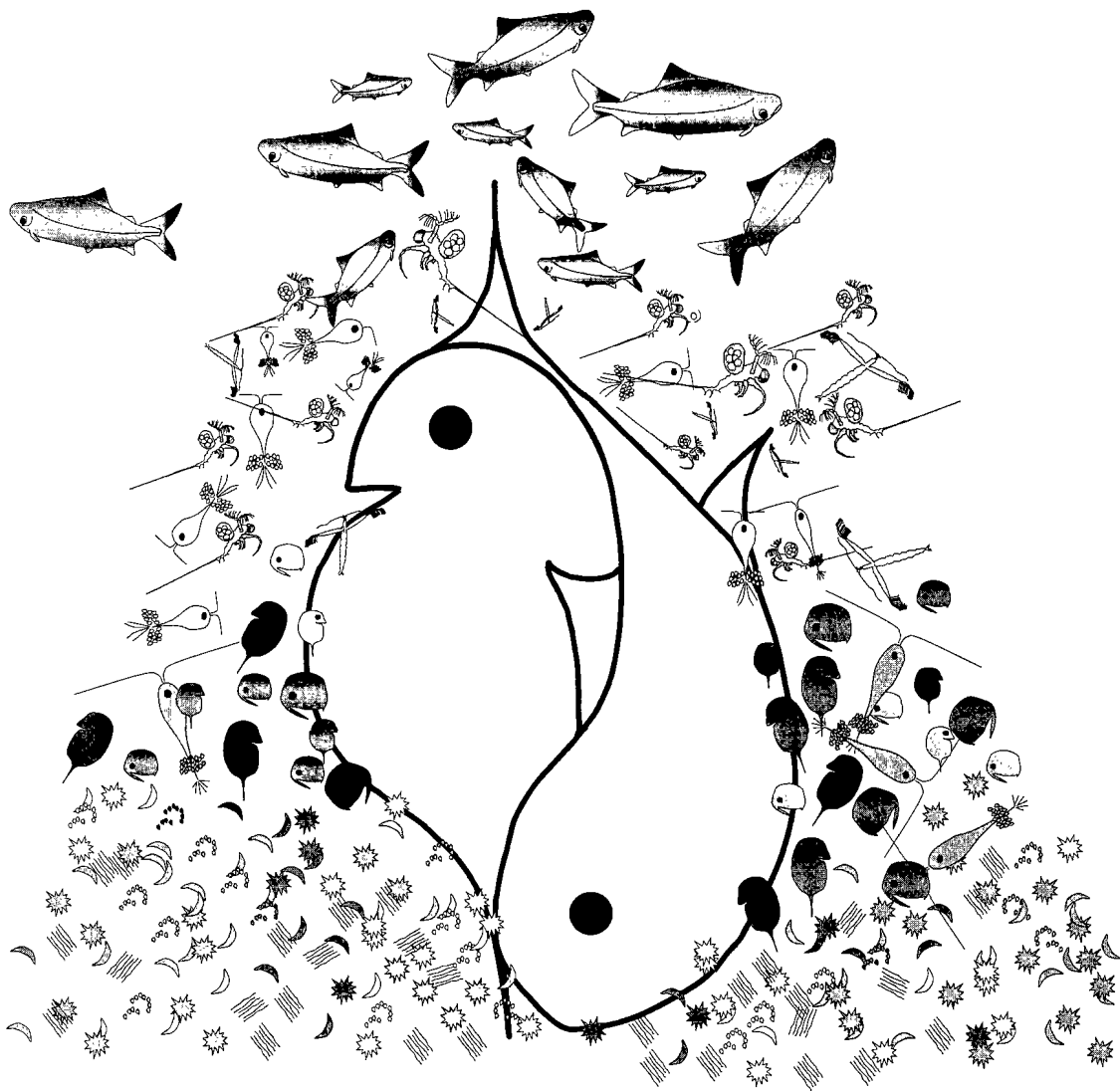


Diss. ETH Nr. 13631

Trophic Cascading in Lake Lucerne, Switzerland: The Influence of Top-Down Controls on the Pelagic Food Web

Christine Heller Hansraj



Summary

This research focussed on the interactions between crustacean zooplankton and planktivorous fish (*Coregonus exiguus albellus*) in Lake Lucerne, Switzerland. We analysed the impact of fish and invertebrate predators (*Bythotrephes longimanus* and *Leptodora kindtii*) on herbivorous crustaceans (*Bosmina* spp. and *Daphnia* spp.) *in situ* and with a computer simulation.

Initially, the project emerged to address the problem of decreasing fishing yield associated with the reoligotrophication of Lake Lucerne. Although the number of fish has not decreased substantially, individual fish are smaller. From 1978 to 1997 soluble reactive phosphorus (SRP) concentrations declined from 30 to 6 $\mu\text{g l}^{-1}$. We assumed that the lower SRP concentrations led to reduced algal biomass and therefore, through the food web, to a reduced growth of the fish.

Therefore, we hypothesized that the decreasing levels of phosphate ultimately leads to a reduction in the sustainable fishing yield. We further postulated that the fish have to swim greater distances to capture sufficient numbers of their preferred prey *B. longimanus*, in part because zooplankton extend to greater depths than in earlier years. Therefore, more of the energy intake of the fish is used for locomotion and less energy can be stored in body weight.

Although whitefish prefer *B. longimanus*, they also feed upon the herbivorous cladocerans. The extent to which these alternative prey types are

utilized by *Coregonus* has important implications for the lake ecosystem. By feeding on the predaceous *B. longimanus*, whitefish indirectly enhance populations of *Daphnia* spp. and *Bosmina* spp., both of which are preyed upon by *B. longimanus*. Increases in herbivorous zooplankton in turn reduces the biomass of phytoplankton. In contrast, when *Coregonus* feeds upon herbivorous zooplankton, grazing pressure on phytoplankton is reduced. *Coregonus exiguus albellus* is able to reduce the density of *B. longimanus*, whereas they are not able to reduce the density of the herbivores. However, *B. longimanus* is much more effective than *Coregonus* in reducing populations of herbivorous zooplankton.

We found a food niche overlap between the two whitefishes, *C. exiguus albellus* and *C. schinzii helveticus* var. *lucemensis*, which is very pronounced during the summer months. In formulas used to calculate niche overlap, however, population size is not included as a mathematical variable. Therefore, the calculated food niche overlap does not give much information about the role of competition between the two species. Moreover, because *C. schinzii helveticus* var. *lucemensis* comprises only 10% of the biomass of the coregonid fishes, it is not a serious competitor of *C. exiguus albellus*.

The two coregonid species (*C. exiguus albellus* and *C. schinzii helveticus* var. *lucemensis*) and the invertebrate predators compete for herbivorous prey. Moreover, *L. kindtii* is only consumed by the less abundant whitefish *C. schinzii helveticus* var. *lucemensis*.

Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wurden die Abhängigkeiten zwischen Krebszooplankton und Plankton fressenden Fischen (*Coregonus exiguus albellus*) im Vierwaldstättersee (Schweiz) untersucht. Wir analysierten die Auswirkung der Fische und der wirbellosen Fleischfresser (*Bythotrephes longimanus* und *Leptodora kindtii*) auf Algen fressende Krebstiere (*Bosmina* spp. und *Daphnia* spp.) *in situ* und mit Hilfe einer Computersimulation. Mit diesem Projekt wurde das Problem des reduzierten Fischereiertrages untersucht, das offensichtlich mit der Re-oligotrophierung des Vierwaldstättersees zusammenhängt. Obgleich sich die Anzahl der Fische nicht im wesentlichen verringert hat, sind heute die einzelnen Fische kleiner und leichter. Von 1978 bis 1997 sank die Konzentrationen des freien reaktiven Phosphors (SRP) von 30 bis 6 mg l⁻¹.

Wir nahmen an, dass die niedrigeren Konzentrationen an SRP zu einer verringerten Algenbiomasse und durch das Nahrungsnetz, zu einem verringerten Wachstum der Fische führten. Folglich führt der Phosphatrückgang zu einer Verringerung des Fischereiertrages.

Wir nahmen weiter an, daß die Fische grössere Distanzen schwimmen müssen, um eine genügende Zahl an Beutetieren zu erfassen, unter anderem, weil sich das Zooplankton auf grössere Tiefen als in den frühen Jahren ausdehnt. Daher wird mehr Energie der Fische für Bewegung benötigt und weniger Energie kann in Form von Körpergewicht gespeichert werden.

Obgleich Felchen die Raubcladocere *B. longimanus* bevorzugten, suchten sie auch nach Algen konsumierenden Cladoceren. Der Grad, in dem diese

Beutetypen von *Coregonus* genutzt wurden, hatte wichtige Auswirkungen auf das Seeökosystem. Indem die Felchen die Raubcladocere *B. longimanus* bevorzugten, förderten sie indirekt die Populationen von *Daphnia* spp. und *Bosmina* spp., die beide auch Beutetiere von *B. longimanus* sind. Zunahmen des herbivoren Zooplanktons verringerten die Biomasse von Phytoplankton. Wenn *Coregonus* hingegen mehr herbivores Zooplankton bevorzugt, wird der Frassdruck des herbivoren Zooplanktons auf das Phytoplankton verringert. Die Felchen können die Dichte von *B. longimanus* verringern, währenddem sie die Dichte des herbivoren Zooplanktons nicht wesentlich verringern können. Der Frassdruck von *B. longimanus* auf das herbivore Krebszooplankton ist viel effizienter als derjenige der Felchen.

Wir fanden ausserdem eine Futter-Nischenüberlappung zwischen den Felchenarten *C. exiguus albellus* (pelagiale Kleinfelchen) und *C. schinzii helveticus* var. *lucernensis* (benthivore Grossfelchen), die während der Sommermonate sehr ausgeprägt ist. In den Formeln, die verwendet wurden, um den Deckungsgrad der Futternische zu errechnen wird jedoch die Grösse der Population als mathematische Variable nicht berücksichtigt. Folglich lässt die errechnete Futter-Nischenüberlappung nicht viele Schlüsse über die Rolle der Konkurrenz zwischen den beiden Arten zu. Da die Grossfelchen nur 10 % der Biomasse der gesamten Felchenpopulation ausmachen, sind sie vermutlich kein ernster Konkurrent der Kleinfelchen.

Die zwei Felchenarten (*C. exiguus albellus* und *C. schinzii helveticus* var. *lucernensis*) und die wirbellosen Fleischfresser konkurrieren um herbivore Beutetiere. Ausserdem wird *L. kindtii* nur durch die Grossfelchen gejagt.