

Daten mitgeteilt: Am 1. März gab es im Bezirk Stockach (19.500 Einwohner) 533 Arbeitslose, am 1. September dagegen nur noch 97 Arbeitslose. Während im Winter 32/33 bei Fahr 139 Arbeiter nur einen Tag in der Woche arbeiteten, arbeiten im September 1933 wieder 290 Arbeiter immerhin 4 Tage in der Woche.
Hartmut Radtke, Stockach

Eine Produktionsgleichung für Seen

Hubert Lehn, Institut für Seenforschung der LfU-BW, Konstanz, Wolfram Lehn, Stud. phys. an der Universität Konstanz

Die Produktionsgleichung ermöglicht, die wahrscheinliche Primärproduktion von Seen aus der mittleren Seetiefe und der Phosphorkonzentration zu berechnen und Sanierungsziele zu formulieren.

Während der Eutrophierungsphase des Bodensees von 1954 bis 1975 sowie während der Umkehr und beginnenden Oligotrophierungsphase von 1976 bis 1983 wurden aus dem 252 m tiefen Oberseebecken und dem nur 21 m tiefen Gnadenseebecken monatliche Auszählungen des Algenplanktons und zunehmend auch Analysen des pflanzlichen Minimumnährstoffs, des gelösten Phosphatphosphors, vorgenommen. Eine regressionsstatistische Auswertung der 22 Eutrophierungsjahre des Obersees ist publiziert^{1,2}.

Eine erweiterte Auswertung der gesamten 30 Jahre ergab für beide Seebecken: Die Phosphorkonzentration vor Produktionsbeginn steigt in Form einer Zinseszinsreihe exponentiell an, im Obersee jährlich um 15%, von 3,8 auf 75 µg/l, und im Gnadensee um 18%, von 4,2 auf 131 µg/l. Dagegen nimmt die mittlere jährliche Algendichte in der 0–10 m-Produktionszone nur linear zu, im Obersee jährlich um 62 Zellen/ml, von 900 auf 2200, und im Gnadensee um 153 Zellen/ml, von 1220 auf 4440 (Abb. 1).

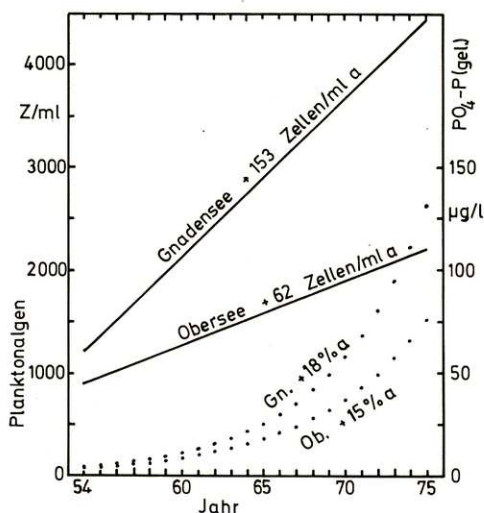


Abb. 1: Regressionsstatistische Entwicklung des gelösten Phosphatphosphors in µg/l vor der jährlichen Produktionsphase und deren mittlere jährliche Planktonalgendichte der 0–10 m-Produktionszone im Obersee und Gnadensee des Bodensees von 1954 bis 1983.

Anhand dieser, von der Witterung und dem Stichprobenfehler unabhängigen Veränderung des Phosphors und der Algendichte wurden für die beiden unterschiedlichen Seebecken Berechnungsformeln der Primärproduktion entwickelt, in denen der Logarithmus der Phosphorkonzentration verwendet wurde. Die in Abhängigkeit von der Phosphorkonzentration P gebildete Algendichte A kann mit folgenden Gleichungen beschrieben werden:

$$\text{Obersee: } A = 342 \cdot \ln \frac{P}{1515} + 714$$

$$\text{Gnadensee: } A = 662 \cdot \ln \frac{P}{1515} + 714$$

¹ Lehn, H.: Verhandl. Ges. f. Ökologie 8, 363 (1980)

² Lehn, H.: Schr VG Bodensee 99/100, 69 (1982)

Die Gleichungen, die mangels Analysen nicht für Phosphorwerte unter $2 \mu\text{g/l}$ gelten, beinhalten eine unterschiedliche Produktivität: Im flachen Gnadensee wird der Phosphor weit mehr in Planktonalgen umgesetzt als im tiefen Obersee.

Der Versuch, aus beiden Gleichungen eine allgemeine der Algenproduktion zu entwickeln, mußte die Seetiefe einbeziehen. Die mittlere Seetiefe in Metern (= T) wurde gewählt, da sie die Beziehung zur lichtreichen primärproduktiven Zone eines Sees besser herstellt als die größte Tiefe³. Von dieser, die im Obersee bei 100 m und im Gnadensee bei 9,2 m liegt, wurde eine exponentiell abnehmender Einfluß angenommen:

$$\text{Seengleichung: } A = (457 \cdot e - \frac{I}{30} + 326) \cdot \ln \frac{P}{1515} + 714$$

Diese Produktionsgleichung basiert auf den empirischen Festpunkten 100 m und 9,2 m Tiefe des Obersees und des Gnadensees. Der Quotient T/30 bewirkt eine Halbierung des Tiefeneinflusses bei einer Zunahme um 21 m. Er wurde, wegen Mangel an statistisch derart auswertbarer Daten aus andern Seen, frei gewählt und ist daher mit einer gewissen Unsicherheit behaftet. Dennoch scheint die Gleichung auf andere Seen unseres Klimagürtels anwendbar zu sein. Diese Annahme soll anhand des Vergleichs von Produktionsberechnungen nach der Formel mit den Untersuchungen der Primärproduktion einer größeren Anzahl von Alpenrandseen⁴ noch begründet werden.

Die vorgestellte Gleichung gestattet, die Produktionsentwicklung eines Sees allein mittels der Phosphorwerte vor Produktionsbeginn zu verfolgen. Zudem sind über eine Rückrechnung von der Primärproduktion (und Trophie) zur Phosphorkonzentration Sanierungsziele für Seen begründbar.

Die Witterung im Hegau im Jahre 1982

Das Jahr 1982 war zu mild, zu naß und sonnenscheinreich. Als erfreulichster Monat ist der Juli hervorzuheben, der im wahrsten Sinne des Wortes ein Hochsommermonat war.

Das Tauwetter vom Dezemberende setzte sich über den Jahreswechsel hinaus fort. Von der oft bedrohlichen Ausuferung der Flüsse am Monatsanfang und am Januarende wurde unsere Landschaft weitgehend verschont. Der Pegelstand am Konstanzer Hafen lag zwar im Januar über einen halben Meter über dem langjährigen Mittel, doch zwischen dem Maximum mit 362 cm am 13. und dem Minimum mit 329 cm am 29. betrug die Schwankung nur 33 cm. In der außerordentlich milden Periode am Jahresanfang fiel etwas Regen und die Höchsttemperaturen des ganzen Monats wurden am 4. oder 5. gemessen. Ab 6. überflutete Kaltluft Baden-Württemberg, wobei es zu den beiden ersten Eistagen und zu einer Schneedecke von mindestens 10 cm kam. Ein neuerlicher Warmluftvorstoß konnte sich am Boden nicht voll durchsetzen, der Regen führte am 9. auf geräumten Straßen zu gefährlicher Glättebildung, die Schneedecke verharschte. In der Nacht zum 10. setzte ein markanter Temperaturrückgang ein. Im Bereich einer Tiefdruckrinne fielen ergiebige Niederschläge, meist als Schnee, so daß mit 20 bis 30 cm Schneehöhe am Morgen des 11. das Maximum des ganzen Jahres erreicht wurde. Vom 13. bis 21. herrschte unter Hochdruckeinfluß echtes Winterwetter, doch verhinderten – besonders in Seenähe – Nebel und Hochnebel die Einstrahlung. Bedingt durch die klaren Nächte im Hinterland sanken hier die Temperaturen auf -10 bis -15 Grad ab, während am See keine strengen Fröste auftraten. Am 14. oder 15. wurden die Tiefsttemperaturen des ganzen Jahres gemessen. Nebel- und Hochnebelbildungen dieser Kälteperiode schlugen sich auch in den Abweichungen der Monatsmitteltemperaturen nieder, die am See $0,4$ Grad zu mild, im Hinterland $0,9$ Grad zu kalt ausfielen. In der erwähnten Hochdruckperiode blieben sogar am See die Temperaturen ganztägig unter dem Gefrierpunkt. In der letzten Monatsdekade führten Tiefausläufer wieder zunehmend mildere Meeresluftmassen heran. Bei starker Bewölkung und zeitweiligen Niederschlägen, die von Schnee allmählich in Regen übergingen, sank die Schneedecke langsam zusammen. Bekannterweise ist im Winterhalbjahr Nebel- und Hochnebelbildung am See nicht nur häufiger, sondern auch länger anhaltend als im Hinterland. Nur von Konstanz liegen Messungen der Sonnenscheindauer vor. So wurde hier im Januar ein merklicher Mangel registriert, im Hinterland hätte es zu höheren Werten gereicht. Besonders die intensiven Niederschläge um den 10. führten zu erheblichen Abweichungen von den Normalwerten.

Die Mitteltemperaturen des Februar setzen sich aus drei Abschnitten zusammen. In den ersten 5 Tagen und ab 21. kam es häufig zu mäßigen Frösten zwischen -5 und -10 Grad, am 3. und um den 24. sogar zu Eistagen. In der Gesamtbilanz wurde hierdurch der Februar etwas zu kalt. Trotzdem zeigte er nur wenige winterliche Züge, da im allgemeinen nur spärlicher Niederschlag fiel. In Konstanz bildete der verschneite Fasnachtdienstag die Ausnahme, am Morgen des Aschermittwochs lag hier eine Schneedecke von 15 cm Höhe, während es in Aach nur zu 2 cm reichte. Die Schneedecke schmolz rasch wieder ab und da dies die

³ Vollenweider, R. A.: Mem. Ist. Ital. Idrobiol. 33, 53 (1976)

⁴ Ambühl, H.: Water Quality Bulletin 6, 113 (1981).