Home | Startseite | Impressum | Kontakt | Gästebuch

Aufgabe: Erklären Sie die Kalt- und Warmzeiten der jüngeren Erdgeschichte und zeigen Sie insbesondere, worin sich der Treibhauseffekt von natürlichen Schwankungen unterscheidet.

Lösung: Wir nehmen an, daß langfristige Temperaturschwankungen der Erdatmosphäre ein Ergebnis der Wechselwirkung mit der Biomasse durch periodisch sich ändernde O=C=O-Konzentrationen sind. Einflüssen wie einer aufgrund der Sonnenzyklen geringfügig sich ändernden Solarkonstanten messen wir keine signifikante Bedeutung bei. Ferner nehmen wir an, daß Schwankungen der Kohlendioxidkonzentration aufgrund von Vulkanausbrüchen im langfristigen Mittel ebenfalls keinem Trend folgen.

Sei γ_{11} die Rate an, mit welcher die Atmosphäre **A** Kohlendioxid an die Biomasse **B** abgibt, und γ_{21} diejenige, mit welcher die Biomasse O=C=O aus der Atmosphäre aufnimmt. Ferner entspreche γ_{22} derjenigen Rate, mit welcher die Biomasse durch Gärung, Fäulnis oder natürliche Verbrennung Kohlendioxid in die Atmosphäre pumpt, und γ_{12} sei die Rate, mit welcher die Atmosphäre O=C=O aus der Biomasse aufnimmt, wie in Abb. 1 anschaulich dargestellt.

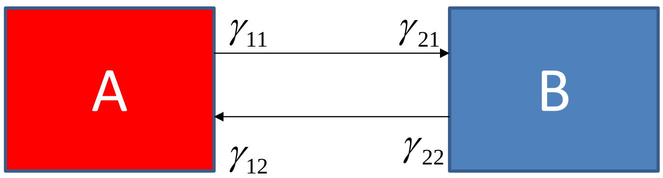

Abbildung 1. Einfaches Schaltbild zur Veranschaulichung des Ratengleichgewichts der wechselwirkenden Systeme Atmosphäre und Biomasse

Die Biomasse kann eventuell nicht soviel O=C=O aus Atmosphäre aufnehmen wie diese bereitstellt, d.h. $\gamma_{21} < \gamma_{11}$. Umgekehrt ist aber die Atmosphäre durchaus in der Lage, alles was aus der Biomasse kommt auch aufzunehmen. Folglich ist $\gamma_{12} = \gamma_{22}$. Ein Teil davon wird sicher im Meerwasser gelöst, doch diesen Einfluß betrachten wir hier nicht. Kann die Biomasse, weil es z.B. klimatisch zu kalt und das Vegetationswachstum stark gehemmt ist, weniger Kohlendioxid aufnehmen als ihr angeboten wird, steigt die O=C=O-Konzentration in der Luft an. Dann ist $\gamma_{21} < \gamma_{11}$ und es stellt sich ein Kohlendioxidüberschuß in der Atmosphäre ein. Gleichzeitig muß sich auch die Netto-Bilanz aus γ_{11} und γ_{12} so verhalten, daß sich in der Atmosphäre mehr O=C=O anreichert, als diese durch Photosynthese loswerden kann, d.h. $\gamma_{12} > \gamma_{11}$. Wenn die Konzentration steigt, ist die Folge eine natürliche Warmzeit.

Es ist daher auch verständlich, daß die Biomasse der Atmosphäre mehr O=C=O entzieht, wenn es wärmer wird, weil die Vegetation dann zunimmt. In diesem Fall gilt $\gamma_{21} = \gamma_{11}$, Zusätzlich wird noch die Netto-Bilanz aus γ_{11} und γ_{12} so sein, daß die Atmosphäre mehr

O=C=O an die Biomasse abgibt, als sie von dieser zurückkriegt, d.h. $\gamma_{11} > \gamma_{12}$. Die Folge ist eine Abnahme der O=C=O-Konzentration und damit eine sich anbahnende Kaltzeit.

Der Wechsel zwischen Warm- und Kaltzeiten findet auf ganz natürliche Weise statt und erklärt sich wie folgt: Ein steigender O=C=O-Gehalt der Luft begünstigt das Pflanzenwachstum, bis die Biomasse der Erdatmosphäre mehr Kohlendioxid entnimmt als sie ihr zurückgibt. Folglich sinkt der O=C=O-Pegel wieder und es wird um bis zu einige Grad kälter. Dabei bildet sich die Biomasse ebenfalls zurück, womit der O=C=O-Pegel schließlich wieder ansteigen kann und es deutlich wärmer wird. Dieser Kreislauf vollzieht sich periodisch in langen Zeiträumen und bewirkt Temperaturschwankungen um einen Mittelwert, mit maximalen und minimalen Grenzwerten, die nur wenige Grade auseinanderliegen. Ein solches Verhalten nennt man ein Räuber-Beute-System. Die Biomasse „frißt“ buchstäblich das O=C=O in der Atmosphäre auf und bringt sich dadurch selbst in die Gefahr des Aussterbens, dadurch das es zu einer Eiszeit kommt. Die Beute ist dabei das Kohlendioxid, dessen Konzentration sich nach einem Rückgang des „Räubers“ Biomasse während der darauffolgenden Warmzeit wieder erholt. Diese natürlichen Warm- und Kaltzeiten schwanken um einen langjährig stabilen Mittelwert der O=C=O-Konzentration und damit auch die mittlere globale Temperatur, die nur ganz allmählich sinkt, dadurch daß die Erde langsam auskühlt.

Seien W_1 und W_2 die O=C=O-Konzentrationen in Atmosphäre bzw. Biomasse. Dann lauten die Differentialgleichungen für diesen sich kontinuierlich ändernden Wechselwirkungsprozeß:

$$\frac{dW_1}{dt} = -\gamma_{11}W_1 + \gamma_{12}W_2,$$
$$\frac{dW_2}{dt} = \gamma_{21}W_1 - \gamma_{22}W_2.$$

Im Falle, daß $W = W_1 + W_2$ konstant ist, was dem stationären Gleichgewicht entspricht, gilt

$$\frac{dW}{dt} = \frac{dW_1}{dt} + \frac{dW_2}{dt} = (\gamma_{21} - \gamma_{11})W_1 + (\gamma_{12} - \gamma_{22})W_2 = 0 \quad \Leftrightarrow \quad \gamma_{21} = \gamma_{11}, \quad \gamma_{12} = \gamma_{22}.$$

Die Biomasse bekommt also von der Atmosphäre genausoviel O=C=O, wie sie braucht, und die Atmosphäre nimmt aus der Biomasse genausoviel auf, wie die Biomasse ausstößt.

Das homogene System des allgemeinen Falls läßt sich auf die Form

$$\begin{pmatrix} \dot{W}_1(t) \\ \dot{W}_2(t) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -\gamma_{11} & \gamma_{12} \\ \gamma_{21} & -\gamma_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} W_1(t) \\ W_2(t) \end{pmatrix}$$

bringen, wobei das charakteristische Polynom lautet:

$$P(z) = \begin{vmatrix} -\gamma_{11} - z & \gamma_{12} \\ \gamma_{21} & -\gamma_{22} - z \end{vmatrix} = 0.$$

Daraus folgt die quadratische Gleichung

$$z^2+(\gamma_{11}+\gamma_{22})z+\gamma_{11}\gamma_{22}-\gamma_{12}\gamma_{21}=0,$$

deren Lösungen durch

$$z_{1,2}=\frac{z_1+z_2}{2}\pm\frac{z_1-z_2}{2}=-\frac{\gamma_{11}+\gamma_{22}}{2}\pm\frac{1}{2}\sqrt{(\gamma_{11}-\gamma_{22})^2+4\gamma_{12}\gamma_{21}}$$

gegeben sind. Dabei haben wir die Umformung

$$(\gamma_{11}+\gamma_{22})^2-4(\gamma_{11}\gamma_{22}-\gamma_{12}\gamma_{21})=(\gamma_{11}-\gamma_{22})^2+4\gamma_{12}\gamma_{21}$$

vorgenommen. Mit Hilfe der Eigenwerte z_1 und z_2 berechnen wir die Eigenvektoren (v_1,v_2) gemäß der Gleichung

$$\begin{pmatrix}-(z_{1,2}+\gamma_{11}) & \gamma_{12}\\ \gamma_{21} & -(z_{1,2}+\gamma_{22})\end{pmatrix}\begin{pmatrix}v_1\\ v_2\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}0\\ 0\end{pmatrix}$$

und erhalten

$$\begin{pmatrix}v_1\\ v_2\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}\gamma_{12}\\ z_{1,2}+\gamma_{11}\end{pmatrix}.$$

Das Fundamentalsystem der Lösungen lautet demnach:

$$\begin{pmatrix}W_1(t)\\ W_2(t)\end{pmatrix}_{1,2}=e^{z_{1,2}t}\begin{pmatrix}v_1\\ v_2\end{pmatrix}_{1,2},$$

womit sich die allgemeine Lösung des homogenen Gleichungssystems zu

$$\begin{pmatrix}W_1(t)\\ W_2(t)\end{pmatrix}=A_1e^{z_1t}\begin{pmatrix}\gamma_{12}\\ z_1+\gamma_{11}\end{pmatrix}+A_2e^{z_2t}\begin{pmatrix}\gamma_{12}\\ z_2+\gamma_{11}\end{pmatrix}$$

ergibt. In Komponentenschreibweise aufgelöst können wir schreiben:

$$W_1(t)=\gamma_{12}A_1e^{z_1t}+\gamma_{12}A_2e^{z_2t},$$
$$W_2(t)=A_1(z_1+\gamma_{11})e^{z_1t}+A_2(z_2+\gamma_{11})e^{z_2t}.$$

Um die Amplituden zu bestimmen, setzen wir $t=0$:

$$W_1(0)=\gamma_{12}A_1+\gamma_{12}A_2,$$
$$W_2(0)=A_1(z_1+\gamma_{11})+A_2(z_2+\gamma_{11}).$$

Durch entsprechende Multiplikationen dieser Gleichungen und anschließende Subtraktion folgen nach A_1 und A_2 aufgelöst die Amplituden in Abhängigkeit von den Anfangswerten:

$$A_1 = -W_1(0)\frac{z_2+\gamma_{11}}{\gamma_{12}(z_1-z_2)} + W_2(0)\frac{1}{z_1-z_2}$$

bzw.

$$A_2 = W_1(0)\frac{z_1+\gamma_{11}}{\gamma_{12}(z_1-z_2)} - W_2(0)\frac{1}{z_1-z_2}.$$

Eingesetzt in die Lösungen erhalten wir

$$W_1(t) = \left(-W_1(0)\frac{z_2+\gamma_{11}}{z_1-z_2} + W_2(0)\frac{\gamma_{12}}{z_1-z_2}\right)e^{z_1 t} + \left(W_1(0)\frac{z_1+\gamma_{11}}{z_1-z_2} - W_2(0)\frac{\gamma_{12}}{z_1-z_2}\right)e^{z_2 t}$$

und

$$W_2(t) = \left(W_1(0)\frac{\gamma_{21}}{z_1-z_2} + W_2(0)\frac{z_1+\gamma_{11}}{z_1-z_2}\right)e^{z_1 t} + \left(-W_1(0)\frac{\gamma_{21}}{z_1-z_2} - W_2(0)\frac{z_2+\gamma_{11}}{z_1-z_2}\right)e^{z_2 t},$$

wobei wir noch von der Relation

$$(z_1+\gamma_{11})(z_2+\gamma_{11}) = -\gamma_{12}\gamma_{21}$$

Gebrauch gemacht haben. Nach entsprechender Umformung fassen wir wie folgt zusammen:

$$W_1(t) = -W_1(0)\frac{z_2 e^{z_1 t} - z_1 e^{z_2 t}}{z_1-z_2} - W_1(0)\frac{\gamma_{11}}{z_1-z_2}\left(e^{z_1 t} - e^{z_2 t}\right) + W_2(0)\frac{\gamma_{12}}{z_1-z_2}\left(e^{z_1 t} - e^{z_2 t}\right),$$

$$W_2(t) = W_2(0)\frac{z_1 e^{z_1 t} - z_2 e^{z_2 t}}{z_1-z_2} + W_2(0)\frac{\gamma_{11}}{z_1-z_2}\left(e^{z_1 t} - e^{z_2 t}\right) + W_1(0)\frac{\gamma_{21}}{z_1-z_2}\left(e^{z_1 t} - e^{z_2 t}\right).$$

Anhand der Substitutionen

$$z_1 e^{z_1 t} - z_2 e^{z_2 t} = \frac{z_1-z_2}{2}\left(e^{z_1 t} + e^{z_2 t}\right) - \frac{\gamma_{11}+\gamma_{22}}{2}\left(e^{z_1 t} - e^{z_2 t}\right),$$

$$z_2 e^{z_1 t} - z_1 e^{z_2 t} = -\frac{z_1-z_2}{2}\left(e^{z_1 t} + e^{z_2 t}\right) - \frac{\gamma_{11}+\gamma_{22}}{2}\left(e^{z_1 t} - e^{z_2 t}\right)$$

können wir weiter vereinfachen, bis uns nur noch reine Sinus- und Kosinusterme verbleiben:

$$W_1(t)=\frac{1}{2}W_1(0)\left(e^{z_1t}+e^{z_2t}\right)+\frac{\gamma_{11}+\gamma_{22}}{2}W_1(0)\frac{e^{z_1t}-e^{z_2t}}{z_1-z_2}$$
$$-W_1(0)\frac{\gamma_{11}}{z_1-z_2}\left(e^{z_1t}-e^{z_2t}\right)+W_2(0)\frac{\gamma_{12}}{z_1-z_2}\left(e^{z_1t}-e^{z_2t}\right)$$

bzw.

$$W_2(t)=\frac{1}{2}W_2(0)\left(e^{z_1t}+e^{z_2t}\right)+\frac{\gamma_{11}+\gamma_{22}}{2}W_2(0)\frac{e^{z_1t}-e^{z_2t}}{z_1-z_2}$$
$$-W_2(0)\frac{\gamma_{22}}{z_1-z_2}\left(e^{z_1t}-e^{z_2t}\right)+W_1(0)\frac{\gamma_{21}}{z_1-z_2}\left(e^{z_1t}-e^{z_2t}\right).$$

Dabei mußten wir hilfsweise, um die Symmetrie zu wahren, von der Relation

$$-\frac{\gamma_{11}+\gamma_{22}}{2}+\gamma_{11}=\frac{\gamma_{11}+\gamma_{22}}{2}-\gamma_{22}$$

Gebrauch machen. Nach Einführung von Hyperbelfunktionen können wir abschließend schreiben:

$$W_1(t)=W_1(0)e^{-\frac{\gamma_{11}+\gamma_{22}}{2}t}\cosh\sqrt{\left(\gamma_{11}-\gamma_{22}\right)^2/4+\gamma_{12}\gamma_{21}}\,t$$
$$+\left(-\frac{\gamma_{11}-\gamma_{22}}{2}W_1(0)+\gamma_{12}W_2(0)\right)e^{-\frac{\gamma_{11}+\gamma_{22}}{2}t}\frac{\sinh\sqrt{\left(\gamma_{11}-\gamma_{22}\right)^2/4+\gamma_{12}\gamma_{21}}\,t}{\sqrt{\left(\gamma_{11}-\gamma_{22}\right)^2/4+\gamma_{12}\gamma_{21}}},$$

$$W_2(t)=W_2(0)e^{-\frac{\gamma_{11}+\gamma_{22}}{2}t}\cosh\sqrt{\left(\gamma_{11}-\gamma_{22}\right)^2/4+\gamma_{12}\gamma_{21}}\,t$$
$$+\left(\frac{\gamma_{11}-\gamma_{22}}{2}W_2(0)+\gamma_{21}W_1(0)\right)e^{-\frac{\gamma_{11}+\gamma_{22}}{2}t}\frac{\sinh\sqrt{\left(\gamma_{11}-\gamma_{22}\right)^2/4+\gamma_{12}\gamma_{21}}\,t}{\sqrt{\left(\gamma_{11}-\gamma_{22}\right)^2/4+\gamma_{12}\gamma_{21}}}.$$

Differentiation der beiden Lösungen ergibt die Ausdrücke für die Änderungsraten

$$\dot W_1(t)=\dot W_1(0)e^{-\frac{\gamma_{11}+\gamma_{22}}{2}t}\cosh\sqrt{\left(\gamma_{11}-\gamma_{22}\right)^2/4+\gamma_{12}\gamma_{21}}\,t$$
$$-\left(\frac{\gamma_{11}-\gamma_{22}}{2}\dot W_1(0)-\gamma_{12}\dot W_2(0)\right)e^{-\frac{\gamma_{11}+\gamma_{22}}{2}t}\frac{\sinh\sqrt{\left(\gamma_{11}-\gamma_{22}\right)^2/4+\gamma_{12}\gamma_{21}}\,t}{\sqrt{\left(\gamma_{11}-\gamma_{22}\right)^2/4+\gamma_{12}\gamma_{21}}},$$

$$\dot W_2(t)=\dot W_2(0)e^{-\frac{\gamma_{11}+\gamma_{22}}{2}t}\cosh\sqrt{\left(\gamma_{11}-\gamma_{22}\right)^2/4+\gamma_{12}\gamma_{21}}\,t$$
$$-\left(\frac{\gamma_{22}-\gamma_{11}}{2}\dot W_2(0)-\gamma_{21}\dot W_1(0)\right)e^{-\frac{\gamma_{11}+\gamma_{22}}{2}t}\frac{\sinh\sqrt{\left(\gamma_{11}-\gamma_{22}\right)^2/4+\gamma_{12}\gamma_{21}}\,t}{\sqrt{\left(\gamma_{11}-\gamma_{22}\right)^2/4+\gamma_{12}\gamma_{21}}}.$$

Die Lösungen im stationären Fall, d.h. wenn das gesamte O=C=O konstant ist und keine Anreicherung in der Atmosphäre erfolgt, erhalten wir aus den Eigenwerten

$$z_{1,2} = -\frac{\gamma_{11}+\gamma_{22}}{2} \pm \frac{\gamma_{11}+\gamma_{22}}{2} \quad \Leftrightarrow \quad (z_1 = 0) \wedge (z_2 = -(\gamma_{11}+\gamma_{22}))$$

zu

$$W_1(t) = W_1(0) + \frac{\dot{W}_1(0)}{\gamma_{11}+\gamma_{22}}\left(1 - e^{-(\gamma_{11}+\gamma_{22})t}\right) \quad \text{bzw.} \quad W_2(t) = W_2(0) + \frac{\dot{W}_2(0)}{\gamma_{11}+\gamma_{22}}\left(1 - e^{-(\gamma_{11}+\gamma_{22})t}\right).$$

Wenn die atmosphärische Konzentration gerade zunimmt, wenn also $\dot{W}_1(0) > 0,$ dann lauten diese Gleichungen wegen $\dot{W}_2(0) = -\dot{W}_1(0)$

$$W_1(t) = W_1(0) + \frac{\dot{W}_1(0)}{\gamma_{11}+\gamma_{22}}\left(1 - e^{-(\gamma_{11}+\gamma_{22})t}\right) \quad \text{und} \quad W_2(t) = W_2(0) - \frac{\dot{W}_1(0)}{\gamma_{11}+\gamma_{22}}\left(1 - e^{-(\gamma_{11}+\gamma_{22})t}\right).$$

Wegen

$$\begin{aligned} \dot{W}_1(0) &= -\gamma_{11}W_1(0) + \gamma_{22}W_2(0) = \gamma_{22}W - (\gamma_{11}+\gamma_{22})W_1(0), \\ \dot{W}_2(0) &= \gamma_{11}W_1(0) - \gamma_{22}W_2(0) = \gamma_{11}W - (\gamma_{11}+\gamma_{22})W_2(0) \end{aligned}$$

können wir umformen in

$$\begin{aligned} W_1(t) &= W_1(0)e^{-(\gamma_{11}+\gamma_{22})t} + \frac{\gamma_{22}W}{\gamma_{11}+\gamma_{22}}\left(1 - e^{-(\gamma_{11}+\gamma_{22})t}\right), \\ W_2(t) &= W_2(0)e^{-(\gamma_{11}+\gamma_{22})t} + \frac{\gamma_{11}W}{\gamma_{11}+\gamma_{22}}\left(1 - e^{-(\gamma_{11}+\gamma_{22})t}\right). \end{aligned}$$

Dabei nimmt jeweils der erste Term ab, während der zweite zunimmt. Die Summe beider Funktionen ist jedoch stets konstant gleich *W*. Die Sättigungswerte der beiden Konzentrationen nach unendlicher Zeit sind

$$\lim_{t\to\infty} W_1(t) = \frac{\gamma_{22}W}{\gamma_{11}+\gamma_{22}} \quad \text{und} \quad \lim_{t\to\infty} W_2(t) = \frac{\gamma_{11}W}{\gamma_{11}+\gamma_{22}}.$$

Dabei konvergiert jede Lösung gegen einen Grenzwert, der von Rate der jeweils anderen Komponente abhängt. Von beiden Lösungen muß also eine stets ansteigen, während die andere abnehmen muß, sonst könnte die Summe nicht konstant sein. Welche der beiden das ist, hängt nur vom Verhältnis der Raten und der Amplituden ab.

Die Änderungen erfolgen exponentiell mit umgekehrtem Vorzeichen:

$$\dot{W}_1(t) = \dot{W}_1(0)e^{-(\gamma_{11}+\gamma_{22})t} \quad \text{und} \quad \dot{W}_2(t) = \dot{W}_2(0)e^{-(\gamma_{11}+\gamma_{22})t}.$$

Auch hier ist klar, daß wenn die eine Rate positiv ist, die andere negativ sein muß, aber absolut gesehen sind die beiden gleich. Wenn $\dot{W}_1(0)$ positiv ist, muß das gewichtete Verhältnis $\gamma_{22}W_2(0)/\gamma_{11}W_1(0)$ größer sein als 1. Ist $\dot{W}_1(0)$ hingegen negativ und $\dot{W}_2(0)$ demnach positiv, so muß sich dieses Verhältnis umkehren und kleiner als 1 sein. Das Amplitudenverhältnis verhält sich demnach genau umgekehrt wie das Verhältnis der Raten.

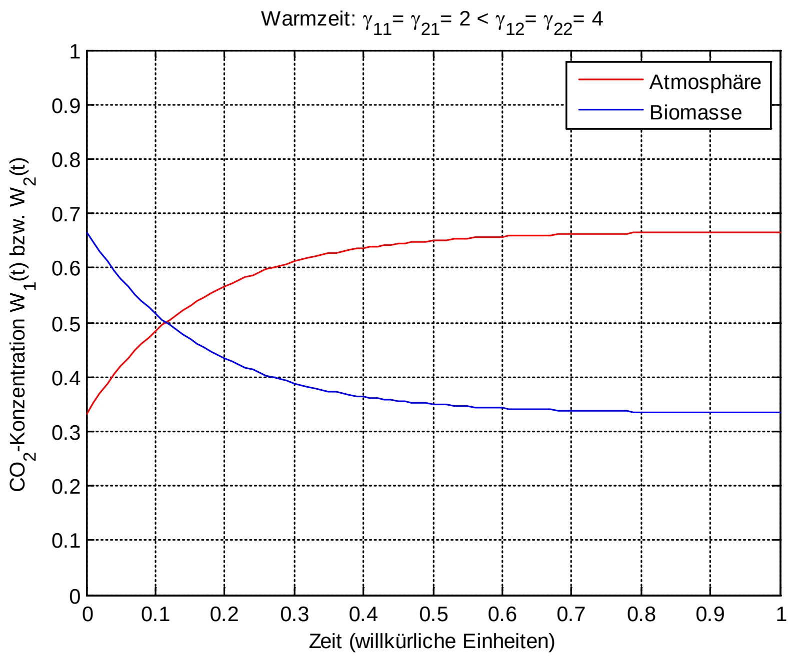

Abbildung 2. Während einer Warmzeit nimmt die O=C=O-Konzentration in der Atmosphäre bis zum langjährigen Maximalwert zu

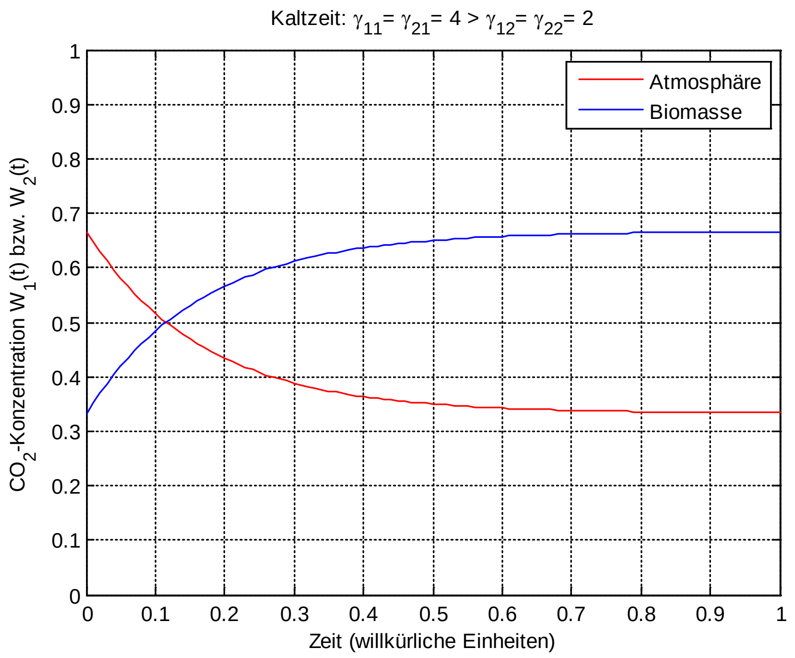

Abbildung 3. Während einer Eiszeit nimmt die O=C=O-Konzentration in der Atmosphäre bis auf den langjährigen Minimalwert ab

In den Abbildungen 2 und 3 werden jeweils eine Warm- und eine Kaltzeit bei einer angenommenen Verdopplung der atmosphärischen O=C=O-Konzentration simuliert. In der Realität ändern sich die Ratengrößen natürlich nicht schlagartig, sondern allmählich. Der mathematische Räuber-Beute-Formalismus würde daher eine noch zutreffendere Beschreibung der tatsächlichen Verhältnisse liefern. Wir haben hier die unnatürliche Unstetigkeit im Umkehrpunkt vereinfachend in Kauf genommen.

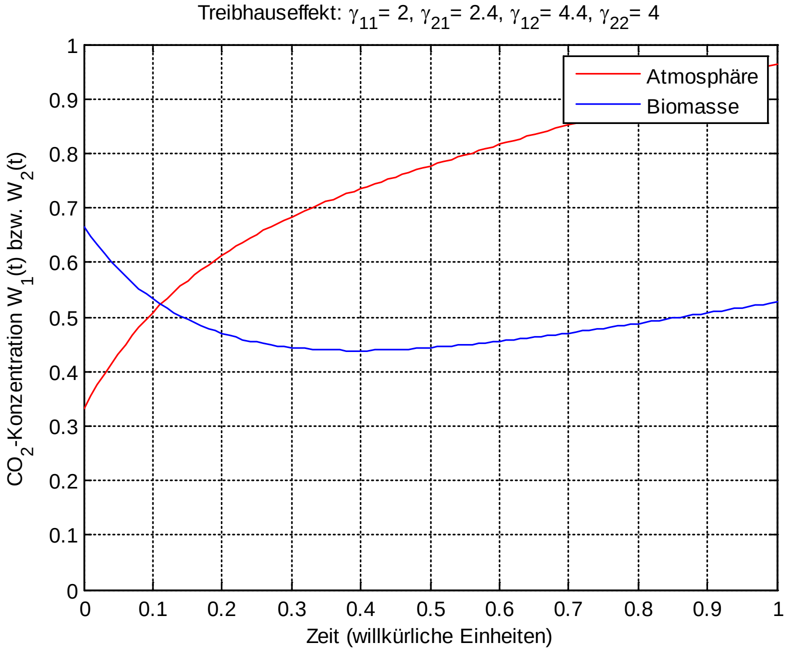

Abbildung 4. Beim Treibhauseffekt nimmt die O=C=O-Konzentration in der Atmosphäre über den langjährigen Maximalwert hinaus zu

Im Falle eines Treibhauseffekts nimmt die gesamte O=C=O-Konzentration zu, egal ob das Kohlendioxid in der Atmosphäre steckt oder in der Biomasse gebunden ist. Wegen $\dot{W} > 0$ und wegen des Grenzwerts $W_2(\infty)/W_1(\infty) = \gamma_{11}/\gamma_{22}$ im stationären Fall ist dann stets

$$(\gamma_{21} - \gamma_{11})\gamma_{22} + (\gamma_{12} - \gamma_{22})\gamma_{11} > 0, \quad \text{falls} \quad (\gamma_{21} > \gamma_{11}) \wedge (\gamma_{12} > \gamma_{22}).$$

Diesen Fall haben wir in Abb. 4 veranschaulicht. Dabei sieht man deutlich, wie der O=C=O-Anstieg in der Atmosphäre eindeutig vom Sättigungsverhalten abweicht und linear ansteigt. Das biologische Gleichgewicht ist durch das Einbringen fossiler Verbrennungsrückstände in die Atmosphäre erheblich gestört. Das macht sich besonders gravierend bemerkbar, wenn die Biomasse immer weiter schrumpft, d.h. wenn Regenwälder abgeholzt und Flächen verbaut werden, die dann eine Bepflanzung nicht mehr erlauben. Die fortschreitende Verwüstung und der Anstieg des Meeresspiegels reduzieren die Biomasse zusätzlich. Auslöser dieser Vorgänge ist ausschließlich der Mensch, der das ungestörte Wachstum der Natur nachteilig beeinflußt. Daß natürliche Warm- und Kaltzeiten nicht für diese Entwicklung verantwortlich sein können, erhellt bereits aus der Tatsache, daß die zusätzliche Freisetzung von Kohlendioxid infolge der Verbrennung fossiler Brennstoffe, die in gebundener Form unter der Erdoberfläche lagern und gar keinen Kontakt zur Atmosphäre hatten, ehe der Mensch sie freisetzte, durch keine noch so üppige Vegetation wiederaufgefangen werden kann, um dieses zusätzliche O=C=O zu binden und damit unschädlich zu machen. Der Mensch verbraucht in wenigen Jahrhunderten, was in Jahrmillionen der Erdgeschichte vom Karbon bis in die Kreidezeit an organischem Material unter der Erdoberfläche angesammelt worden ist. Gegen diese Argumentation können nur schwerlich Einwendungen vorgebracht werden, weil die großflächigen Rodungen der Regenwälder seit der Antike, die Brandrodung und die industrielle und städtische Verbauung von Flächen Entwicklungen sind, die jedermann auch aus der Gegenwart bewußt sein müßten. Die geringfügigen zusätzlichen Schwankungen mögen durch verstärkte oder abgeschwächte vulkanische Aktivitäten oder astronomische Fluktuation erklärbar sein.

