

Computersimulationen in der Fischökologie: nur etwas für Spezialisten?

Computer modeling in fish ecology: just for the specialists?

Werner Dönni¹ & Carole Enz²

¹AquaPlus, Gewebestrasse 5a, CH-6314 Unterägeri
email: werner.doenni@aquaplus.ch

²EAWAG/ETH, Forschungszentrum für Limnologie, Seestrasse 79,
CH-6047 Kastanienbaum, email: carole.enz@eawag.ch

Zusammenfassung: Ökologische Systeme sind meist sehr komplex. Um zu einem besseren Verständnis zu kommen sind wir gezwungen Modelle zu entwickeln. Die modellhafte Erstellung dynamischer Systeme ist heute dank des Computers und moderner Software relativ einfach zu bewerkstelligen. Anhand von drei Beispielen aus den Bereichen Fischökologie und Fischereibiologie werden die Vorzüge von Simulationsmodellen aber auch deren Grenzen näher erläutert.

Die gesetzliche Bestimmung der Schweiz verlangen, daß sich die Wassertemperatur als Folge einer Einleitung in ein Fließgewässer maximal um 1.5 °C ändern darf. Um die Auswirkungen einer Einleitung von thermisch genutztem Wasser in einen Forellenbach zu untersuchen, wurde ein Modell erstellt, das die Entwicklung der mittleren Wassertemperatur des betroffenen Baches unterhalb der Einleitstelle simuliert. Verschiedene realistische Szenarien mit unterschiedlichen Abflüßmengen im Bach und verschiedenen Temperaturen des eingeleiteten Grundwassers haben gezeigt, daß bei einer Erwärmung des Grundwassers um maximal 12 °C auch unter extremen Bedingungen (Niederwasserabfluß im Bach, hohe Temperatur des gepumpten Grundwassers) die Gesetzesvorschriften jederzeit eingehalten werden.

Das Simulationsmodell SIMCOR wurde entwickelt, um einige der Prozesse zu verstehen und zu quantifizieren, die den Bestand der Kleinfelchen (*Coregonus* sp.) im Vierwaldstättersee (Schweiz) beeinflussen. SIMCOR simuliert die Fangentwicklung und die Bestandesentwicklung der Felchen in Abhängigkeit der Wassertemperatur, des Phosphorgehaltes im Seewasser und der Maschenweite, welche die Berufsfischerei für ihre Netze einsetzt. Die Validierung des Modells erfolgte mit den Daten aus der Ertragsstatistik und Angaben über die Jahrgangsstärken. Durch die Veränderung der Input-Variablen können verschiedene Szenarien simuliert werden. Man erhält dabei Informationen über die bisherige und mögliche zukünftige Entwicklung des Bestands und des Fangs an Kleinfelchen im Vierwaldstättersee. Desweiteren simuliert SIMCOR die Entwicklung der jährlichen Fänge, aufgeschlüsselt nach den einzelnen Altersklassen.

Ein Simulationsmodell wurde erstellt, um die Mortalitätsfaktoren zu eruieren, welche die Jahrgangsstärke und den Fangertrag der Felchen im Hallwilersee (Schweiz) beeinflussen. Wir benutzten die Besatzzahlen und das Durchschnittsalter der Felchen im Fang als Input-Variablen, während die Ertragsstatistik und Angaben über die Jahrgangsstärken dazu benutzt wurden, das Modell zu validieren. Die Resultate deuten darauf hin, daß die Wettersituation im Mai sowohl Jahrgangsstärke als auch Fangertrag negativ beeinflussen können. Dies unterstützt die Hypothese, dass Sauerstoffübersättigung als Folge von starker Photosyntheseaktivität von Algen bei sonnigem Wetter das tödliche Gasblasensyndrom bei Felchenlarven auslöst. Darüberhinaus zeigt das Modell, dass starke Jahrgänge mit hohen Phyllopoden-Dichten im Mai zusammenfallen.

Schlüsselwörter: Modell, Simulation, Populationsdynamik, Fischerei, *Coregonus*

Summary: Ecological systems are often very complex in structure. To draw an analogy we have to develop models. Today's computers and modern software allow modeling of dynamic systems quite easily. The advantages and limitations of computer modeling are described using three examples dealing with fish ecology and fisheries.

Under the Swiss law the water temperature of a stream should not change more than 1.5 °C as a result of a discharge. A model was developed to investigate the effects of a discharge of thermally used groundwater into a trout stream. The model simulates the development of the mean water temperature downstream from the discharge place. Several realistic scenarios with different stream flows and temperatures of the discharged groundwater showed that a warming of the groundwater by 12 °C is legal even under extreme conditions (low water flow in the stream, high temperature of the pumped groundwater).

The simulation model SIMCOR is used to understand and quantify some of the processes that influence the whitefish (*Coregonus* sp.) stock in Lake Lucerne (Switzerland). SIMCOR simulates the development of the catch and the stock of whitefish using water temperature, phosphorus concentration of the lakewater and the meshsize of the nets used by professional fishermen. The model was validated using data on annual whitefish catch and year-class strength. Different scenarios, simulated by changing the input variables, provided information about the previous and the possible future developments of the stock and the commercial catch of whitefish in Lake Lucerne. Additionally SIMCOR simulates the development of the annual catch according to the individual year-classes.

A population dynamic model was used to evaluate mortality factors determining year-class strength and yield of whitefish (*Coregonus* sp.) in Lake Hallwil (Switzerland). We used the number of whitefish larvae stocked annually and the mean age of gillnetted whitefish as input variables, while data on annual whitefish yield and year-class strength were used to validate the model. Our modeling results indicated that the weather situation in May negatively influenced year-class strength and yield. Thus, it sustained our hypothesis that gas supersaturation, resulting from intensive oxygen production by algae during sunny weather in spring, caused lethal gas bubble syndrome in Lake Hallwil whitefish larvae. Our modeling results further indicated that high phytoplankton densities in May were associated with strong year classes.

Key words: model, simulation, population dynamic, fisheries, *Coregonus*

1. Einleitung

„Unser Einfluß auf ökologische Systeme ist derart gravierend geworden, daß nachteilige Auswirkungen nicht mehr ignoriert werden können. Der Optimismus, reparierend eingreifen zu können, schwindet zusehends. Unserer Fähigkeit, Ursache und Wirkung zu erkennen und zu beeinflussen, trauen wir immer weniger. Aber statt zu resignieren, sollten wir lernen zu verstehen, wie die einzelnen Elemente eines dynamischen Systems zusammenspielen. Nur dann können wir gezielt Einfluß nehmen. Vernetztes Denken ist gefragt, um nicht weiterhin durch

die Vielzahl von Details erdrückt zu werden und dabei den Wald vor lauter Bäumen nicht zu sehen. Etwas vom Sinnvollsten, was wir tun können: experimentieren mit Computermodellen“ (Hannon und Ruth 1997, Vorwort, Übersetzung vom Verfasser).

Ökologische Systeme sind meist derart komplex, daß wir Mühe haben, sie im Detail zu verstehen. Wir sind gezwungen die Wirklichkeit auf Modellvorstellungen zu reduzieren. Diese Modelle existieren zuerst als Denkmodelle (modellhafte Vorstellung der Zusammenhänge) in unseren Köpfen. Den Weg auf das Papier finden sie vor allem in der Form von Flußdiagram-