

## Questions and Answers to Exercise 3 - Stoichiometry

24.3.2020

### Task 2)

-Warum ist es in unserem Modell überhaupt unrealistisch, dass ein Teil mineralisiert wird? Ist es weil wir uns nur im Epilimnion befinden und Sediment noch gar nicht betrachten, wo ja dann Mineralisierung stattfindet würde? Wäre es für dieses Modell dann nicht einfach besser wenn wir zwei verschiedene POMs einführen würden, da ja Algen und Zooplankton nicht die gleiche Zusammensetzung haben?

Das ein kleiner Teil mineralisiert wird ist hier nicht besonders unrealistisch. Aber wie Du sagst, findet die Mineralisierung hauptsächlich im Sediment statt und weniger in der Freiwasserzone. Im Modell 4 wird das dann so gemacht.

Ja, in diesem Fall wäre es besser, zwei verschiedene POMs einzuführen und mit nur zwei Organismengruppen wäre es auch noch gut möglich. Allerdings wollen wir das Modell auch möglichst einfach halten. Vor allem wenn es viele Organismengruppen gibt, die sich in der Zusammensetzung unterscheiden würde das Modell schnell sehr viel komplexer werden.

Es ist aber nicht immer leicht zu entscheiden, welche Vereinfachungen man in Kauf nehmen möchte und welche lieber nicht.

-Könnte man den Yield auch mit C bestimmen? Das kommt ja nicht in allen Variablen/Substanzen vor, wie z.B. Sauerstoff.

-Wir haben den C-content einfach als Differenz:  $1 - (\text{alle anderen Parameter (mass fractions)})$ . Ich habe aber nicht verstanden warum das jetzt z.B. für P nicht gehen soll. Wäre es nicht besser z.B. den P content so zu berechnen, da dieser Wert ja viel kleiner ist als der von C und bei P die Chance grösser ist, dass der Wert negativ wird. Wenn der Wert negativ wird, würde ja man auch besser sehen, dass man einen Fehler gemacht hat in der Bestimmung der massfractions der anderen Elemente.

Idealerweise würde man alle Bestandteile (C, H, O, N, P) etc messen, sicherstellen dass die Anteile auf 1 aufsummieren und dann die Werte entsprechend eintragen. Dass bei uns der C-Gehalt aus den anderen Elementen berechnet wird dient dazu, dass man sicher gehen kann, dass die Anteile am Ende auf 1 aufsummieren. Das machen wir sozusagen aus Bequemlichkeit. Das geht aber natürlich nur für ein Element. Man könnte das theoretisch auch für P statt für C machen, aber da der P-Gehalt sehr viel kleiner ist, wäre der Fehler, den man allenfalls machen würde viel weitreichender als bei C. Das ist ein bisschen so, wie wenn man das Gewicht des Kapitäns berechnen wollte aus dem Gewicht des Schiffs und dem Gewicht von Schiff plus Kapitän. Aber Du hast natürlich völlig recht, man könnte es machen und würde dann den Fehler schneller bemerken.

-Ich bin etwas verwirrt bzgl. der "Produktion" von POM. Ich dachte zu Beginn, dass  $Y_{ALG,death}$  (0.714..) durch das sloppy feeding und excretion entsteht aber dann wäre es ja genau der  $f_e$ -Wert. Das sind aber zwei verschiedene Werte. Ist also  $Y_{alg,death}$  der Algenteil der stirbt ohne je mit Zooplankton in Kontakt gekommen zu sein? D.h. wir nehmen in dem Modell nicht an, dass alle Algen von Zooplankton gefressen werden ausser der fraction  $f_e$ ?

Das Sterben der Algen durchs Gefressen werden von Zooplankton und der "natürliche" Sterbeprozess (der unabhängig vom Vorhandensein von Zooplankton auftritt) sind separat formuliert. Beim "natürlichen" Sterben entsteht POM einfach durch die "Leiche", das wird durch  $Y_{ALG,death}$  beschrieben.

Der Anteil Algen, der beim Wachsen von einer Einheit Zooplankton "verbraucht" wird hingegen durch den stöchiometrischen Koeffizienten ( $1/Y_{ZOO}$ ) beschrieben (bzw man kann auch sagen, dass  $Y_{ZOO}$  der Anteil der gefressenen Algen ist, der in Biomasse von Zooplankton umgewandelt wird) und  $f_e$

gibt an, welcher Anteil der gefressenen Algen in POM umgewandelt wird, durch sloppy feeding und excretion.

-warum ist bei nu.gro.ZOO bei den constraints nicht  $ZOO = \text{param}Y.zoo$  und  $ALG=1$ , also genau umgekehrt? Da ja aus einer Unit Alge  $\text{param}Z.ZOO$  units ZOO produziert wird. Oder muss man das so lesen: eine Unit ZOO ist gegeben durch den Anteil der Alge der zu ZOO wird ( $=y.zoo$ )?

Das ist wieder das Problem, das man die Constraints so formulieren muss, dass die Gleichung  $\sum_j \nu_j \gamma_j = 0$  aufgeht. Es ist also irgendwie gerade anders herum, als man es sich intuitiv vorstellt. Ich hoffe die Erklärung zur Frage vorher hilft, die Bedeutung der Parameter zu verstehen.

20.3.2020

Beim Task 2 wird der yield Parameter für den Algentod folgenderweise bestimmt:  $\text{param}Y.ALG.death = \min(1, \text{param}a.N.ALG / \text{param}a.N.PO, \dots)$ , nun meine Frage, muss man hier den minimalen Wert nehmen, da dieser stellvertretend bestimmend ist für den gesamten Algenyield und weil ein grösserer Wert diesen Yield zu hoch einschätzen würde (wenn man z.B.  $Y.ALG.death = \text{param}a.N.ALG / \text{param}a.N.PO = 1.5$  hätte)?

Idealerweise wäre der Yield 1, denn das ist was in der Natur beim Sterben passiert, die lebende Biomasse wird zur toten Biomasse. Das geht aber nur, wenn beide genau die gleiche Zusammensetzung haben. Ist das nicht der Fall behelfen wir uns damit, dass wir annehmen ein Teil der toten Biomasse wird schon während dem Sterben mineralisiert (also als Nährstoffe freigesetzt). Um das Modell so realistisch zu machen wie möglich, sollte aber dieser Teil so klein sein wie möglich, also der Yield möglichst nahe bei 1. Mit der Minimum-Funktion wird genau das erreicht, wie Du richtig beschreibst. Der yield ist also maximal 1 und minimal so gross wie das Verhältnis von Stickstoff in Algen und Pom oder das Verhältnis von Phosphor in Algen und POM. Damit wird verhindert, dass einer der stöchiometrischen Koeffizienten von den Nährstoffen negativ wird.

Habe ich es richtig verstanden, dass diese Art Vorgehen der Yield-Parameterbestimmung nur für "wenig" komplizierte Elemente wie N und P funktioniert und nicht für Elemente wie O, da dies in zu vielen Elementen vorkommt? Wie müsste man hierfür einen yield Term definieren?

Ja genau, hier muss man manuell prüfen, dass der stöchiometrische Koeffizient für O2 null ist oder positiv. Falls er negativ ist, muss man den yield manuell verkleinern.

Falls der Unterschied in der Zusammensetzung zwischen lebenden Organismen und toten Organismen zu gross ist, macht unserer Strategie keinen Sinn mehr. In dem Fall würde man für jede Organismengruppe eine Zustandsvariable für totes organisches Material einführen, dass dann die gleiche Zusammensetzung hat wie die lebenden Organismen.

Bei der Definierung vom Prozess "nu.death.ALG" steht bei den constraints, dass  $POM=1$  wird. Ist dies einfach eine vereinfachte Annahme, dass so oder so immer ein Äquivalent POM entsteht? Denn eigentlich müsste doch beim Algentod weniger POM entstehen wenn man nur einen  $Y.ALG.death$  wert von ca. 0.714 hat?

Die Definition der constraints ist etwas kontraintuitiv. Das ist auf Seite 6 im PDF der Übung 3 am Beispiel für das Wachstum von Zooplankton genauer erklärt.

constraints. These coefficients have to be provided in the form  $\sum_j \nu_j \gamma_j = 0$ . This means the condition  $\nu_{ZOO} = -Y \nu_{ALG}$  indicating that one mass unit of algae is only converted into  $Y$  (=  $\gamma_{ZOO}$ ) units of zooplankton has to be transformed into  $\nu_{ZOO} + Y \nu_{ALG} = 0$  to read the coefficients (see constraint below for the growth of zooplankton).

Für das Sterben von Algen ist es analog. In Kapitel 8.3 ist das ausführlicher beschrieben. Die stöchiometrischen Koeffizienten  $\nu$  sind einfacher zu interpretieren als die constraints  $\gamma$ .

Beim Wachstumsprozess von Zooplankton "nu.gro.ZOO" verstehe ich die Bedingungen der constraints nicht so ganz, weshalb wird "ALG" = param\$YZOO definiert und nicht - param\$YZOO? sollte beim Wachstum von Zooplankton nicht die Algenmenge gemäss - 1/param\$YZOO abnehmen? Oder besagt dies einfach, dass Algen gemäss dem Yildparameter vom Zooplankton aufgenommen wird und beim Wachstum von Zooplankton auch "automatisch" die Menge param\$f.e. direkt freigesetzt wird? Des Weiteren hierzu, weshalb nimmt die POM um 1 zu beim Wachstum von Zooplankton?

Siehe oben. Von der Interpretation her darf man constraints und stöchiometrische Koeffizienten nicht verwechseln. Die Linearkombination aus beiden muss 0 ergeben, daher sind die constraints so formulieren.

Was beschreiben die "nu.resp.ZOO" und "nu.resp.ALG" Prozesse? Die Mineralization von Zooplankton und Phytoplankton? Weshalb werden bei diesen Prozessen keine Nährstoffe frei dafür aber beim Wachstum und Tod von den Organismen?

Hier geht es um die Respiration., also Atmung, siehe Kapitel 8.2, das ist Teil des Stoffes von nächster Woche. Doch, es werden Nährstoffe frei, es hat positive stöchiometrische Koeffizienten. Die Koeffizienten von HPO4 werden durch die Rundung auf drei Kommastellen leider null gesetzt, hier sollten wir wohl in Zukunft nur auf 4 Kommastellen runden. Hier die Originalwerte ohne Rundung:

```
> nu.2
      NH4      NO3      HPO4      HCO3      O2      H      H2O ALG ZOO      POM
gro.ALG.NH4 -0.004285714  0.000000000 -1.612903e-04 -0.030416667  0.029278994 -0.0264535330  0.002087174  1  0  0.0000000
gro.ALG.NO3  0.000000000 -0.004285714 -1.612903e-04 -0.030416667  0.037850422 -0.0350249616 -0.002198541  1  0  0.0000000
resp.ALG    0.004285714  0.000000000  1.612903e-04  0.030416667 -0.029278994  0.0264535330 -0.002087174 -1  0  0.0000000
death.ALG   0.002244898  0.000000000 -1.023280e-16  0.001666667  0.001713435 -0.0005782313  0.004965986 -1  0  0.7142857
groZOO     0.011428571  0.000000000  3.225806e-05  0.041583333 -0.030552227  0.0302192780  0.011225422 -5  1  2.0000000
resp.ZOO   0.004285714  0.000000000  3.225806e-04  0.030000000 -0.029063940  0.0263594470 -0.001912442  0 -1  0.0000000
death.ZOO  0.001428571  0.000000000  9.677419e-05 -0.010250000  0.014325461 -0.0114850230  0.007961982  0 -1  1.0000000
> |
```

Beim Wachstum werden keine Nährstoffe frei sondern verbraucht (negative Koeffizienten). Beim Tod werden deshalb Nährstoffe frei, weil die Zusammensetzung nicht übereinstimmt, siehe oben. Wenn man nicht rundet, sieht man übrigens dass der Koeffizient von Phosphat ganz leicht negativ ist -1e-16, das liegt an der numerischen Ungenauigkeit, der sollte eigentlich null sein.

Als letzte Frage noch, die Kategorie "Number of independent processes" beschreibt in den Beispielen von Exercise 3 die N-Quelle, oder? Wird dies quasi als unabhängigen Prozess verstanden, da wir in unseren Gleichungen nicht definiert haben, dass Nitrat oder Ammonium zum Wachstum der Algen benötigt wird?

Diese Zeile könnt Ihr ignorieren, sie ist für uns irrelevant. Sie gibt an, wieviele verschiedene von einander unabhängiger Prozesse man mit der gegebenen Zusammensetzung und gegebenen Constraints formulieren könnte. Das spielt aber weder in der Natur noch für die Modellierung eine Rolle. ZB sind ja Primärproduktion und Respiration von der Stöchiometrie her nicht von einander

unabhängig, es sind einfach die Vorzeichen vertauscht. Trotzdem kann es sinnvoll sein, beide Prozesse unabhängig voneinander ins Modell aufzunehmen, da sich die Prozessraten unterscheiden.