



## Doctoral Thesis

# Critical evaluation of the application of statistical phosphorus loading models to alpine lakes

**Author(s):**

Fricker, Hansjörg

**Publication Date:**

1981

**Permanent Link:**

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-000272518> →

**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](#).

Diss. ETH. Nr. 6883

Critical Evaluation of the Application  
of Statistical Phosphorus Loading Models  
to Alpine Lakes

A DISSERTATION

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

presented by  
Hansjörg Fricker  
dipl. Sc. nat. ETH  
born January 27, 1949  
citizen of Zurich

accepted on the recommendation of  
Prof. Dr. H. Ambühl, referee  
Dr. D. Imboden, co-referee

Zurich 1981

## Abstract

The aims of the present thesis are to discuss the statistical phosphorus loading models based mainly on the results gained in the Alpine Project of the OECD Eutrophication Program.

The thesis contains an extended summary of the Alpine Project and a discussion of the applicabilities and limitations of the statistical models used to describe the trophic state of lakes. These are used to determine the extent of success of measures taken to reduce eutrophication.

In the simple lake models only morphometric and nutrient loading values are applied. The sedimentation process and the nutrient release from the sediments are evaluated by a mass balance calculation. Stratification is ignored and the lake is treated as a mixed reactor in steady state.

Emphasis is placed on the discussion of the following boundary conditions which set narrow limits on the applicability of simple models:

- The true description of sedimentation requires the knowledge of various processes including adsorption, assimilation and grazing. These are difficult to describe mathematically. To overcome these difficulties the use of sediment traps is recommended.
- Restoration may be delayed due to significant phosphorus release, promoted through anaerobic conditions of the sediments, which can exceed the input of phosphorus from land runoff.
- The different stratification behaviour and the turnover intensity should not be disregarded, since the great differences among lakes are probably caused by these characteristics.

An attempt is made using mathematical transformations to determine the "necessary complexity" of the model. In addition to these model inconsistencies the value and determination of nutrient loading is also analyzed. Accurate quantification of the nutrient influxes are of primary necessity for lake restoration programs. By examining various relationships relevant to the nutrient loading concept, the average statistical behaviour of a

large spectrum of lakes is described. The reliability of the calculated regressions as predictive measures is discussed. Phosphate-phosphorus concentration at turnover and the maximum chlorophyll concentration are reliable values as trophic state indicators.

In situations where the trophic state of the lake is dominated by external nutrient loading, the OECD formulas may be used to assess the existing water quality conditions and to predict the response of the lake to a change in the phosphorus load.

In other situations the lake processes must be described by time dependent dynamic models which was not the goal of the present work.

## Kurzfassung

Die vorliegende Arbeit hat zum Ziel, die statistischen Phosphor-Belastungs-Modelle zu diskutieren, basierend auf Erfahrungen, welche im Zusammenhang mit dem Alpenen Projekt der internationalen OECD Eutrophierungsstudie erworben wurden.

Die Dissertation umfasst eine erweiterte Zusammenfassung des Alpenen Projektes und die Diskussion über Anwendbarkeit und Grenzen statistischer Modelle zur Beschreibung des trophischen Zustandes von Seen und als Mittel zur Vorhersage über den Erfolg von Massnahmen zur Eutrophierungs-Bekaempfung.

In den einfachen See-Modellen sind nur die See-Morphometrie und die Nährstoffbelastung berücksichtigt. Sedimentation und Nährstoff-Freisetzung aus den Sedimenten werden durch eine einfache Massenbilanz berechnet; die Schichtung wird ignoriert und der See wird als voll-durchmischter Reaktor im Fließgleichgewicht behandelt.

Die Randbedingungen, welche der Anwendbarkeit einfacher Modelle enge Grenzen setzen, werden ausführlich diskutiert:

- Die genaue Beschreibung der Sedimentation verlangt die Kenntnis verschiedener Prozesse, einschliesslich Adsorption, Assimilation und Grazing, welche mathematisch schwierig zu beschreiben sind. Als Alternative wird die Sediment-Fallen-Technik empfohlen.
- Die Seerestaurierung kann durch signifikante Phosphor-Freisetzung, verursacht durch anaerobe Bedingungen an der Sediment-Wasser-Grenzfläche, verzögert werden. Diese interne Belastung kann zeitweise die externe übertreffen.
- Unterschiedliche Schichtung und Durchmischungsintensität zur Zirkulation dürfen nicht vernachlässigt werden. Dies bildet vermutlich die Ursache für das unterschiedliche Verhalten der Seen.

Die Komplexität eines See-Modelles kann mit Hilfe einer mathematischen Betrachtung der Dauer der einzelnen Prozesse abgeschätzt werden.

Neben diesen modell-spezifischen Betrachtungen wird die quantitative Erfassung der Nährstoff-Belastung diskutiert.

Exakte Angaben über die Nährstoff-Frachten sind von primärer Wichtigkeit für eine See-Restaurierung. Im übrigen zeigt die Prüfung verschiedener Zusammenhänge zur Anwendung des Nährstoff-Belastungs-Konzeptes, die statistische Verhaltensweise einer grossen Zahl von Seen. Die Zuverlässigkeit der berechneten Kurven wird diskutiert. Als Parameter zur Beschreibung des trophischen Zustandes eignen sich die Phosphat-Konzentration zur Zeit der Vollzirkulation und die maximal gemessene Chlorophyll-Konzentration am besten.

Die OECD-Formeln können in den Fällen angewendet werden, wo der trophische Zustand eines Sees nur durch die externe Belastung dominiert wird. In allen anderen Fällen sind allfällige Schlussfolgerungen mit Vorsicht aufzunehmen.