



Doctoral Thesis

Effects of treated wastewater on trout: A case study of a Swiss river

Author(s):

Kobler, Bernd

Publication Date:

2004

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-004817424> →

Rights / License:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

A. Zehnder
23. Juli 2004

Effects of Treated Wastewater on Trout: A Case Study of a Swiss River

A dissertation submitted to the
SWISS FEDERAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY, ZURICH
for the degree of
Doctor of Natural Sciences

presented by
BERND KOBLER
Dipl. Biol., Universität Bern
born March 13, 1972
citizen of Aegerten (BE), Switzerland

accepted on the recommendation of
Prof. Dr. Alexander Zehnder, examiner
Prof. Dr. H. Segner, co-examiner
Dr. A. Peter, co-examiner

Luzern, 2004

Summary

Today, wastewater from treatment plants is discharged in almost every large river in Switzerland. Wastewater can cause significant problems to fish such as impairing their health and survival. High pollutant load even threatens the existence of entire fish populations. Thus, the present thesis focused on conventional toxicity (NO_2^- , NH_4^+) and hormone activity of treated wastewater and its effects on fish. Effects from habitat degradation due to siltation with fine sediments were considered, too.

Between 1999 and 2000, a case study on wild brown trout (*Salmon trutta fario* L.) was conducted. As a study river, the Wyna located in central Switzerland was chosen. Its headwater section is not contaminated with wastewater. Further downstream, effluents from four wastewater treatment plants affect the chemical composition of the water. At low flow, wastewater addition can reach as much as 50% of the water volume at the stream's mouth.

In order to analyze the effect of treated wastewater on trout individuals and their entire population, differently polluted river sections were investigated and compared. Results show that the population's recruitment was lowest in the most polluted river section (Chapter 4). The low recruitment success also influenced the structure and density of the entire population. Due to missing young fish, the structure was over-aged and the density low. The low density in its turn increased the availability of resources such as food for trout. Since food intake regulates the growth of fish, the excess in food could explain the fast growth and the high fecundity of trout from the polluted sites.

Either the survival of early stages in the life cycle, or the reproduction of adult species were suspected to create a crucial bottleneck in the life cycle of Wyna trout. Surveys and experiments in the river showed that not a low reproductive ability of adult females (Chapter 2), but the low survival of young trout (Chapter 3), was the major cause for this recruitment failure. The river water was found to be acutely toxic for fish due to temporarily high concentrations of ammonia. In addition, measurements in the river indicated a strong estrogenic activity with a potential for damaging eggs and embryos. Concurrently, the quality of spawning habitat for trout was low particularly due to high siltation rates of fine sediments. Poor water quality and siltation thus were found to cause the death of more than 95% of eggs and embryos, which explains the low recruitment in the polluted section of River Wyna.

Surveys and experiments on the population-level and individual-level presented in this thesis show that fish should be used to evaluate anthropogenic impacts such as water pollution and degradation of spawning habitats, since they are integrative indicator of complex stress. But,

recruitment failure - such as found for the Wyna population in the wastewater polluted river section - would result in a collapse of the population. Most likely due to immigration from upstream sites and regular stocking with trout, such a collapse of trout populations was prevented.

Another topic addressed in this thesis is a possible estrogenic contamination from treatment plants, since endocrine disruption is discussed as a possible cause of declines in fish populations worldwide. In chapter 5, the estrogenic activity of several wastewater treatment plant effluents in Switzerland and France were assessed. Chemical analysis and biological effect analysis were combined, *in vitro* as well as *in vivo*. This investigation was part of a European community program of research (COMPREHEND) into environmental hormones and endocrine disruptors and was conducted as a cooperation between different EAWAG research departments (fish ecology, chemistry and microbiology). Since wastewater is a complex mixture of different chemicals it is not clear which one might cause significant estrogenicity in wildlife. The work showed that natural and synthetic steroid hormones are major contributors to estrogenicity in the effluents tested.

From the results of this thesis, it is concluded that treated wastewater impairs fish from the individual up to the population-level and should be seen as a major burden on river systems.

Zusammenfassung

Viele grosse Fließgewässer der Schweiz werden mit Abwasser aus Kläranlagen belastet. Abwasser kann den Gesundheitszustand und das Überleben von Fischen beeinträchtigen. Eine starke Belastung kann so das Überleben der gesamten Population gefährden. Die vorliegende Arbeit untersuchte deshalb Auswirkungen von gereinigtem Abwasser auf Fische. Es wurde die Wirkung der Toxizität (NO_2^- , NH_4^+) und Hormonaktivität erfasst, zusätzlich auch die Zerstörung von Lebensräumen durch die Ablagerung von Feinsedimenten untersucht.

Zwischen 1999 und 2000 wurde eine Fallstudie mit Bachforellen (*Salmon trutta fario* L.) realisiert. Die Studie wurde in der Wyna, einem Fluss im Zentrum der Schweiz, durchgeführt. Die Wyna ist im Oberlauf nicht belastet, weiter flussabwärts hingegen werden Abwässer aus insgesamt 4 Kläranlagen eingeleitet. Bei niedrigem Abfluss kann der Anteil im Mündungsbereich bis zu 50% erreichen.

Um Auswirkungen von Abwasser auf Bachforellen und deren Population zu beurteilen, wurden unterschiedlich belastete Flussabschnitte untersucht und verglichen. Die Resultate zeigen, dass der Fortpflanzungserfolg der Population im stark belasteten Flussabschnitt am niedrigsten war (Kapitel 4). Der geringe Fortpflanzungserfolg seinerseits beeinflusste die gesamte Population. Die Dichte war niedrig und der Altersaufbau überaltert. Die geringe Dichte wiederum verbesserte die Verfügbarkeit der Nahrung. Mit zunehmender Futteraufnahme wachsen Fische schneller. So kann der Futterüberschuss die hohe Wachstumsrate und Fruchtbarkeit von Forellen im belasteten Flussabschnitt so wie es in der Untersuchung festgestellt wurde, erklären.

Die frühe Embryonalentwicklung und die Fortpflanzung geschlechtsreifer Tiere wurden verdächtig, kritische Phasen im Lebenszyklus der untersuchten Forellen zu sein. Untersuchungen und Experimente im Fluss zeigten aber, dass nicht eine geringe reproduktive Leistung der geschlechtsreifen Weibchen (Kapitel 2), sondern die niedrigen Überlebensraten junger Forellen (Kapitel 3) hauptverantwortlich für den Reproduktionsausfall waren. Aufgrund zeitweise hoher Ammoniak-Konzentrationen war das Wasser der Wyna akut fischtoxisch. Weitere Messungen im Fluss lieferten auch Hinweise einer starken Belastung mit östrogen-aktiven Substanzen, welche möglicherweise ebenfalls Eier und Embryos schädigten. Daneben war aufgrund hoher Sedimentationsraten die Qualität der Laichhabitate für Bachforellen stark beeinträchtigt. Beides, die schlechte Wasserqualität und die Sedimentation, verursachten den Tod von rund 95% der experimentell exponierten Eier und Embryos.

Ein Reproduktionsausfall, so wie er für die untersuchte Population im abwasserbelasteten Abschnitt festgestellt wurde, hätte deren Zusammenbruch verursachen müssen. Der Zusammenbruch der Forellenpopulation wurde wahrscheinlich durch regelmässigem Besatz und Immigration von Bachforellen aus dem Oberlauf verhindert. Beobachtungen und Experimente der vorliegenden Arbeit zeigen, dass man Fische dazu benutzen kann, den Einfluss von Wasserverschmutzung und Lebensraumzerstörung zu erfassen.

Kapitel 5 befasst sich mit der Belastung durch östrogen-aktive Stoffe aus Kläranlagen. Solche Stoffe werden weltweit als eine mögliche Ursache von Fischrückgängen diskutiert. Es wurde die östrogene Aktivität von Abwasser aus verschiedenen Kläranlagen in der Schweiz und in Frankreich untersucht. Chemische und biologische Analysen wurden *in vitro* als auch *in vivo* angewendet. Diese Untersuchungen waren Teil eines Europäischen Forschungsprogramms über Hormone in der Umwelt und östrogen-aktive Stoffe (COMPREHEND) und wurden als Kooperation verschiedener EAWAG-Forschungsgruppen (Fischökologie, Chemie und Mikrobiologie) durchgeführt.

Die Arbeit zeigt, dass natürliche und synthetische Steroidhormone einen grossen Beitrag zum östrogenen Potential getesteter Abwässer beisteuern und so auch eine grosse Belastung für Fließgewässer darstellen können.