© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

Planung von Fischtoxizitätstests mit Hilfe der Fiducialintervallänge

W. KRONER

1. Einleitung und Problemstellung

Im Fischtest wird die Wirkung gewisser Konzentrationen eines Wasserinhaltsstoffes auf Fische untersucht. Jene Konzentration eines Wasserinhaltsstoffes, bei der gerade die Hälfte der ausgesetzten Versuchstiere getötet wird, wird LC 50-Konzentration genannt; sie stellt ein weitverbreitetes Maß für die Toxizität dar. Gegenüber anderen Konzentrationsniveaus besitzt die LC 50-Konzentration den Vorzug, daß eine brauchbare Genauigkeit mit erträglichem experimentellen Aufwand erreicht werden kann. In den herkömmlichen Testverfahren[1)] werden zu ihrer Bestimmung gleichzeitig k ($k \geq 2$) Konzentrationsniveaus untersucht, und zwar werden pro Konzentrationsniveau jeweils n_i Fische der Konzentration x_i ausgesetzt und die Anzahl r_i getöteter Fische gezählt ($i = 1, \quad k$). Aus den so erhaltenen Ergebnissen kann der Maximum Likelihood Schätzer für die LC 50-Konzentration rechnerisch oder graphisch mittels Probittransformation ermittelt werden (siehe z.B. FINNEY).

Bei der Durchführung eines solchen Testverfahrens stellt sich die Frage, wie viele und welche Konzentrationen untersucht werden sollen und weiters, wieviele Fische bei den einzelnen Konzentrationen eingesetzt werden sollen.

1) Damit sind alle nicht sequentiellen Testverfahren gemeint.

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

Nach Intuition ist es klar, daß die Antwort auf diese Frage in Zusammenhang mit der geforderten Genauigkeit des Testergebnisses sowie der Anzahl der zur Verfügung stehenden Fische zu sehen ist. Die Vielzahl der Einflußgrößen stellt eine Schwierigkeit für die theoretische Abhandlung dieser Frage dar, daher beruhen die zu dieser Frage in der Literatur spärlich vorliegenden Überlegungen auf rechnerischer Auswertung anstatt auf theoretischen Überlegungen.

2. Ergebnisse nach FINNEY

Als Gütekriterium für die Planung von Testverfahren zur LC 50-Bestimmung verwendet FINNEY die Länge des Fiducialintervalls. Die Formel für die Fiducialintervallänge läßt erkennen, daß die Fiducialintervallänge bei steigender Gesamtzahl von Testtieren abnimmt; und zwar erfolgt diese Abnahme im Verhältnis mindestens so stark, wie $1/\sqrt{N}$ im Verhältnis bei steigender Gesamtzahl N von Testtieren abnimmt.

Die weiteren Überlegungen basieren auf Berechnungen der Fiducialintervallänge in Versuchsanordnungen mit lediglich zwei oder drei Konzentrationsniveaus und gleich großer Anzahl von Testtieren auf jedem Konzentrationsniveau. Zur Vereinfachung wird angenommen, daß die untersuchten Konzentrationsniveaus symmetrisch zum tatsächlichen LC 50-Wert liegen. Von der Wahl der einzelnen Konzentrationen hängt nun die Länge des Fiducialintervalls ab, dabei werden die Konzentrationen durch den zu erwartenden (tatsächlichen) Anteil getöteter Testfische beschrieben.

Aus den berechneten Werten für die Fiducialintervallänge wird abgeleitet, wie die einzelnen Konzentrationen je nach

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

Gesamtzahl der Testtiere gewählt werden soll, um eine möglichst kleine (95 %-)Fiducialintervallänge für den LC 50-Wert zu erhalten.

Die Konzentrationen sollten eine Wirkung auf die Testtiere gemäß der im folgenden angegebenen prozentuellen Anteile getöteter Testtiere aufweisen:

Proz.Anteile getöteter Testtiere	2 Konzentrationsniveaus		3 Konzentrationsniveaus		
Gesamtzahl der Testtiere = 18	15	85	10	50	90
90	25	75	20	50	80
450	35	65	30	50	70

Aus den angegebenen Werten folgert FINNEY, daß bei geringerer Anzahl von Testtieren der Abstand zwischen den Konzentrationsniveaus größer zu wählen ist.

Aus den Berechnungen wird weiters abgeleitet, daß bei steigender Anzahl von Konzentrationsniveaus die minimale Fiducialintervallänge zwar leicht zunimmt, gleichzeitig aber auch die Toleranz gegenüber nicht optimal gewählten Konzentrationen größer wird. Mit anderen Worten: Eine größere Zahl von Konzentrationsniveaus erleichtert die Auswahl günstiger Konzentrationen.

3. Berechnung der Fiducialintervallänge

Um weitere Entscheidungshilfen für die Planung von Toxizitätstests zu erhalten, wird die Fiducialintervalllänge unter verschiedenen konkreten Annahmen errechnet. Folgende Voraussetzung wird für die Ermittlung des Maximum Likelihood Schätzers der LC 50-Konzentration getroffen: Die Verhältniszahlen getöteter Fische folgen,

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

aufgetragen auf der Abszissenachse mit logarithmierter Konzentration als Skala, einer Normalverteilung (siehe z.B. FINNEY, WEBER). Dies ist der Grund dafür, daß die Konzentrationen als geometrische Reihe gewählt werden. Weiters werden bei den verschiedenen Konzentrationen einer Versuchsanordnung jeweils gleich viele Fische verwendet so kann die Anzahl der möglichen Versuchsanordnungen eingeschränkt und die Berechnung erleichtert werden.

Die Versuchsergebnisse sind frei gewählt mit dem Ziel, die Genauigkeit der LC 50-Bestimmung bei verschiedenen Versuchsanordnungen zu vergleichen.

Es werden berechnet:

- der Maximum Likelihood Schätzer (m) für die LC 50-Konzentration
- das 95 %-Fiducialintervall (I) und
- die Länge des 95 %-Fiducialintervalls (l %), bezogen auf den Maximum Likelihood Schätzer für die LC 50-Konzentration (siehe z.B. FINNEY).

Das Maximum der Likelihood-Funktion wurde iterativ mit einem programmierbaren Taschenrechner TI 59, unterstützt durch den Standard Softwaremodul, errechnet.

9 KONZENTRATIONEN

Versuchsanlage und Versuchsergebnis											Berechnung		
Anzahl d. Fische pro Konzentration	Gesamtzahl d.verwend. Fische	Anzahl toter Fische bei den Konzentrationen 200	229	263	302	346	397	456	523	600	m	I	l %
15	135	0	0	0	6	12	9	15	15	15	334	315-355	12
15	135	0	2	5	7	12	9	14	15	15	312	289-337	15
10	90	0	0	0	1	8	7	10	10	10	344	321-368	14
10	90	0	1	3	5	7	8	9	10	10	311	284-340	18
7	63	0	0	0	3	6	5	7	7	7	326	297-357	18
7	63	0	1	1	2	3	4	5	6	7	364	319-415	26
5	45	0	0	0	2	4	3	5	5	5	334	297-376	24
5	45	0	1	3	2	3	4	4	5	5	304	257-360	34
3	27	0	0	0	2	1	2	3	3	3	339	283-405	36
3	27	0	0	0	1	0	0	2	3	3	420	346-510	39
3	27	0	1	2	1	1	2	1	3	3	335	224-501	83

5 KONZENTRATIONEN

Versuchsanlage und Versuchsergebnis							Berechnung		
Anzahl d. Fische pro Konzentration	Gesamtzahl d.verwend. Fische	Anzahl toter Fische bei den Konzentrationen 200	263	346	456	600	m	I	l %
15	75	0	6	12	15	15	287	261-315	19
10	50	0	3	8	10	10	294	261-331	24
7	35	0	2	5	7	7	302	258-353	31
5	25	0	2	4	5	5	287	232-355	43
3	15	0	1	2	2	3	332	209-527	96

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

4. Diskussion

Die Rechenergebnisse der Fiducialintervallänge demonstrieren, daß die Genauigkeit der LC 50-Bestimmung mit steigender Anzahl von Fischen pro Aquarium zunimmt.

Ein Vergleich zwischen den Versuchsanlagen mit jeweils fünf und den Versuchsanlagen mit jeweils neun Fischen pro Aquarium zeigt wie erwartet, daß auch durch eine größere Zahl von Konzentrationsstufen eine Steigerung der Genauigkeit erreicht wird. Führt man diesen Vergleich der Zahl der Konzentrationsstufen aufgrund der Gesamtzahl der verwendeten Fische durch, so erkennt man, daß man - bei gleichbleibender Gesamtzahl der verwendeten Fische - eine größere Genauigkeit bei fünf Konzentrationsstufen als bei neun Konzentrationsstufen erreicht. Dazu wird bemerkt, daß die größere Genauigkeit bei fünf Konzentrationsstufen mit der größeren Schwierigkeit verbunden ist, einige der fünf (anstatt einige der neun) Konzentrationsstufen im LC 50-Bereich günstig zu wählen.

Den angeführten Überlegungen zur Genauigkeit liegt das Modell der Log-Normalverteilung zugrunde, d.h. nach Logarithmieren der Konzentrationen sollten die Ausfallsraten bei den einzelnen Konzentrationen einer Normalverteilung folgen. Diese Voraussetzung ist unter gleichartigen Testbedingungen gut erfüllt. Bedenkt man jedoch, daß auf ein Testergebnis zusätzliche Einflußgrößen wirken, welche durch Wasser (physikalische und chemische Beschaffenheit), Fische (Herkunft, Anpassung, Konstitution), Untersuchungsbedingungen (Aquarien, Licht u.a.) und schließlich auch durch den Ausführenden des Versuches gegeben sind, so erkennt man, daß Genauigkeitsanforderungen in der Praxis nur bis zu einer bestimmten Grenze berechtigt sind.

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

Diesbezügliche Erfahrungen der Bundesanstalt für Wassergüte ermöglichen es, aus der Tabelle der Fiducialintervallänge folgendes abzuleiten:

Eine Versuchsanordnung ist anzustreben, bei der mindestens drei Konzentrationsstufen in einem Bereich um den LC 50-Wert liegen, in dem die verwendeten Fische teils getötet werden; dieser Bereich kann durch einen Vorversuch abgesteckt werden. Mit derartig gewählten Konzentrationsniveaus ist der LC 50-Wert bereits ab einer Anzahl von fünf Fischen pro Aquarium mit ausreichender Genauigkeit bestimmbar.

5. Zusammenfassung

Versuchspläne für die Bestimmung von LC 50-Werten in Fischtoxizitätstests werden unter folgenden Zielsetzungen überprüft: Bei gegebener Anzahl von Fischen soll der LC 50-Wert mit größtmöglicher Genauigkeit bestimmt werden können; die Genauigkeit soll innerhalb zweckentsprechender Grenzen liegen. Den Überlegungen FINNEYs zur Länge des Fiducialintervalls bei zwei und drei Konzentrationsniveaus schließen sich Berechnungen der Fiducialintervallänge bei fünf und neun Konzentrationsniveaus an. Es wird die Durchführung eines Vorversuches und die Verwendung von mindestens fünf Fischen pro Aquarium empfohlen.

Literatur:

FINNEY, D.J. (1971): Probit analysis.- Cambridge University Press

WEBER, E. (1980): Grundriß der Biologischen Statistik.- VEB Gustav Fischer Vlg., Jena.

Anschrift des Verfassers: Koär Mag.Dr. Wilhelm KRONER, Bundesanstalt für Wassergüte, Schiffmühlenstr. 120, A-1223 W i e n

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Wasser und Abwasser

Jahr/Year: 1985

Band/Volume: 1984

Autor(en)/Author(s): Kroner Wilhelm

Artikel/Article: Planung von Fischtoxizitätstests mit Hilfe der Fiducialintervallänge 23-29