihrer EROD-Aktivitäten wurde für 77 Stichproben (Stationen) geprüft. Es wurden Flundern und Klieschen nach Geschlecht getrennt berücksichtigt.
- Nur an Station F153 in der Schelde (1991) waren die EROD-Aktivitäten von Weibchen und Männchen im untersuchten Längenbereich 17,0 cm bis 25,0 cm signifikant positiv mit der Gesamtlänge korreliert.



Abbildungen 32a – f: EROD-Aktivitäten von **Fludern** in den Ästuaren von Eider, Elbe und Weser – Darstellung der Medianwerte von Weibchen und Männchen in den Jahren 1991 und 1992; Anordnung der Stationen jeweils von links nach rechts in Fließrichtung (geographische Lage der Stationen siehe Abbildung 3, Abschnitt 2.3)



Abbildungen 33a – f: EROD-Aktivitäten von **Fludern** in den Ästuaren von Schelde, Themse und Tyne – Darstellung der Medianwerte von Weibchen und Männchen in den Jahren 1991 und 1992; Anordnung der Stationen jeweils von links nach rechts in Fließrichtung (geographische Lage der Stationen siehe Abbildung 3, Abschnitt 2.3)

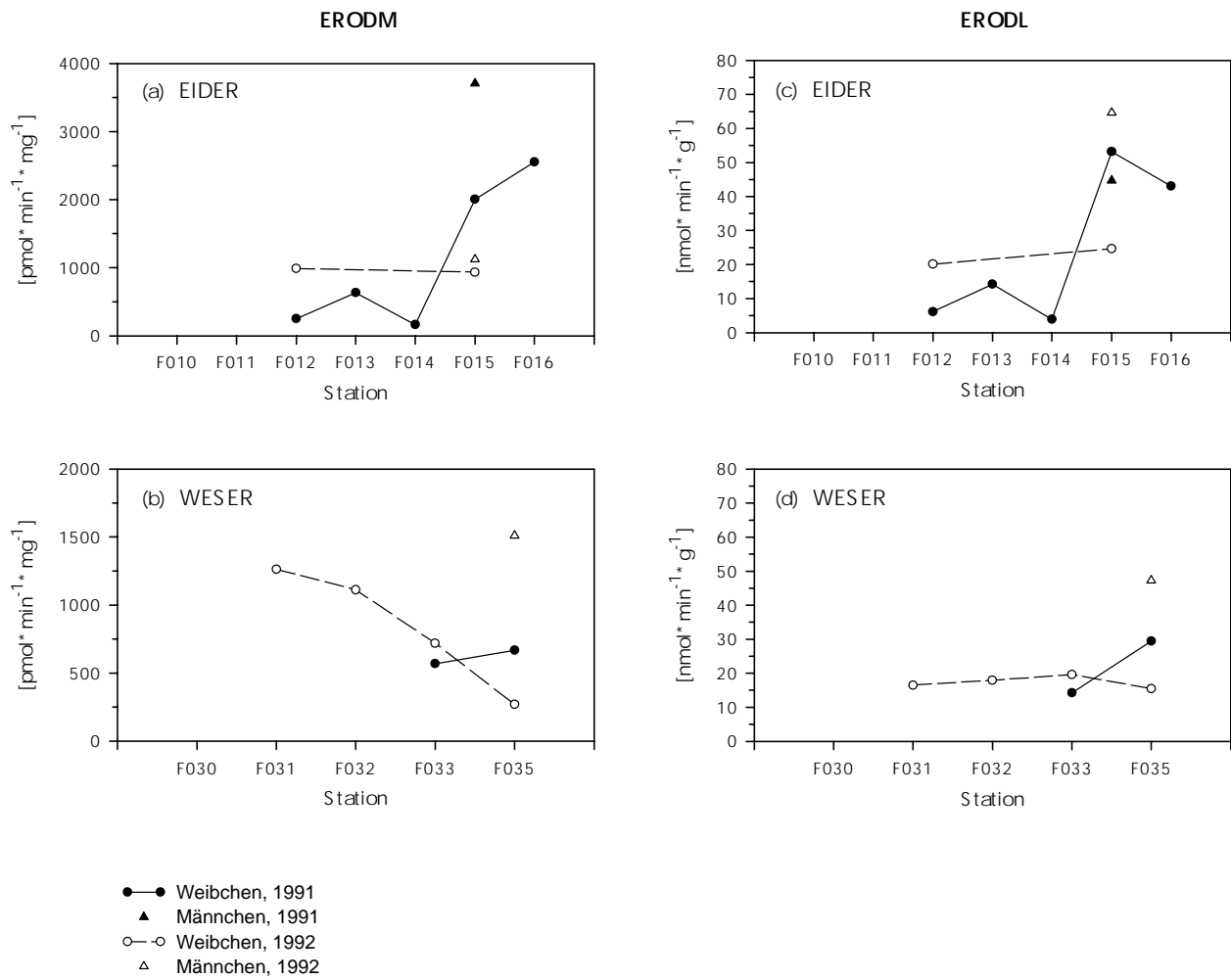


Abbildung 34a – d: EROD-Aktivitäten von **Klieschen** in den Ästuaren von Eider und Weser – Darstellung der Medianwerte von Weibchen und Männchen in den Jahren 1991 und 1992; Anordnung der Stationen jeweils von links nach rechts in Fließrichtung (geographische Lage der Stationen siehe Abbildung 3, Abschnitt 2.3)

Tabelle 49: Zusammenfassung der regionalen Verteilungsmuster der EROD-Medianwerte von Flundern und Klieschen in Ästuaren – Verteilungsmuster (V) in den Ästuaren jeweils unter Berücksichtigung aller Stationen sowie Angabe der Gradienten (G) in Fließrichtung zwischen den jeweils am weitesten voneinander entfernten Stationen

Spezies	Verteilungsmuster der Medianwerte und Richtung der Gradienten																					
	Ästuar	Weibchen				Männchen				Vergleich Weibchen/Männchen												
		EM...EL		EM...EL		EM		EL		EM		EL		EM		EL						
		1991	1992	91...92	91...92	1991	1992	91...92	91...92	1991	1991	1992	1992	1991	1991	1992	1992					
	V	G	V	G	V	G	V	G	V	G	V	G	V	G	V	G						
Flunder																						
Eider	-	↗	+	§	-	↗	-	-	+	↗	+	↘	-	-	-	↗	+	↗	-	-	-	↘
Elbe	+	↗	+	↘	-	-	-	-	+	↗	+	↘	-	-	+	↗	+	↗	-	↘	-	↘
Weser	+	↗	+	↗	-	-	-	-	?		+	↗	?		?		?		+	↗	+	↗
Schelde	+	↗	+	↘	-	-	-	-	+	↗	+	↘	-	-	+	↗	+	↗	+	↘	+	↘
Themse	+	↘	+	↗	-	-	-	-	+	↘	?		?		?		+	↘	+	↘	?	
Tyne	+	↗	+	↘	-	-	-	-	+	↘	+	↗	-	-	-	-	+	#	+	#	-	-
Kliesche																						
Eider	+	↗	+	*)	-	-	-	-	?		?		?		?		?		?		?	
Weser	+	↘	-	↘	-	-	-	-	?		?		?		?		?		?		?	

EM: ERODM-Aktivität

EL: ERODL-Aktivität

EM...EL: Gegenüberstellung der Verteilungsmuster der ERODM- und ERODL-Medianwerte

91...92: Gegenüberstellung der Verteilungsmuster der EROD-Medianwerte aus den Jahren 1991 und 1992

V: Verteilungsmuster (Berücksichtigung aller Stationen)

+: gute Übereinstimmung des Verteilungsmusters der Medianwerte im Flusslängsverlauf

-: keine Übereinstimmung des Verteilungsmusters der Medianwerte im Flusslängsverlauf

§: Eider, Verteilung ähnlich, ERODM: leichter Anstieg, ERODL: unverändert

*) : Eider, Verteilung ähnlich, ERODM: leichter Anstieg, ERODL: leichte Abnahme

#: Verlauf grundsätzlich ähnlich, aber Anstieg bei Weibchen, leichte Abnahme bei Männchen

?: Männchen nur an einer Station untersucht, daher keine Aussage möglich

G: Gradient (Änderung des EROD-Aktivität im Flussverlauf unter Berücksichtigung der beiden jeweils am weitesten voneinander entfernten Stationen)

↗: bezogen auf die am weitesten stromauf untersuchte Station waren die Medianwerte an der am weitesten unterhalb davon gelegenen Station höher

↘: bezogen auf die am weitesten stromauf untersuchte Station waren die Medianwerte an der am weitesten unterhalb davon gelegenen Station niedriger

-: keine Übereinstimmung der Gradienten