

# Türlersee



Alpen mit Urrotstock und Tiflis



© Schweizer Luftwaffe, März 1992

1 Aeugst a. Albis

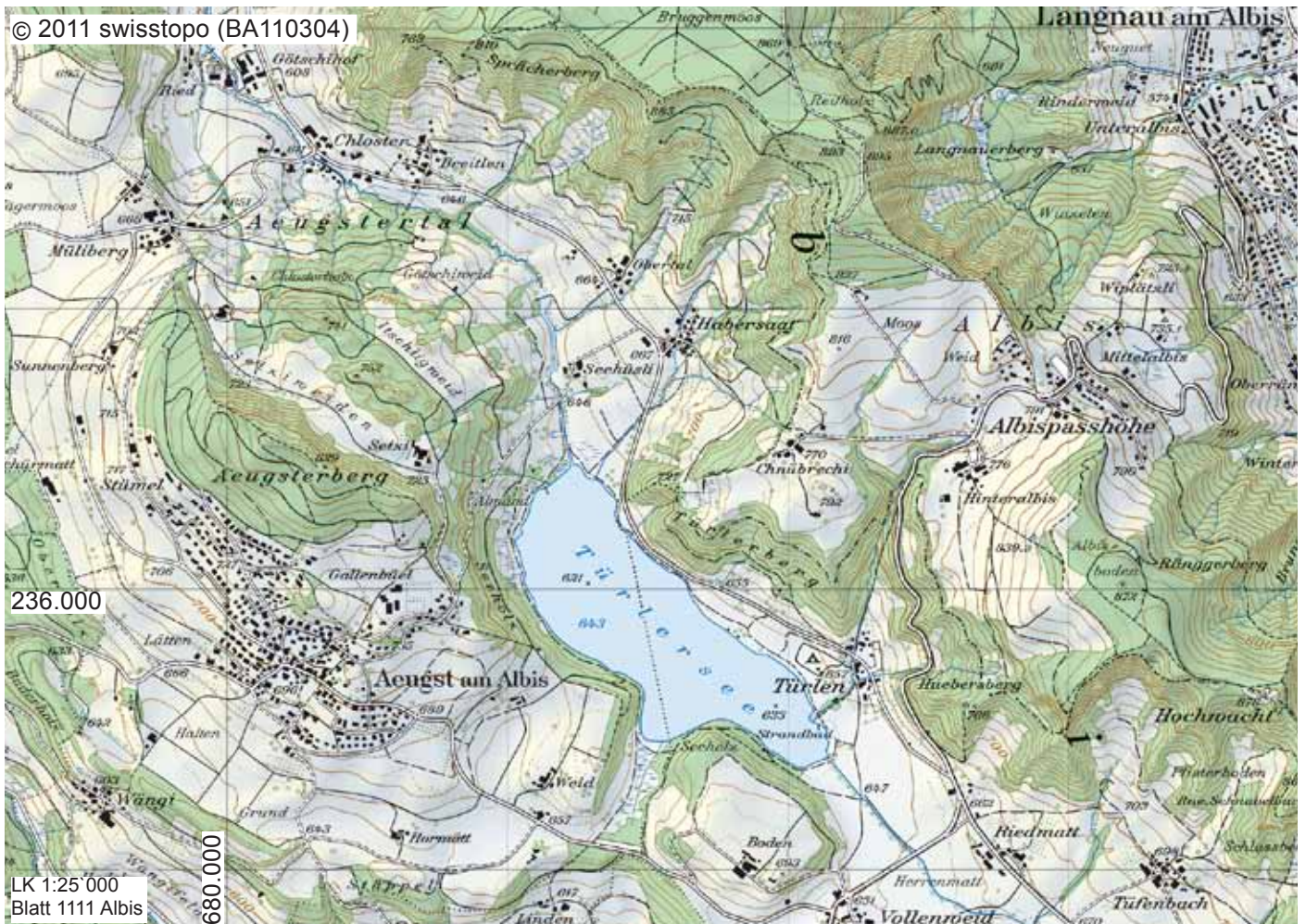
2 Türlen

3 Türlerberg

4 Habersaat

5 zum Albispass

© 2011 swisstopo (BA110304)





1 Hof «Weid»

2 Richtung Aeugst am Albis

3 Hof «Boden»

4 Richtung Türlen

5 Belüftungszentrum, Seetiefe 22 m (Seeoberfläche 643 m)

## Künstliche Belüftung des Sees infolge von Phosphaten in Gewässern

Der Türlersee musste in den 1990er - Jahren künstlich belüftet werden. Das Bild zeigt über dem Zentrum der Belüftung im gefrorenen Oberflächenwasser ein kreisrundes, eisfreies Gebiet. Im Einflussbereich der Belüftung bringen die gewünschten Turbulenzen die Tiefengewässer an die Oberfläche.

Der Eintrag von Phosphaten in die stehenden Gewässer infolge Überdüngung von Wiesen und Feldern (Güllenüberschuss durch Viehzucht, v.a. Schweinemast) führt zu Eutrophierung des Gewässers. Infolgedessen entsteht eine Algenüberproduktion. Im Herbst und Frühling sedimentiert die überproduzierte Biomasse am Seegrund. Der Abbau führt zu Sauerstoffmangel. Unter den entstehenden anaeroben Bedingungen können die rückgewonnenen Nährstoffe mit den Spurenelementen und Schwermetallen (hier Phosphate und Eisen) keine unlösliche Verbindung mehr eingehen. Statt einer unter natürlichen, d.h. aeroben Bedingungen entstehenden Phosphatfalle werden grosse Phosphatmengen freigesetzt. Somit beginnt die Selbstdüngung des Sees, was weiteres Algenwachstum beschleunigt. Dadurch nimmt die abzubauen Biomasse exponentiell zu, was infolge Sauerstoffmangels zum Zusammenbruch des Systems See führt. Sauerstoffarme bis sauerstofflose, sgn. tote Zonen, in den Tiefen des Gewässers werden mit Einsetzen der natürlichen Seezirkulation im Sommer an die Oberfläche gefördert, wodurch die letzten zur Verfügung stehenden Sauerstoffkonzentrationen des Oberflächenwassers fast schlagartig aufgebraucht werden.

Mit künstlicher Belüftung werden einerseits Sauerstoff in die Tiefengewässer gebracht, mit Pressluft andererseits die Seezirkulation gefördert, damit sauerstoffreiches Oberflächenwasser gezielt in die Tiefengewässer eindringen kann.

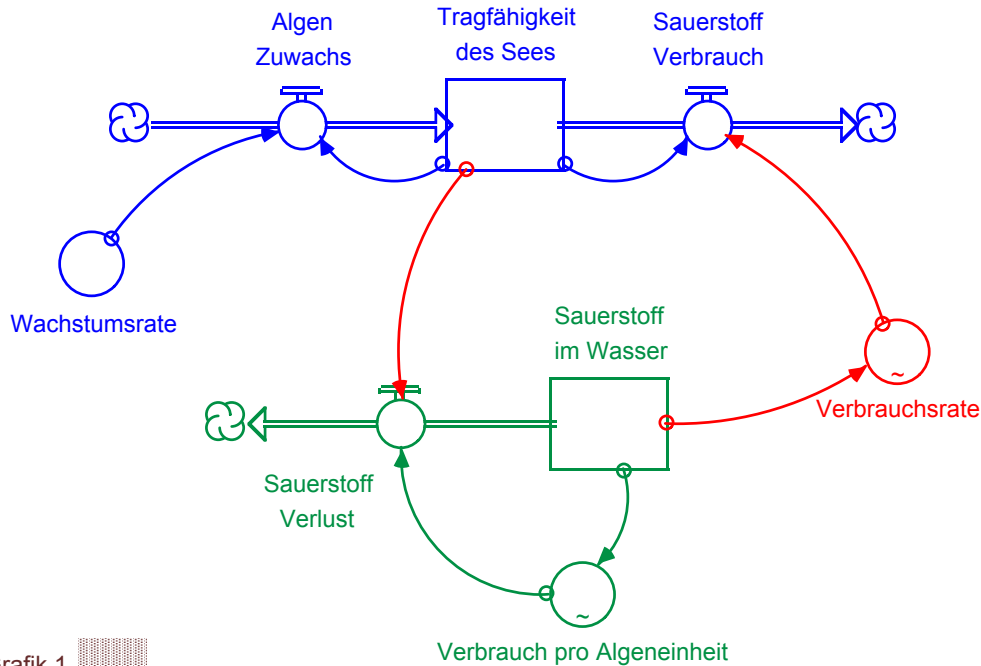
Mit der Simulationssoftware Stella oder Vensim können die Vorgänge bei Grenzüberschreitung mit anschliessendem Zusammenbruch gut dargestellt werden. Das untenstehende Modell zeigt, wie die Tragfähigkeit eines Stehgewässers (z.B. der Türlersee) wegen erhöhten Sauerstoffverbrauchs infolge exzessiven Algenwachstums (Phosphat-Düngung) zusammenbricht («Overshooting with collaps»).

# Grenzüberziehung mit Zusammenbruch

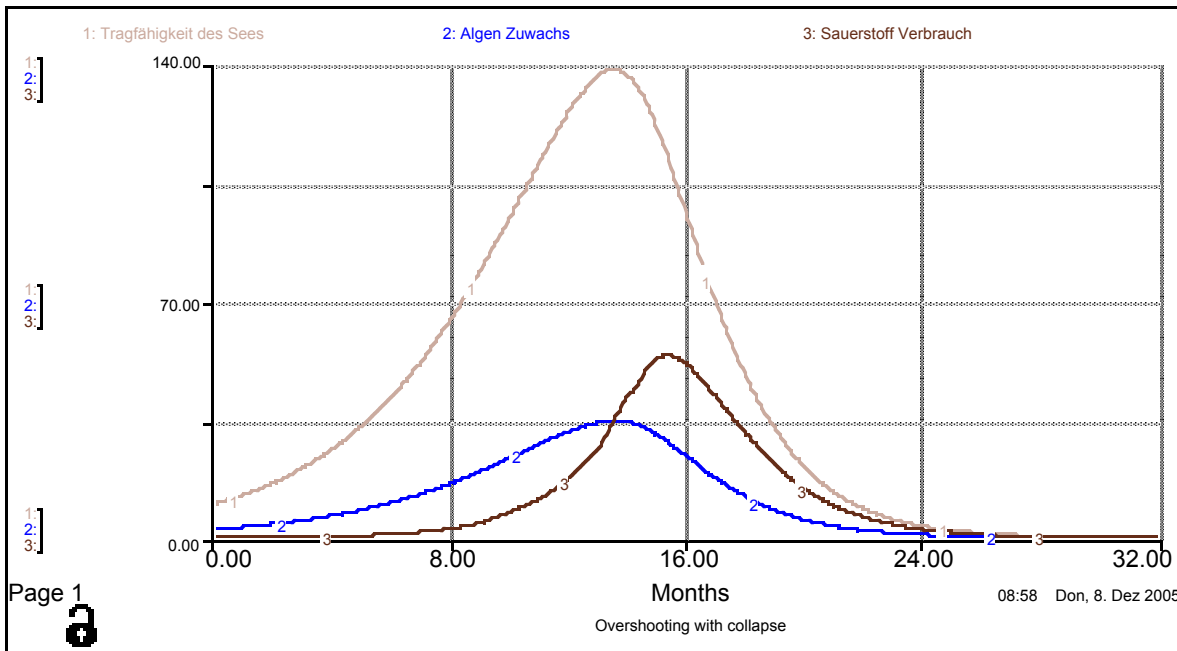
## Exponentiell wachsende Wachstumsgrösse

### Overshoot with collapse

*Beispiel:  
wachsender Schadstoffeintrag in die Gewässer  
(Ammonium haltige Jauche) mit wachsender  
Algenpopulation. Sauerstofferosion mit Zusammenbruch  
des Ökosystems.*

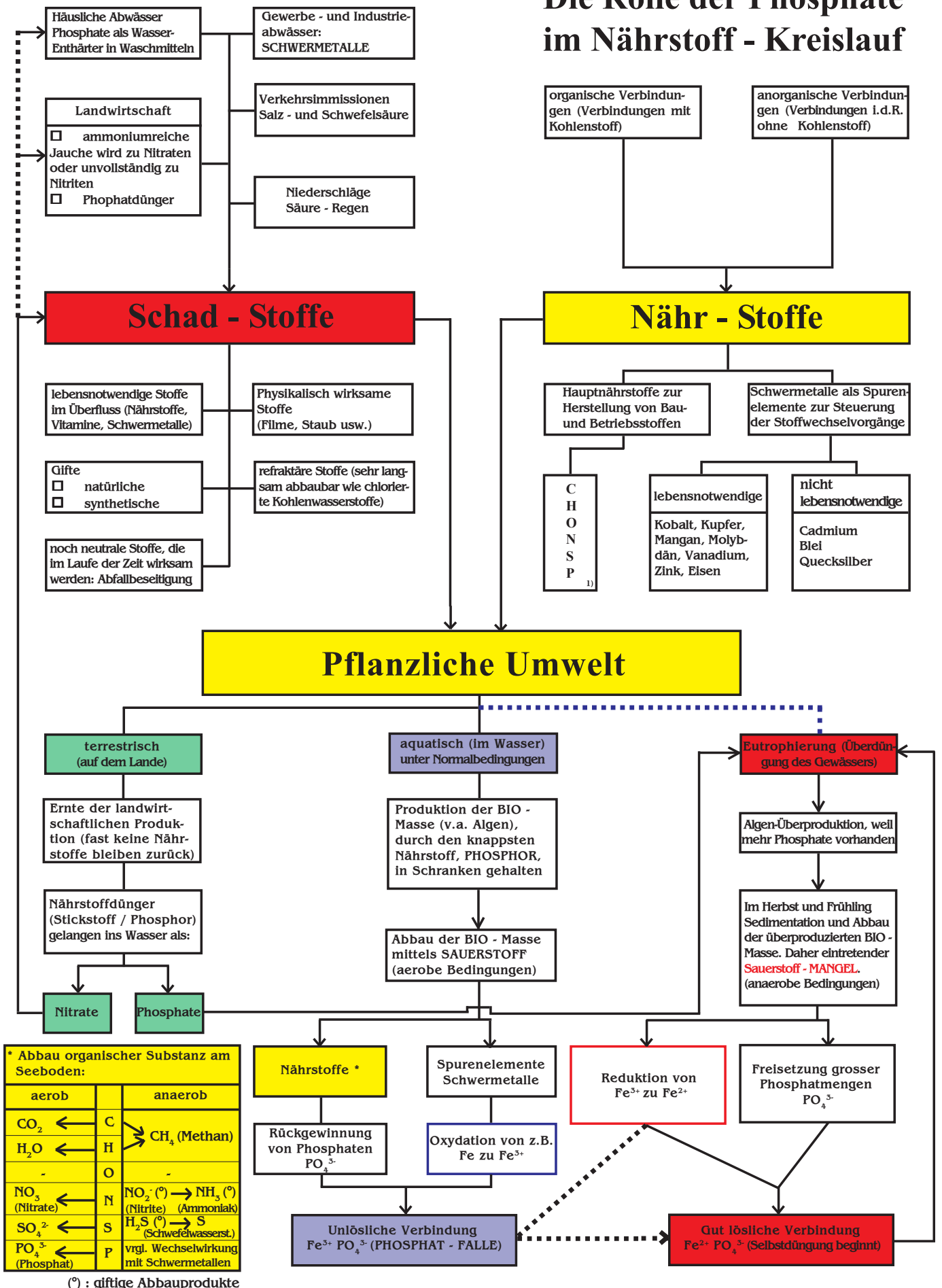


Grafik 1



Seebelüftungen sind eine langwierige Angelegenheit. Ohne flankierende Massnahmen, wie drastische Reduktion der Phosphateinträge z.B., lässt sich keine nachhaltige Ökologie mehr erreichen. Das folgende Schema «Rolle der Phosphate im Nährstoff-Kreislauf» zeigt die vielfältigen Auswirkungen von Schad- und Nährstoffen auf die Pflanzliche Umwelt.

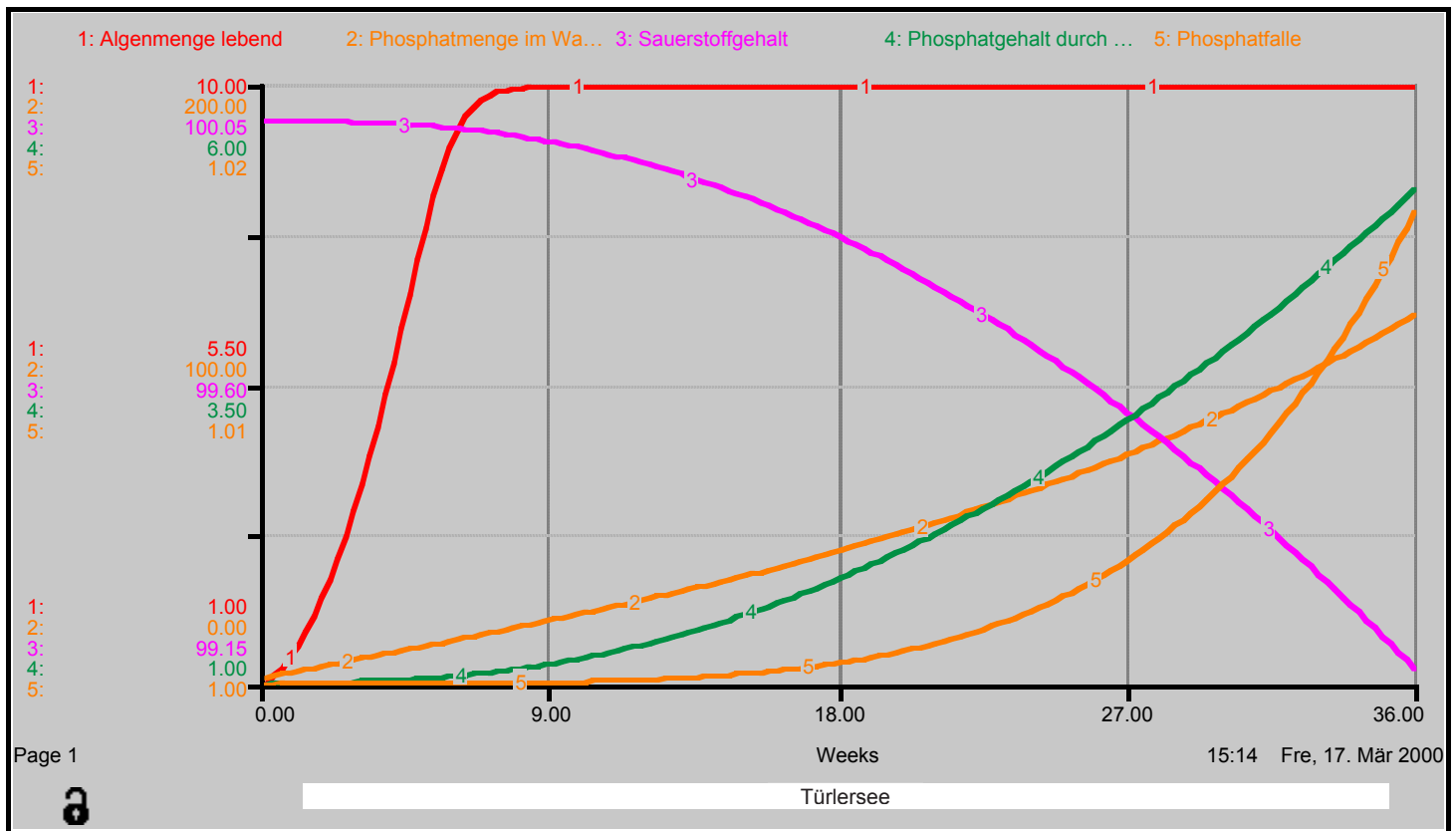
# Die Rolle der Phosphate im Nährstoff - Kreislauf



Text, Graphik, Konzept: HP, Jud, KS SH, 12.85

1) C: Kohlenstoff / H: Wasserstoff / O: Sauerstoff / N: Stickstoff / S: Schwefel / P: Phosphor

## Graph mit Stella - Simulationssoftware zur Eutrophierung eines Binnensees



### Systemzusammenhänge im Modell:

Mit der Simulationssoftware «Stella» lässt sich die Eutrophierung eines Binnensees darstellen:

Die rote Kurve (1) stellt die exponentielle Zunahme der Algenmenge dar, zu deren Abbau Sauerstoff notwendig ist. Die violette Kurve (3) zeigt die dadurch eintretende Abnahme des Sauerstoffgehaltes im Wasser. Die Phosphatbildung durch Abbau der Biomasse wird in der grünen Kurve (4) dargestellt. Somit steigt die Phosphatmenge im Wasser (Kurve 2). Durch Oxydation entsteht die (unlösliche) Phosphatfalle (Kurve 5). Wird der Sauerstoff aufgebraucht, kann die entstehende Phosphatmenge durch Biomassenabbau nicht mehr in einer Phosphatfalle gebunden werden. Somit beginnt durch weiteren Eintrag von Phosphaten die Selbstdüngung (Eutrophierung) des Sees, was wiederum zu mehr Algenwachstum führt. Im Endeffekt kollabiert der See.

Um den Sachverhalt im Simulationsmodell zu konstruieren, werden verschiedene Teilsysteme gebaut (siehe nächste Seite: 6 Teilsysteme).

Im Teilsystem «Algen» (1) wird durch den Phosphatbeitrag aus Teilsystem «Wasser» (2) das Algenwachstum gefördert. Das natürliche Absterben der Algen (Teilsystem «Algensterben») verbraucht zu deren Abbau Sauerstoff (Teilsystem «Sauerstoff» 3) und setzt Phosphate frei (Teilsystem «Phosphat» 4). Die Oxydation von Eisen verbraucht Sauerstoff. So entsteht die Phosphatfalle, was in Teilsystem «Oxydation und Reduktion» (5) dargestellt wird. Wegen Sauerstoffmangels reduziert das Eisen zu  $Fe_2$  plus und verhindert so die Entstehung einer Phosphatfalle, was Phosphate frei setzt und damit die Selbstdüngung des Sees einleitet (Teilsystem «Wasser» 2). Zusätzliche Phosphate werden durch Gülle und Abwässer in den See geleitet, was wiederum das Algenwachstum fördert (Übergang von Teilsystem 2 zu Teilsystem 1).

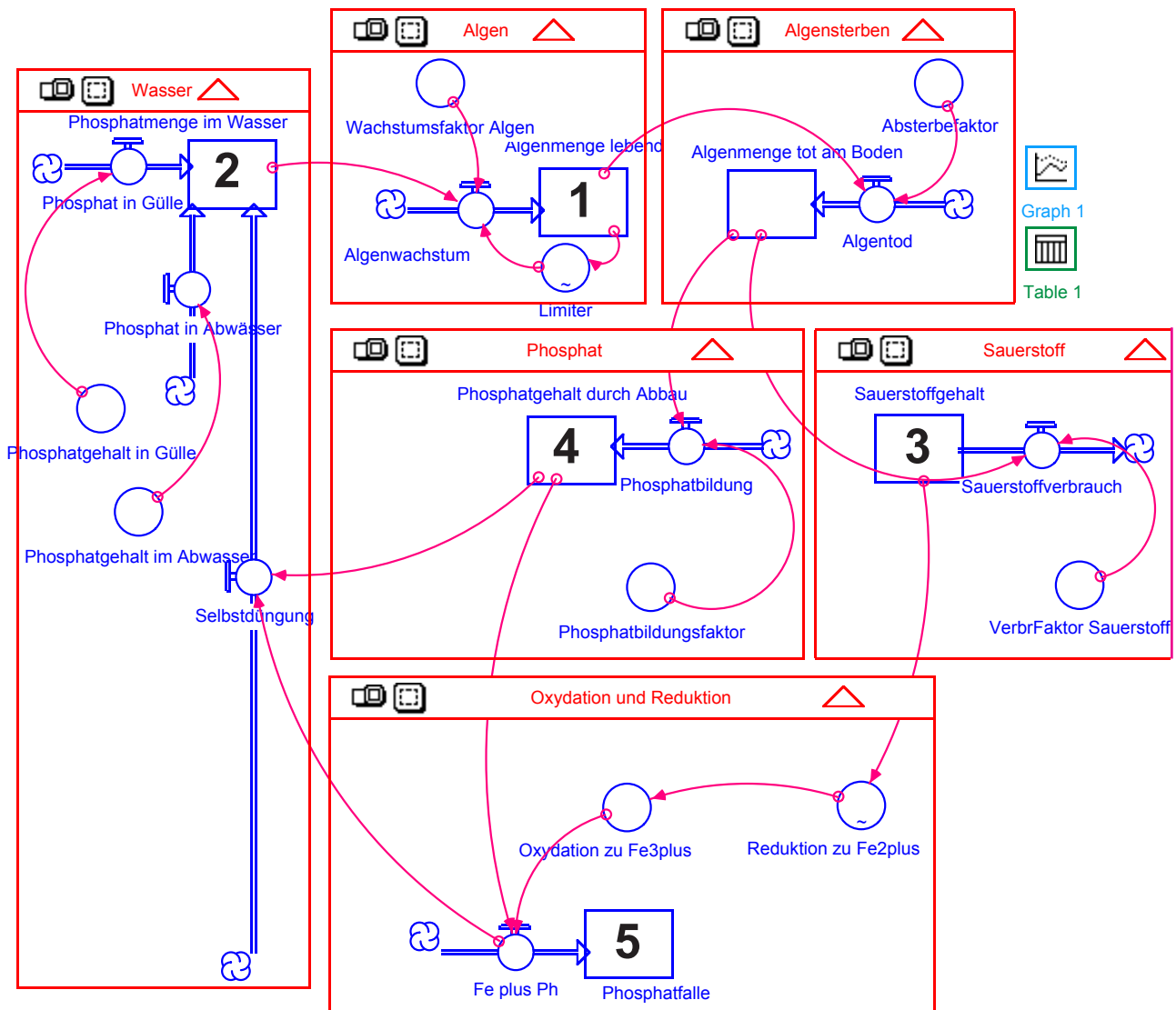
Zusammengefasst zeigen die verschiedenen Teilsysteme also das Überschreiten des Systems «See» mit Zusammenbruch («overshoot with collapse»).

(Systemarchitektur: HP. Jud)

Ein knapper Bericht über den Zustand des Türlersees (AWEL; Abteilung Gewässerschutz) kann hier heruntergeladen werden.

Ein ausführlicher Bericht zur Entwicklung des Gesamtphosphors im Türlersee anhand der im Sediment eingelagerten Kieselalgen (Rekonstruktion seit 1750) von Elber, Hürlimann und Niederberger (Juni 2001) kann hier eingesehen werden.

Allgemeine Infos zum Zustand der Seen in der Schweiz (BUWAL - Bericht; Schriftenreihe Nr. 237).



Auf Anfrage antwortet Dr. Patrick Steinmann, Wissenschaftlicher Mitarbeiter beim AWEL (Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft des Kantons Zürich, Abtlg. Gewässerschutz) am 3. 11. 2010:

Im Türlerseer befindet sich eine Zirkulationsunterstützungsanlage, die jeweils im Winter (Dezember - März) in Betrieb ist. Die Anlage wird mit Luft betrieben. Es ist keine Belüftungsanlage, sondern eine Zirkulationsunterstützung: Die vom Grund aufsteigenden Luftblasen reissen einen Wasserstrom aus der Tiefe mit an die Oberfläche, wo sich das Wasser mit Luftsauerstoff aufsättigt und danach wieder in die Tiefe sinkt. Die eingeblasene Luft dient also vor allem der Inangsetzung und Aufrechterhaltung der seeinternen Wasserzirkulation. Das Ziel einer BELÜFTUNG wäre das direkte Einbringen von Sauerstoff in die Tiefenwasserzonen. Dies ist im Türlerseer nicht der Fall.

Der Türlerseer liegt sehr windgeschützt und ist mit 22m recht tief, deshalb würde natürlicherweise nur alle paar Jahre im Herbst eine Vollzirkulation bis zum Grund stattfinden, in den übrigen Jahren würde sich eine ganzjährige stabile Schichtung einstellen (kein Austausch zwischen Tiefen- und Oberflächenwasser). Die Anlage führt dazu dass sich der See zwangsweise jeden Winter umwälzt. Der Grund für die Installation der Anlage waren die zu hohen Phosphatwerte (Einträge hauptsächlich aus Landwirtschaft) und die daraus folgende hohe Algenproduktion, die später am Seegrund wieder abgebaut werden muss. Beim Abbau in der Tiefe wird viel Sauerstoff verbraucht und wenn der See nicht oder nur selten zirkuliert, führt dies zu sauerstofflosen Tiefen zonen, mit Bildung von Faulschlamm.

Heute ist der Phosphateintrag in den See deutlich geringer und würde keine Zirkulationsunterstützung mehr rechtfertigen. Im Sediment des Sees liegt aber noch viel gebundenes Phosphat aus früheren Jahrzehnten, das sich bei fehlender Zirkulation zu rasch wieder im Wasser lösen würde. Dies ist der Grund, warum die Anlage vorerst noch weiterbetrieben wird, bis die Phosphatwerte im Sediment gesunken sind. Längerfristiges Ziel ist jedoch, den See wieder seinen natürlichen Zirkulationsverhältnissen zu überlassen.



© Schweizer Luftwaffe, Aug. 2011

- |                        |                         |                                   |
|------------------------|-------------------------|-----------------------------------|
| 1 Türlen mit Zeltplatz | 2 Hof «Boden»           | 3 Aeugst am Albis                 |
| 4 Affoltern am Albis   | 5 Albispasshöhe (791 m) | 6 Chnübrechli                     |
| 7 Habersaat            | 8 Langnau am Albis      | 9 Adliswil                        |
| 10 Gattikerweier       | 11 Aeugsterberg         | 12 Aeugstertal mit Fluss Reppisch |



© Schweizer Luftwaffe, Aug. 2011