

EROD-Aktivitäten in Lebern von Klieschen (*Limanda limanda* L.) aus der Nordsee und Flundern (*Platichthys flesus* L.) aus sieben Nordseezuflüssen

Beitrag zum biologischen Schadstoffeffekt-Monitoring

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde des Fachbereichs Biologie, Chemie, Pharmazie

der Freien Universität Berlin

vorgelegt von

Frank Brauer

Berlin, im Februar 2003

1. Gutachter: Prof. Dr. R. K. Achazi

2. Gutachter: P.D. Dr. J. Ahlers

Tag der Disputation: 09. Mai 2003

Heute mach ick ma nüscht zu Essen,
heute mach ick ma Jedanken.

Wolfgang Neuss

DANKSAGUNG

Ich danke Prof. Dr. Achazi für die Betreuung der Arbeit, der mich trotz meiner beruflichen Unwegsamkeiten nachsichtig begleitet und unterstützt hat.

Dr. J. Ahlers danke ich für die Übernahme des Zweitgutachtens.

Herr U. Seehase hat mir als Mentor Mut gemacht, den Weg zu gehen und das Ziel nicht aus den Augen zu verlieren. Ohne ihn wäre diese Arbeit nicht zu Stande gekommen. Danke dafür.

Ohne die hervorragende Laborarbeit von Erika Trölsch wären die Ergebnisse nicht denkbar gewesen. Erika, dein kritisches und äußerst kompetentes Hinterfragen von Sachverhalten war eine große Bereicherung. Ich habe viel von dir gelernt. Und wir waren auf der „Walther Herwig“ ein hervorragendes Tischtennis-Team!

Bei dir, Jürgen Pluta, bedanke ich mich für die Überlassung des Themas. Du hast mich an die wichtigen Fragestellungen herangeführt und mich meine Untersuchungen frei gestalten lassen.

Katrin, du bist großartig. Du hast mich mit deinen kritischen Kommentaren oft auf die Sprünge gebracht und ausgezeichnete Karten angefertigt. Vor allem hast du mir den Rücken frei gehalten, was für das Gelingen dieser Arbeit einen unermesslichen Wert hat.

Paul und Theo, meine Söhne, ihr hattet zwar fachlich nichts beigesteuert, aber ihr habt mich geerdet. Eure Präsenz hat mich oft auf ein Normalmaß runtergeschraubt. Das Toben mit euch ist ein Luxus.

Mein Dank geht an Christine Podewils, die unermüdlich Proben aufgearbeitet und Daten eingegeben hatte sowie an Sabine Rabau, die mich bei der Dateneingabe unterstützte und die Datenbank der MUDAB fütterte.

Renate, meine DINerin, nach Oskar Maria Graf ist viel Zeit ins Land gegangen, und heute bist du unschlagbar im Redigieren. Bei Susanne bedanke ich mich für die außerordentlich schnellen Textkorrekturen. Bernd, deine PC-Tricks hatten mir sehr geholfen – auch dir sei gedankt.

Das Umweltbundesamt ermöglichte es mir, auch nach Abschluss des FuE-Vorhabens „Fischkrankheiten in der Nordsee“ hinaus, die Labore im Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene zu nutzen und statistische Auswertungen durchzuführen.

Die Schiffsbesatzungen hatten einen großen Anteil am Gelingen der Probenahmen. Ohne sie wären einige Hols nicht möglich gewesen, auch wenn nach manchen Netzzissen an Bord die Luft brannte. Für ihre kooperative Zusammenarbeit möchte ich insbesondere Kapitän Falcke von der „Heincke“ und Kapitän Lührs von der „Uthörn“ danken. Mit ihnen hatte ich phantastische Seefahrten erlebt und gelernt, dass Seemannsgarn ganz real ist.

Ich möchte auch den Besatzungen der gecharterten Kutter danken, die gegenüber dem Anliegen des Forschungsvorhabens immer sehr aufgeschlossen waren. Der Mannschaft des Kutters „Land Wursten“ bin ich sehr verbunden, dass sie einen Netzhaker schnell in den Griff bekamen.

Frau Dr. M. Boethling vom BSH hat mir freundlicherweise Umrisskarten der Nordsee zur Verfügung gestellt.

KURZFASSUNG

In den Jahren 1991 und 1992 wurde an Lebern der Plattfisch-Arten Kliesche (*Limanda limanda* L.) und Flunder (*Platichthys flesus* L.) aus der Nordsee und Flussmündungen die Induktion der Cytochrom-P4501A-(CYP1A)-Monooxygenase durch Messung der katalytischen (EROD-)Aktivität untersucht. Es wurden Leberproben von nahezu 5.000 Fischen von insgesamt 69 verschiedenen Stationen aufgearbeitet. Klieschen wurden in der Nordsee im Gebiet zwischen 51° N und 58° N und Flundern in den Ästuaren von Eider, Elbe, Weser, Schelde (Westerschelde), Themse, Tyne und Firth of Forth untersucht.

Die EROD-Messungen erfolgten an adulten Weibchen und Männchen mit einer Gesamtlänge zwischen 17,0 cm und 25,0 cm und an juvenilen Klieschen (Gesamtlänge \leq 12 cm). Bei der Interpretation der Verteilungsmuster der EROD-Aktivitäten wurden endogene und exogene Einflussgrößen berücksichtigt.

Ein Teil der Untersuchung wurde im Rahmen des Forschungsvorhabens „Fischkrankheiten in der Nordsee“ durchgeführt. In dem Vorhaben wurden u. a. die Konzentrationen verschiedener Organochlorverbindungen in Lebern von Klieschen und Flundern untersucht (s. Landwüst et al. 1996). Diese Ergebnisse werden bei der Interpretation der EROD-Aktivitäten berücksichtigt. Das Konzept des Vorhabens und die angewandten Verfahren entsprachen den Empfehlungen der North Sea Task Force (NSTF) und Joint Monitoring Group (JMG).

Im Januar 1991 und 1992 wiesen Klieschen aus der westlichen Nordsee und südlich der Doggerbank niedrigere EROD-Aktivitäten als in anderen Gebieten auf. Hohe EROD-Aktivitäten wurden im Ekofisk-Ölfeld, in der östlichen Nordsee (Deutsche Bucht und vor Dänemark) sowie stellenweise auf der Doggerbank gemessen. Im Seegebiet zwischen Dänemark und der Doggerbank waren die EROD-Aktivitäten höher als in der inneren Deutschen Bucht. Im August 1991 wiesen Klieschen vor der britischen Ostküste signifikant höhere EROD-Aktivitäten auf als vor der niederländischen und deutschen Küste. Flundern aus Elbe, Schelde und Tyne hatten erhöhte EROD-Aktivitäten. Das räumliche Verteilungsmuster der EROD-Aktivitäten von Flunderweibchen stimmte in mehreren Ästuaren gut mit der Belastung der Lebern mit PCBs (s. Landwüst et al. 1996) überein.

ABSTRACT

In 1991 and 1992 the induction of the cytochrome-P4501A-(CYP1A)-monooxygenase in livers of the flatfish species dab (*Limanda limanda* L.) and flounder (*Platichthys flesus* L.) from the North Sea and several estuaries was investigated by measuring the catalytic (EROD-)activity. Liver samples from approximately 5 000 fish from 69 different sampling sites were prepared. Dab were caught in the North Sea between 51° N and 58° N and flounder in the estuaries of the rivers Eider, Elbe, Weser, Scheldt (Western Scheldt), Thames, Tyne and the Firth of Forth.

EROD activity was measured for adult males and females with a body length between 17,0 cm and 25,0 cm and juvenile dab (length \leq 12 cm). For the purpose of interpreting distribution patterns of EROD activities endogenous and exogenous modifying factors were considered.

Some of the investigations were carried out in the course of the research project „Fish diseases in the North Sea“. By the research project concentrations of organochlorines in livers of dab and flounder were also determined (see Landwüst et al. 1996). These results are taken into account in order to find out relationships between EROD activities and organochlorine contents in the livers. The investigations carried out by the research project were in line with the recommendations of the North Sea Task Force (NSTF) and Joint Monitoring Group (JMG).

In January 1991 and 1992 the EROD activity in dab from the western North Sea and south of Dogger Bank was low in comparison with other areas. High EROD-activities were measured in the Ekofisk oilfield, in the eastern North Sea (German Bight and off Denmark) and in places on the Dogger Bank. Dab from the area between Denmark and Dogger Bank had higher enzyme activities compared with the German Bight. In August 1991, dab from eastern British coastal waters displayed EROD-activities significantly higher than off the Dutch and German coast line. EROD activities in flounders from the estuaries of the Elbe, Scheldt and Tyne were elevated. In several estuaries the spatial distribution pattern of EROD activities in flounder were in correspondence with liver PCB concentrations (see Landwüst et al. 1996).

INHALT

Abkürzungsverzeichnis.....	9	
Abbildungsverzeichnis.....	11	
Tabellenverzeichnis	12	
1	EINLEITUNG	15
1.1	Argumente für die Anwendung von Biomarkern.....	16
1.2	Internationale Vereinbarungen zur Untersuchung biologischer Effekte.....	17
1.3	Cytochrom-P450-Aktivität als Biomarker.....	18
1.4	Gegenstand der Arbeit.....	19
1.5	Untersuchte Fischarten.....	21
2	MATERIAL UND METHODEN.....	22
2.1	Probenahmen – technische Erläuterungen	22
2.1.1	Fischereifahrzeuge und Fangtechnik.....	22
2.1.2	Erfassung nautischer Parameter und Bezeichnung der Stationen.....	22
2.1.3	Erfassung hydrographischer Parameter.....	23
2.2	Probenahmen in der Nordsee	23
2.2.1	Gebietsdefinitionen	27
2.2.2	Stationsnetz und Gebietszuordnungen	27
2.2.3	Vergleichbarkeit der Stationen.....	28
2.3	Probenahmen in Ästuaren	29
2.4	Probengewinnung.....	32
2.4.1	Hälterung der Fische an Bord	32
2.4.2	Auswahl der Fische	32
2.4.3	Längenbereiche	33
2.4.4	Stichprobenumfang und Geschlecht	33
2.4.5	Reifegrad der Gonaden	33
2.4.6	Präparation und Konservierung der Leber	34
2.5	Bestimmung der hepatischen EROD-Aktivität	35
2.5.1	Gewinnung der Mikrosomenfraktion.....	35
2.5.2	Individual- und Mischproben	35
2.5.3	Bestimmung der EROD-Aktivität	37
2.5.4	Proteinbestimmung.....	39
2.6	Statistische Verfahren, graphische Darstellung und verwendete Software	39
2.6.1	Vergleich der Stichproben	40
2.6.2	Zusammenhänge zwischen zwei Reihen von Messwerten.....	41
2.6.3	Darstellung der Messwerte.....	41
2.6.4	Vergleich anhand von Rangzahlen.....	42
2.6.5	Vergleich benachbarter Stationen	43

3	ERGEBNISSE	44
3.1	Nordsee – EROD-Aktivitäten von Klieschen	45
3.1.1	Winter 1991.....	45
3.1.2	Winter 1992.....	58
3.1.3	Sommer 1991 – britische, niederländische und deutsche Küste	72
3.1.4	Abhängigkeit der EROD-Aktivität von der Laichreife	78
3.1.5	Korrelation zwischen EROD-Aktivität und Gesamtlänge	82
3.1.6	Vergleichende Zusammenfassung der Ergebnisse.....	82
3.2	Ästuare	89
3.2.1	EROD-Aktivitäten von Fludern	89
3.2.2	EROD-Aktivitäten von Klieschen.....	117
3.2.3	Gegenüberstellung der EROD-Aktivitäten von Fludern und Klieschen.....	125
3.2.4	Abhängigkeit der EROD-Aktivität von der Laichreife	126
3.2.5	Korrelation zwischen EROD-Aktivität und Gesamtlänge	129
3.2.6	Vergleichende Zusammenfassung der Ergebnisse.....	129
4	DISKUSSION	136
4.1	EROD-Aktivitäten unter Berücksichtigung von Umweltfaktoren	138
4.1.1	Salinität	138
4.1.2	Wassertemperatur.....	139
4.2	EROD-Aktivitäten unter Berücksichtigung endogener Einflussgrößen	145
4.2.1	Reproduktionsstatus der Fische	145
4.2.2	EROD-Aktivität und Gonadenreife.....	148
4.2.3	EROD-Aktivitäten adulter und juveniler Fische.....	150
4.2.4	Berücksichtigung saisonaler Aspekte	153
4.2.5	Schlussfolgerungen	159
4.3	EROD-Aktivitäten unter Berücksichtigung von Schadstoffen	162
4.3.1	Rangzahlen zur Darstellung regionaler Verteilungsmuster von EROD-Aktivitäten und PCB-Konzentrationen	164
4.3.2	Korrelation zwischen EROD-Aktivität und PCB-Belastung	165
4.3.3	Ästuare	166
4.3.4	Nordsee	181
4.4	Schlussbetrachtung und Empfehlungen	190
5	ZUSAMMENFASSUNG.....	197
6	SUMMARY.....	201
7	LITERATURHINWEISE.....	205
Anhang A	statistische Kenngrößen der Stichproben und statistische Prüfergebnisse	219
Anhang B	Angaben zu den Probenahmen und Stationskoordinaten.....	239
Erklärung	245

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

Ah-Rezeptor	Arylhydrocarbon-Rezeptor
BAH	Biologische Anstalt Helgoland
BFA	Bundesforschungsanstalt für Fischerei
BGA	Bundesgesundheitsamt (1993 aufgelöst)
BLMP	Bund-Länder-Messprogramm für die Meeresumwelt von Nord- und Ostsee
BSH	Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie
CKW	Chlorkohlenwasserstoff
CYP	Cytochrom P450
DDT	4,4'-Dichlordiphenyltrichlorethan
Doba	Doggerbank
E	Ost
Eko	Zentrale Nordsee im Norden der Doggerbank, Ekofisk-Ölfeld
ER	endoplasmatisches Retikulum
EROD	7-Ethoxyresorufin-O-Deethylase
ERODL	Menge gebildetes Resorufin pro Minute bezogen auf 1 g Leber [$\text{nmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$]
ERODM	Menge gebildetes Resorufin pro Minute bezogen auf den Proteingehalt (mg) in der Mikrosomenfraktion (ml) [$\text{pmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{mg}^{-1}$]
F	Ästuar-Station (Stationsbezeichnung)
FFS	Fischereiforschungsschiff
FK	Forschungskutter
FS	Forschungsschiff
FuE-Vorhaben	Forschungs- und Entwicklungsvorhaben
G	Erdbeschleunigung
g	Gramm
GSI	$(\text{Gonadengewicht} \cdot \text{Leergewicht}^{-1}) \cdot 100$; (Leergewicht = Körpergewicht ohne Gonaden und Verdauungsorgane)
h	Stunde
HCB	Hexachlorbenzol
HCH	Hexachlorcyclohexan
ICES	International Council for the Exploration of the Sea (Internationaler Rat für Meeresforschung)
IfM	Institut für Meereskunde, Kiel
IUPAC	International Union for Pure and Applied Chemistry
JAMP	OSPARCOM Joint Monitoring and Assessment Programme (Gemeinsames Überwachungs- und Bewertungsprogramm)
JMG	Joint Monitoring Group (Gemeinsame Überwachungsgruppe)
JMP	Joint Monitoring Programme (Gemeinsames Überwachungsprogramm)
K	Küsten-Station (Stationsbezeichnung)
k	Stichprobenumfang im Test nach Wilcoxon, Mann und Whitney (U-Test)
kn	Knoten (nautische Geschwindigkeitsangabe: 1 kn = 1 sm/h = 1,85 km/h)

L _G	Gesamtlänge von Fischen
m _a	Männchen (adult)
m _j	Männchen (juvenil), je Station in einer Poolprobe untersucht
min	Minute (physikalische Einheit)
MMP	Monitoring Master Plan
MPROT	mikrosomales Protein in der Leber [mg • g ⁻¹]
MUDAB	Meeresumwelt-Datenbank
n	Anzahl
N	Nord
NSTF	North Sea Task Force
OCS	Octachlorstyrol
oDoba	östlich der Doggerbank
oN	östliche Nordsee mit Deutscher Bucht und dänischer Küste
OSPARCOM	Oslo-Paris-Commission
P	Poolprobe (Mischprobe) aus n Proben
PAK	polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe
PCB	polychlorierte Biphenyle
PCDD	polychlorierte Dibenzo-1,4-dioxine
PCDF	polychlorierte Dibenzofurane
Q ₁	unteres Quartil (25 %)
Q ₃	oberes Quartil (75 %)
RG	Reifegrad
r _s	Spearman-Rangkorrelationskoeffizient
sDoba	südlich der Doggerbank
sm	Seemeile
sN	südliche Nordsee (niederländische Küste)
T	Nordsee-Station (Stationsbezeichnung)
TBT	Tributylzinn-Verbindungen
TCDD	2,3,7,8-Tetrachlordibenzo-1,4-dioxin (Dioxin)
U/min	Umdrehungen pro Minute
UBA	Umweltbundesamt
W	West
w _a	Weibchen (adult)
w _j	Weibchen (juvenil), je Station in einer Poolprobe untersucht
w _j /m _j	Weibchen und Männchen (juvenil) in einer Poolprobe gemeinsam untersucht
WaBoLu	Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene im BGA (ab 1993 UBA)
wN	westliche Nordsee mit britischer Küste
x _{max}	größter Wert innerhalb einer Stichprobe
x _{min}	kleinster Wert innerhalb einer Stichprobe

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

- Abbildung 1: Geographische Lage der im Januar 1991 und 1992 beprobten Nordsee-Stationen
- Abbildung 2: Geographische Lage der im August 1991 beprobten Nordsee-Stationen (Küsten)
- Abbildung 3: Untersuchte Ästuar- und geographische Lage der Probenahmestellen
- Abbildung 4: Box- und Whisker-Plot
- Abbildungen 5a – c: ERODM-Aktivitäten in Lebern von Klieschen an Nordsee-Stationen im Januar 1991
- Abbildungen 6a – c: ERODL-Aktivitäten in Lebern von Klieschen an Nordsee-Stationen im Januar 1991
- Abbildungen 7a – c: Geographische Verteilungen der ERODM-Aktivitäten von Klieschen dargestellt als Rangzahlen für 16 Nordsee-Stationen, Januar 1991
- Abbildungen 8a – c: Prozentuale Unterschiede zwischen den EROD-Aktivitäten adulter und juveniler Klieschen an Nordsee-Stationen im Januar 1991
- Abbildungen 9a – c: ERODM-Aktivitäten in Lebern von Klieschen an Nordsee-Stationen im Januar 1992
- Abbildungen 10a – c: ERODL-Aktivitäten in Lebern von Klieschen an Nordsee-Stationen im Januar 1992
- Abbildungen 11a – d: Geographische Verteilungen der ERODM-Aktivitäten von Klieschen dargestellt als Rangzahlen für 8 Nordsee-Stationen, Januar 1992
- Abbildungen 12a – c: Prozentuale Unterschiede zwischen den EROD-Aktivitäten adulter und juveniler Klieschen an Nordsee-Stationen im Januar 1992
- Abbildungen 13a – c: Prozentuale Unterschiede zwischen den EROD-Aktivitäten adulter und juveniler Klieschen an Nordsee-Stationen im Januar 1992
- Abbildungen 14a – d: EROD-Aktivitäten in Lebern adulter Klieschen an Nordsee-Stationen (Küsten-Stationen) im August 1991
- Abbildung 15: Prozentuale Unterschiede zwischen den EROD-Aktivitäten adulter Klieschenweibchen und -männchen an Küsten-Stationen vor Großbritannien im August 1991
- Abbildungen 16a – d: EROD-Aktivitäten von Flundern aus der Eider im Jahr 1991
- Abbildungen 17a – d: EROD-Aktivitäten von Flundern aus der Eider im Jahr 1992
- Abbildungen 18a – d: EROD-Aktivitäten von Flundern aus der Elbe im Jahr 1991
- Abbildungen 19a – d: EROD-Aktivitäten von Flundern aus der Elbe im Jahr 1992
- Abbildungen 20a – d: EROD-Aktivitäten von Flundern aus der Weser im Jahr 1991
- Abbildungen 21a – d: EROD-Aktivitäten von Flundern aus der Weser im Jahr 1992
- Abbildungen 22a – d: EROD-Aktivitäten von Flundern aus der Schelde im Jahr 1991
- Abbildungen 23a – d: EROD-Aktivitäten von Flundern aus der Schelde im Jahr 1992
- Abbildungen 24a – d: EROD-Aktivitäten von Flundern aus der Themse im Jahr 1991
- Abbildungen 25a – d: EROD-Aktivitäten von Flundern aus der Themse im Jahr 1992
- Abbildungen 26a – d: EROD-Aktivitäten von Flundern aus dem Tyne im Jahr 1991
- Abbildungen 27a – d: EROD-Aktivitäten von Flundern aus dem Tyne im Jahr 1992

Abbildungen 28a – d:	EROD-Aktivitäten von Klieschen aus der Eider im Jahr 1991
Abbildungen 29a – d:	EROD-Aktivitäten von Klieschen aus der Eider im Jahr 1992
Abbildungen 30a, b:	EROD-Aktivitäten von Klieschen aus der Weser im Jahr 1991
Abbildungen 31a – d:	EROD-Aktivitäten von Klieschen aus der Weser im Jahr 1992
Abbildungen 32a – f:	EROD-Aktivitäten von Flundern in den Ästuaren von Eider, Elbe und Weser – Darstellung der Medianwerte von Weibchen und Männchen in den Jahren 1991 und 1992
Abbildungen 33a – f:	EROD-Aktivitäten von Flundern in den Ästuaren von Schelde, Themse und Tyne – Darstellung der Medianwerte von Weibchen und Männchen in den Jahren 1991 und 1992
Abbildungen 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

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1:	Probenahmen in der Nordsee in den Jahren 1991 und 1992
Tabelle 2:	Zuordnung der beprobten Nordsee-Stationen zu NSTF-Gebieten
Tabelle 3:	Probenahmen in Ästuaren in den Jahren 1991 und 1992
Tabelle 4:	Reifegrade der Gonaden von Fischen
Tabelle 5:	Aufarbeitung von Leberproben zur Bestimmung der EROD-Aktivität
Tabelle 6:	Anzahl beprobte Stationen und untersuchte Leberproben je Untersuchungsjahr
Tabelle 7:	EROD-Aktivitäten von adulten und juvenilen Klieschen aus der Nordsee im Januar 1991 ausgedrückt als Rangzahlen
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)
Tabelle 9:	Gegenüberstellung der EROD-Aktivitäten von Klieschen an benachbarten Nordsee-Stationen im Januar 1991
Tabelle 10:	Gegenüberstellung der EROD-Aktivitäten von adulten Klieschenweibchen und -männchen an Nordsee-Stationen im Januar 1991 (U-Test)
Tabelle 11:	EROD-Aktivitäten von adulten und juvenilen Klieschen an Nordsee-Stationen im Januar 1992 ausgedrückt als Rangzahlen
Tabelle 12:	EROD-Aktivitäten juveniler Klieschen an Nordsee-Stationen im Januar 1992 ausgedrückt als Rangzahlen
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)
Tabelle 14:	Gegenüberstellung der EROD-Aktivitäten von Klieschen an benachbarten Nordsee-Stationen im Januar 1992

Tabelle 15:	Gegenüberstellung der EROD-Aktivitäten von adulten Klieschenweibchen und -männchen an Nordsee-Stationen im Januar 1992 (U-Test)
Tabelle 16:	EROD-Aktivitäten von adulten Klieschen an Küsten-Stationen im August 1991 ausgedrückt als Rangzahlen
Tabelle 17:	Gegenüberstellung der EROD-Aktivitäten von Klieschen an benachbarten Küsten-Stationen im August 1991
Tabellen 18a – d:	Reifegrade der Gonaden von Klieschen an Nordsee-Stationen im Januar
Tabellen 19a, b:	Reifegrade der Gonaden von Klieschen an Küsten-Stationen im August 1991
Tabellen 20a, b:	Korrelationen zwischen EROD-Aktivität und Reifegrad der Ovarien bei Klieschenweibchen aus der Nordsee (Spearman-Rangkorrelation)
Tabellen 21a, b:	EROD-Aktivitäten von adulten und juvenilen Klieschen an sieben Nordsee-Stationen im Januar 1991 und 1992 ausgedrückt als Rangzahlen
Tabelle 22:	Korrelationen der geographischen EROD-Verteilungen adulter und juveniler Klieschen jeweils für sieben Nordsee-Stationen (Spearman-Rangkorrelation)
Tabellen 23a, b:	Gegenüberstellung der EROD-Aktivitäten von Klieschen aus der Nordsee im Januar 1991 und 1992 nach Geschlecht getrennt
Tabelle 24:	EROD-Aktivitäten von adulten und juvenilen Klieschen aus der Nordsee – kleinster und größter Medianwert je Gruppe
<i>Eider, Flundern:</i>	
Tabellen 25a – d:	Änderungen der EROD-Aktivitäten zwischen Stationen
Tabelle 26:	Gegenüberstellung der EROD-Aktivitäten von Weibchen und Männchen
Tabelle 27:	Gegenüberstellung der EROD-Aktivitäten der Jahre 1991 und 1992
<i>Elbe, Flundern:</i>	
Tabellen 28a – d:	Änderungen der EROD-Aktivitäten zwischen Stationen
Tabelle 29:	Gegenüberstellung der EROD-Aktivitäten von Weibchen und Männchen
Tabelle 30:	Gegenüberstellung der EROD-Aktivitäten der Jahre 1991 und 1992
<i>Weser, Flundern:</i>	
Tabellen 31a – c:	Änderungen der EROD-Aktivitäten zwischen Stationen
Tabelle 32:	Gegenüberstellung der EROD-Aktivitäten von Weibchen und Männchen
Tabelle 33:	Gegenüberstellung der EROD-Aktivitäten der Jahre 1991 und 1992
<i>Schelde, Flundern:</i>	
Tabellen 34a – d:	Änderungen der EROD-Aktivitäten zwischen Stationen
Tabelle 35:	Gegenüberstellung der EROD-Aktivitäten von Weibchen und Männchen
Tabelle 36:	Gegenüberstellung der EROD-Aktivitäten der Jahre 1991 und 1992
<i>Themse, Flundern:</i>	
Tabellen 37a – c:	Änderungen der EROD-Aktivitäten zwischen Stationen
Tabelle 38:	Gegenüberstellung der EROD-Aktivitäten von Weibchen und Männchen
Tabelle 39:	Gegenüberstellung der EROD-Aktivitäten der Jahre 1991 und 1992
<i>Tyne, Flundern:</i>	
Tabellen 40a – d:	Änderungen der EROD-Aktivitäten zwischen Stationen
Tabelle 41:	Gegenüberstellung der EROD-Aktivitäten von Weibchen und Männchen
Tabelle 42:	Gegenüberstellung der EROD-Aktivitäten der Jahre 1991 und 1992

Tabellen 43a, b:	Klieschen vor der Eider-Mündung – Änderungen der EROD-Aktivitäten zwischen Stationen
Tabelle 44:	Klieschen vor der Eider-Mündung – Gegenüberstellung der EROD-Aktivitäten der Jahre 1991 und 1992
Tabellen 45a, b:	Klieschen in der Weser – Änderungen der EROD-Aktivitäten zwischen Stationen
Tabelle 46:	Gegenüberstellung der EROD-Aktivitäten von Klieschen und Flundern aus verschiedenen Ästuaren
Tabellen 47a – d:	Reifegrad der Gonaden von Flundern an Ästuar-Stationen
Tabellen 48a, b:	Reifegrad der Gonaden von Klieschen an Ästuar-Stationen
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
Tabelle 50:	Zusammenhang zwischen der Wassertemperatur am Grund zum Zeitpunkt der Probenahme und der mittleren EROD-Aktivität von Klieschen in der Nordsee
Tabelle 51:	EROD-Aktivitäten von Klieschen in der Deutschen Bucht bei Helgoland und südlichen Nordsee – Literaturangaben und eigene Messwerte
Tabelle 52:	Regionale Verteilung der PCB-Belastungen und EROD-Aktivitäten von Flunderweibchen im Längsverlauf der Elbe, dargestellt anhand von Rangzahlen für die Jahre 1991 und 1992
Tabelle 53:	Regionale Verteilung der PCB-Belastungen und EROD-Aktivitäten von Flunderweibchen im Längsverlauf der Weser, dargestellt anhand von Rangzahlen für das Jahr 1992
Tabelle 54:	Regionale Verteilung der PCB-Belastungen und EROD-Aktivitäten von Flunderweibchen im Längsverlauf der Schelde, dargestellt anhand von Rangzahlen für das Jahr 1992
Tabelle 55:	Regionale Verteilung der PCB-Belastungen und EROD-Aktivitäten von Flunderweibchen im Längsverlauf der Themse, dargestellt anhand von Rangzahlen für die Jahre 1991 und 1992
Tabelle 56:	Regionale Verteilung der PCB-Belastungen und EROD-Aktivitäten von Flunderweibchen im Längsverlauf des Tyne, dargestellt anhand von Rangzahlen für die Jahre 1991 und 199
Tabellen 57a, b:	Geographische Verteilung der PCB-Belastungen und EROD-Aktivitäten von Klieschenweibchen aus der Nordsee, dargestellt anhand von Rangzahlen für die Jahre 1991 und 1992
Tabellen 58a, b:	Geographische Verteilung der PCB-Belastungen und EROD-Aktivitäten von Klieschenmännchen aus der Nordsee, dargestellt anhand von Rangzahlen für die Jahre 1991 und 1992

ERKLÄRUNG

Ich versichere, dass ich die vorliegende Dissertation selbstständig angefertigt und die benutzten Quellen und Hilfsmittel vollständig angegeben habe. Ich versichere außerdem, dass diese Dissertation noch keiner anderen Fakultät oder Universität zur Prüfung vorgelegen hat und dass sie, abgesehen von den unten angegebenen Teilpublikationen, noch nicht veröffentlicht worden ist.

F. Brauer

Berlin, im Februar 2003

Teilpublikationen:

- Brauer, F., H.-J. Pluta, E. Trölsch (1994): Untersuchung zur Biotransformation in der Fischleber (Entgiftungsaktivität der mischfunktionellen Oxidasen, MFO). Abschlussbericht Teilvorhaben 3 im FuE-Vorhaben „Fischkrankheiten in der Nordsee“, UFOPLAN-Nr. 10603900/03.
- Landwüst, C. von, K. Anders, U. Ballin, F. Brauer, P. Cameron, J. Cordt, V. Dethlefsen, S. Holst, A. Köhler-Günther, R. Kruse, K. Lee, H. Möller, M. Momme, N. von Neuhoff, H.-J. Pluta, W. Scharenberg, K. Söffker, N. Weis (1996): Fischkrankheiten in der Nordsee. Umweltbundesamt (Hrsg.), Texte 57/96.