




Erweiterung des Vorlesungsbeispiels

Abhängig vom gewählten C_{start} sind unterschiedliche Verhalten in der Simulation erkennbar. Bei der Simulation wurde $C_{start} = 0$ festgelegt dadurch ist ersichtlich  dass sich der C Wert der beiden Schichten erhöht und ab einem bestimmten Zeitpunkt (ca. 2000 ZE (Zeiteinheiten, Wochen)) konstant bleibt. Das es sich hierbei um ein Gleichgewicht handelt, wird im Abschnitt *Berechnen des Gleichgewichtszustands* genauer erläutert.

Berechnen des Gleichgewichtszustands


Im Folgenden werden die beiden Gleichungen für $\frac{dC_E}{dt}$ und $\frac{dC_H}{dt}$ angegeben.

- $\frac{0.34 \cdot 1e6 \cdot 320}{50 \cdot 1e6} + \frac{C_H \cdot 0.5 \cdot 1e6}{50 \cdot 1e6} - \frac{0.34 \cdot 1e6 \cdot C_E}{50 \cdot 1e6} - 0.02 \cdot C_E - \frac{0.5 \cdot 1e6 \cdot C_E}{50 \cdot 1e6} = 0$
- $\frac{0.5 \cdot 1e6 \cdot C_E}{100 \cdot 1e6} - 0.002 \cdot C_H - \frac{0.5 \cdot 1e6 \cdot C_H}{100 \cdot 1e6} = 0$

Aus der zweiten Gleichung kann C_H wie folgt berechnet werden: $C_H = 5 \cdot \frac{C_E}{7}$. Dieses Resultat wird in die erste Gleichung eingesetzt. Dadurch ergibt sich die folgende Gleichung: $\frac{0.34 \cdot 1e6 \cdot 320}{50 \cdot 1e6} + \frac{5 \cdot C_E \cdot 0.5 \cdot 1e6}{7 \cdot 50 \cdot 1e6} - \frac{0.34 \cdot 1e6 \cdot C_E}{50 \cdot 1e6} - 0.02 \cdot C_E - \frac{0.5 \cdot 1e6 \cdot C_E}{50 \cdot 1e6} = 0$ Das Umstellen dieser Gleichung ergibt $C_E = 73.372$. Dieser Ergebnis wird wiederum in das zuvor berechnete C_H eingesetzt, somit ist $C_H = 52.409$. Diese Werte wurden mithilfe der Simulation überprüft (Siehe 1).

Ist das Gleichgewicht stabil? Ja, da das Gleichgewicht bei diesem Beispiel ein Attraktor ist. Dies wurde anhand von Events in der Simulation getestet. Ein Teil der Resultate sind im Anhang beigefügt (Siehe 2 und 3). Weitere Tests mit Ändern der C-Werte von Epilimnion und Hypolimnion wurden durchgeführt, jedoch dem Anhang nicht beigefügt.

Zwischenschichtenmodell für den Winter

Was kann man bezüglich des Gleichgewichts im Vergleich zum vorherigen Zwischenschichtenmodell sagen? Abhängig vom gewählten k_R im Winter sehen die Simulationsergebnisse anders aus. Da in der Aufgabenstellung keine Angaben in Bezug auf das zu wählende k_R vorhanden war, wurden beide Werte simuliert (Siehe 4 und 5). Unabhängig vom gewählten k_R ist das Ergebnis der Simulation periodisch oszillierend. Im Vergleich zum vorherigen Modell ist es bei diesem Zwischenschichtenmodell nicht möglich  ein Gleichgewicht zu erreichen. Im Folgenden werden die Werte aus den beiden Simulationsergebnissen erläutert.

k_{RE} Ab ca. 500 ZE stationär	C_{max}	C_{min}	k_{RH} Ab ca. 800 ZE stationär	C_{max}	C_{min}
Epilimnion	63.5	45		91	84
Hypolimnion	45	43.8		91	84
Lake	51	45		91	84

Anhang

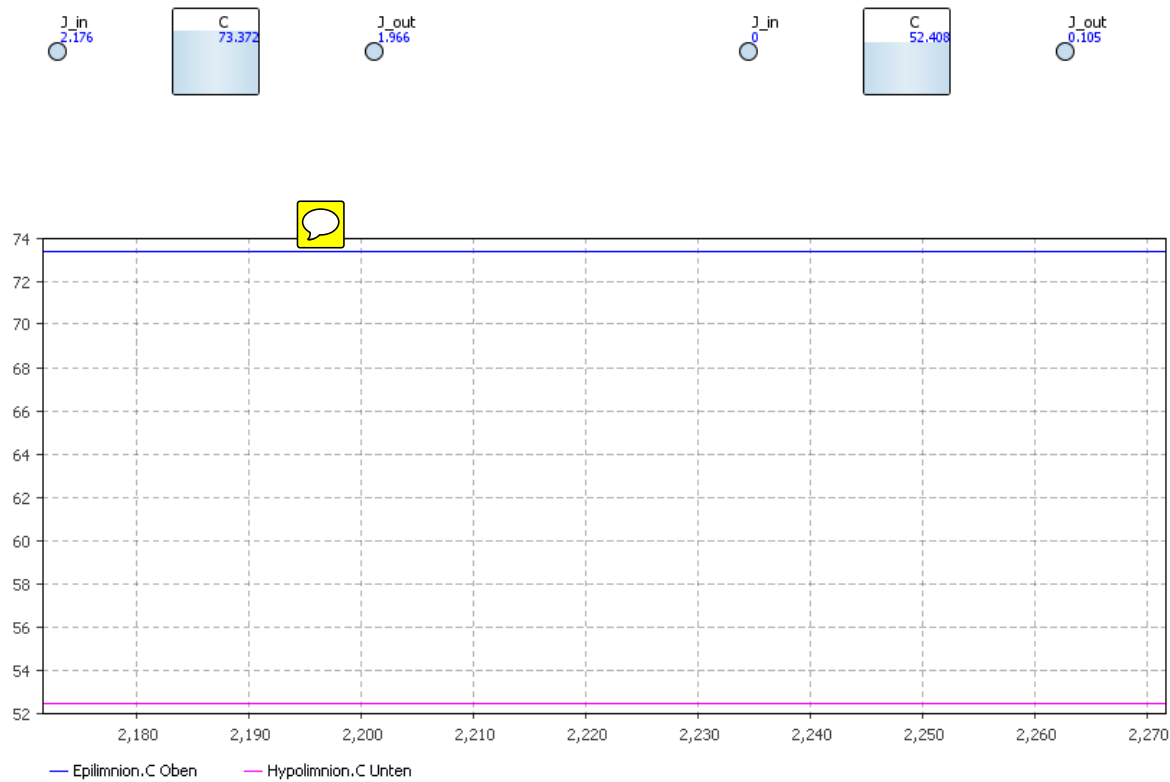


Abbildung 1: Simulation des Gleichgewichts

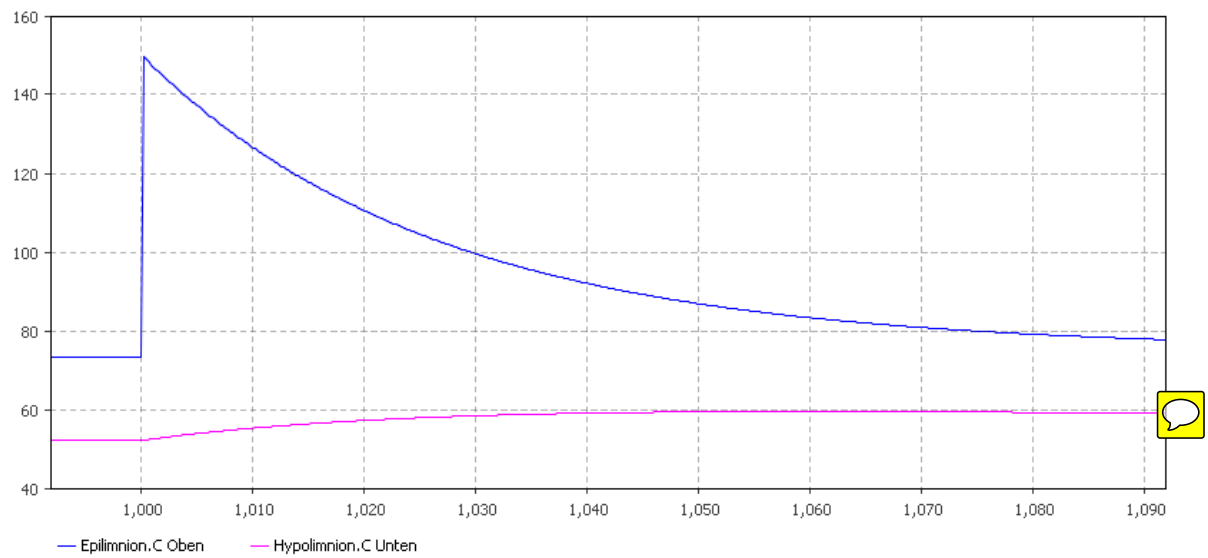


Abbildung 2: Simulation des Attraktors (C Epilimnion größer)

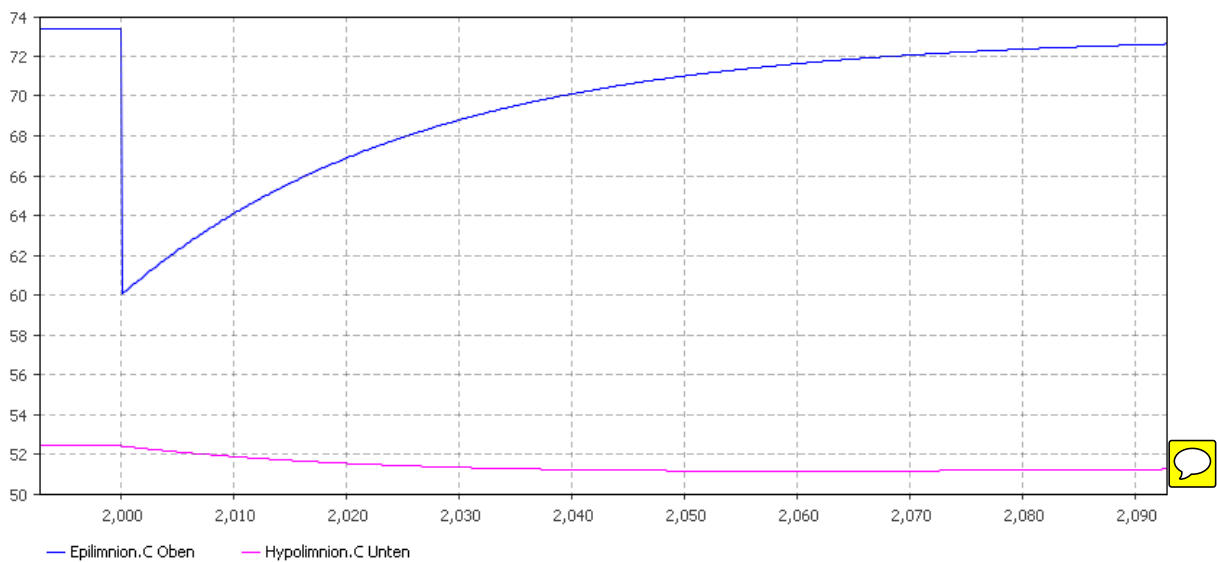


Abbildung 3: Simulation des Attraktors (C Epilimnion kleiner)

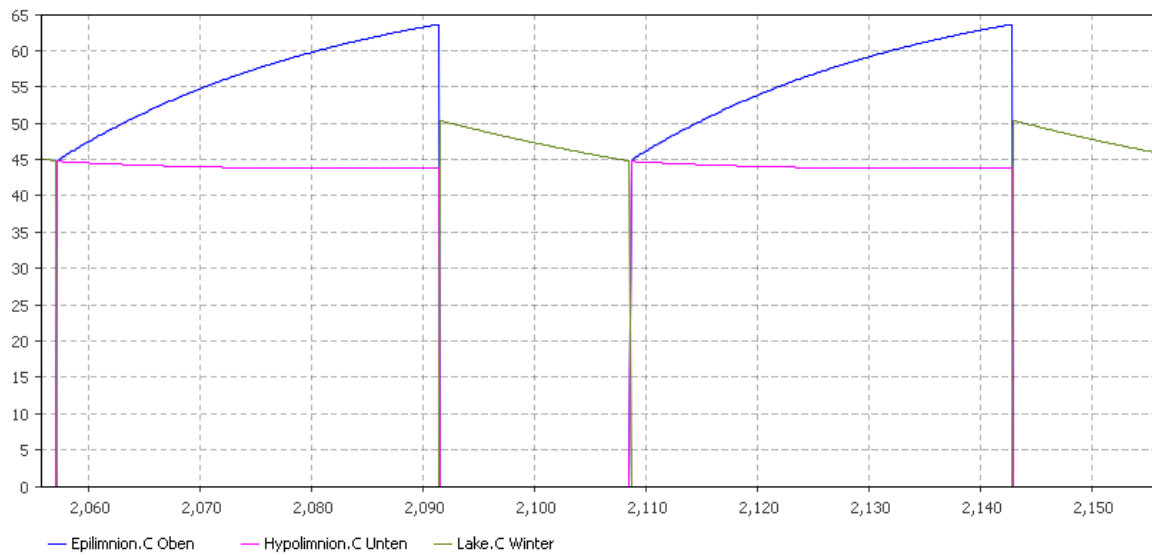


Abbildung 4: Steady State mit Sommer-Winter-Übergang k_{RE}

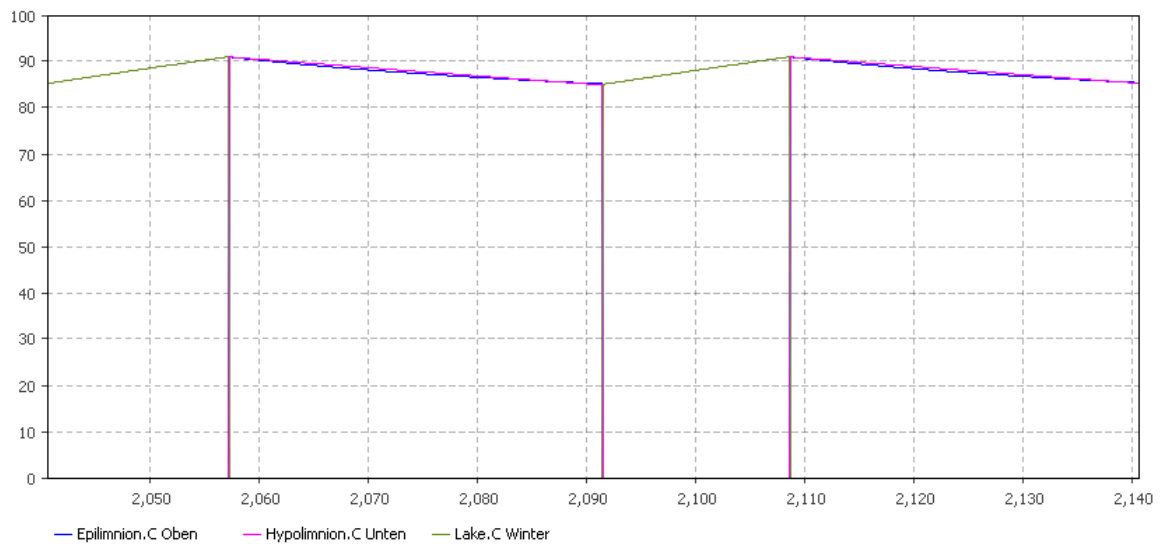


Abbildung 5: Steady State mit Sommer-Winter-Übergang k_{RH}