

Kurs auf grundlegendem Niveau

Simulation

Beschreibung eines Systems

Das hier zu untersuchende Ökosystem beschreibt ein reales System. Um größere Weideflächen für Schafe zu schaffen, hatte man in New South Wales [Australien] vorhandene Eukalyptuswälder gelichtet. Man achtete darauf, etwa 20 % des Waldbestandes zu erhalten, um eine Versteppung des schon vorhandenen und nun zusätzlich entstehenden Graslandes zu verhindern.

Das System war durch die umliegenden Regionen weitgehend abgeschlossen und die insgesamt von ihm ausgefüllte Fläche allein von Wald oder Grasland bedeckt.

Weiterhin sind zwei für das System wichtige Tierpopulationen vorhanden, die beide sowohl auf das Grasland als auch auf den Wald angewiesen sind. Eine der Tierpopulationen ist eine Insektenpopulation, die das Grasland im Larvenstadium benötigt und sich im Erwachsenenstadium von den Bäumen ernährt. Die andere Tierpopulation ist eine Vogelpopulation, die zum Nisten die Bäume benötigt und sich von den Insekten ernährt.

- a) Stellen Sie zu den in den drei folgenden Teilaufgaben jeweils beschriebenen, von einander unabhängigen Wachstumsvorgängen je ein Wirkungsdiagramm oder ein Flüßediagramm dar und skizzieren Sie den jeweiligen Verlauf des Zeitdiagramms.

Geben Sie an, welche Wachstumsform jeweils vorliegt, und begründen Sie.

- Die Biomasse der Bäume wächst jährlich mit einer konstanten Rate.
- Die Insekten vermehren sich wöchentlich um ein Zehntel (10 %) ihrer Biomasse.
- Die Vögel vermehren sich jährlich entsprechend ihrer vorhandenen Biomasse und der noch zur Verfügung stehenden Kapazität, die durch eine Maximalzahl begrenzt ist. (15P)

Der Zuwachs der Biomasse der Bäume wird in der Regel von der vorhandenen Biomasse der Bäume abhängen, gleichzeitig aber durch die zur Verfügung stehende Fläche begrenzt sein. Weiterhin soll der Wald bewirtschaftet werden, indem Teile abgeholzt werden. Die durch Abholzen frei werdende Fläche wird von Grasland eingenommen.

- b) Dieses eingeschränkte Szenario kann durch die folgenden Systemgleichungen beschrieben werden:

*Zustandsgleichungen*¹

$$\text{Wald_Biomasse_neu} = \text{Wald_Biomasse_alt} + dt * (\text{Zuwachs_Wald} - \text{Abholzung})$$

$$\text{Startwert Wald_Biomasse} = 20$$

Zustandsänderungen

$$\text{Zuwachs_Wald} = \text{ZuwachsRate_Wald} * \text{Wald_Biomasse} * (\text{Max_Biomasse_Wald} - \text{Wald_Biomasse}) / \text{Max_Biomasse_Wald}$$

$$\text{Abholzung} = \text{AbholzRate}$$

Parameter

$$\text{AbholzRate} = 2$$

$$\text{ZuwachsRate_Wald} = 0,1$$

$$\text{Max_Biomasse_Wald} = 100$$

Erläutern Sie die angegebenen Systemgleichungen.

(5P)

¹ Considero: $20.0 + \int - [\text{Abholzung}] + [\text{Zuwachs_Wald}] dt$
In den folgenden Gleichungen jeweils entsprechend

- c) Beschreiben Sie die Veränderung der Biomasse des Waldes in den beiden folgenden Diagrammen, die sich allein in der unterschiedlichen Biomasse der jährlichen Abholzung unterscheiden und erklären Sie, weshalb es zu den unterschiedlichen Reaktionen kommt. (5P)
 [Consideo-Bilder in der Anlage]

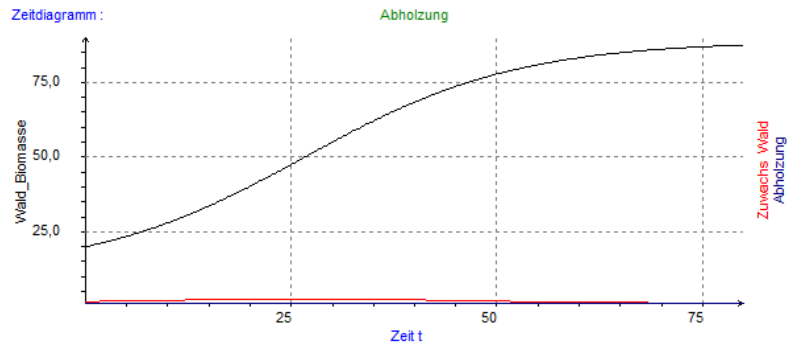


Bild 1

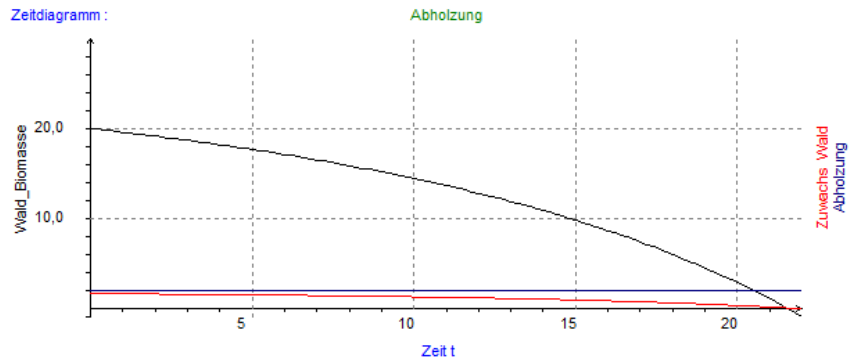
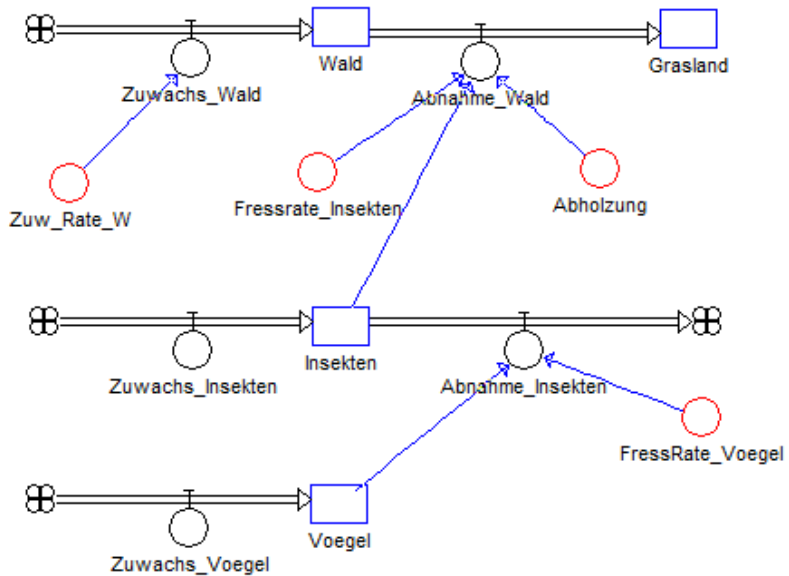


Bild 2

- d) Im Gegensatz zu der Annahme der Planer in New South Wales entwickelte sich das Ökosystem nicht wie erwartet, denn der restliche Waldbestand brach nach kurzer Zeit durch den Befall mit Schadinsekten zusammen.

Das nebenstehende Flüßediagramm zeigt einen Vorschlag zu einer Modellierung des Systems, mit der dieses nicht erwartete Verhalten des Systems simuliert werden sollte.



Untersuchen Sie die zu Grunde liegende Modellierung auf Vor- und Nachteile. Gehen Sie dabei auch auf die zu erwartenden Wachstumsformen ein.

(8P)

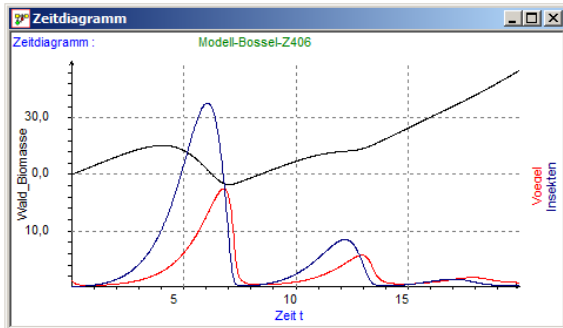
- e) Erläutern Sie, welche Änderungen Sie für eine vollständige Modellierung des Systems für notwendig halten und begründen Sie.

Sie können zur grafischen Darstellung ihrer Veränderungen statt eines Simulationsdiagramms auch ein Wirkungsdiagramm verwenden.

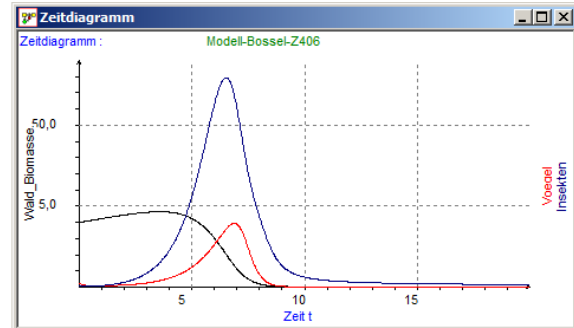
(7P)

- f) Die folgenden Diagramme zeigen zwei Zeitdiagramme einer anderen Modellierung des Systems bei unterschiedlich hohen Abholzungsraten.

Beschreiben Sie die Unterschiede und die daraus resultierenden Auswirkungen auf das Ökosystem und begründen Sie aus der Beschreibung des Systems heraus, dass die Abholzungsrate zu den beobachteten Veränderungen führen kann. (5P)



niedrige Abholzungsrate

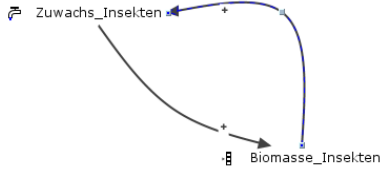

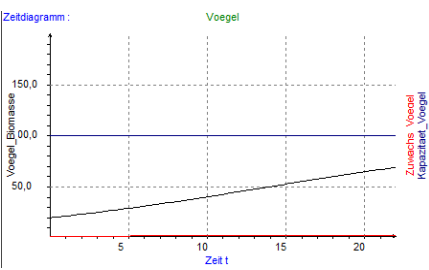
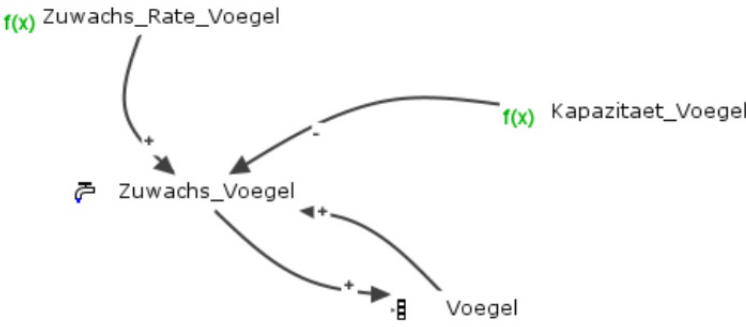


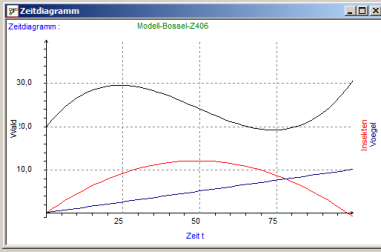
hohe Abholzungsrate

- g) *Entwickeln* Sie eine Empfehlung an die Bevölkerung der Region, die ihren Lebensunterhalt teilweise aus der Holzwirtschaft bezieht. (5P)

Erwartungshorizont

	Lösungsskizze	Zuordnung, Bewertung		
		I	II	III
a)	<ul style="list-style-type: none"> Es handelt sich um lineares Wachstum, da der Zuwachs konstant und nicht vom Bestand abhängig ist. Die grafische Darstellung muss eine lineare Funktion darstellen. <p>Diagramme (Dynasys):</p> <p>Zeitdiagramm:</p> <p>Diagramme (Consideo):</p> <ul style="list-style-type: none"> Es handelt sich um exponentielles Wachstum, da der Zuwachs proportional zum Bestand ist. In der grafischen Darstellung muss der steigende Zuwachs erkennbar sein. <p>Diagramme (Dynasys):</p> <p>Zeitdiagramm:</p>			

	Lösungsskizze	Zuordnung, Bewertung		
		I	II	III
	<p>Diagramme (Consideo):</p>  <ul style="list-style-type: none"> • Es handelt sich um logistisches Wachstum, da der Zuwachs sowohl vom Bestand als auch von der (freien) Kapazität abhängig ist. In der grafischen Darstellung muss der typische Verlauf eines logistischen Wachstums erkennbar sein. <p>Diagramme (Dynasys):</p>   <p>Diagramme (Consideo):</p> 	8	7	
b)	<p>Die Größe Biomasse_Wald ist ein Bestand [Bestandsfaktor], dessen Wert durch Aufsummieren der Änderungen schrittweise berechnet wird.</p> <p>Zustandsänderungen treten durch die Flüsse Zuwachs_Wald und Abholzung auf. Der Zuwachs_Wald zeigt die typischen Gleichungen für logistisches Wachstum, da er proportional nicht nur zu einem Faktor, sondern auch zum Bestandwert und zur freien Kapazität ist. [Der zusätzliche Teiler dient der Normierung.]</p> <p>Die Abholzung wird als konstant angenommen.</p> <p>Die Parameter definieren die für das System relevanten konstanten Werte.</p>	2	3	

	Lösungsskizze	Zuordnung, Bewertung		
		I	II	III
c)	Die erste Kurve (Bild 1) zeigt den typischen Verlauf für logistisches Wachstum, während die zweite (Bild 2) eine reine exponentielle Abnahme zeigt. Ursache ist, dass bei der zweiten Kurve die Abholzung größer ist als der anfängliche Zuwachs, so dass es gar nicht erst zu Wachstum kommen kann.	3	2	
d)	<p>Die im Flüßediagramm dargestellte Modellierung stellt die auftretenden Bestandsgrößen und Flüsse dar und zeigt auftretende Wirkungen. Es ist sehr einfach und damit leicht zu verstehen. [Hier können die Schülerinnen und Schüler die auftretenden Bestandsgrößen, Flüsse und Wirkungen beschreiben und erreichen damit Leistungen im Bereich I.]</p>  <p>Man erkennt, dass die Zuwächse und Abnahmen jeweils unabhängig von ihrer Bestandsgröße sind, so dass für alle Bestandsgrößen lineares Wachstum modelliert wird [Bereich II].</p> <p>Für Leistungen im Bereich III müssen sie das als Mangel erkennen und erläutern. Außerdem können sie schon an dieser Stelle auf die fehlenden Wechselwirkungen zwischen den Populationen eingehen.</p> <p>[Im vorliegenden Diagramm taucht jeweils nur eine Richtung auf.]</p> <p>[Das hier dargestellte, den Schülerinnen und Schülern nicht bekannte und von ihnen nicht erwartete Zeitdiagramm zeigt dennoch nicht nur lineare Verläufe, was daran liegt, dass durch die Wirkung von der Bestandsgröße der Vögel auf die Abnahme der Insekten und von der Bestandsgröße der Insekten auf die Abnahme des Waldes eine zweistufige Integratorenkette auftritt, die zu einem quadratischen Verlauf bei den Insekten und zu einem kubischen Verlauf beim Wald führt. Diese Erkenntnis kann von den Schülerinnen und Schülern nicht erwartet werden. Ist das dennoch der Fall, stellt das eine zusätzliche Leistung im Bereich III dar, die entsprechende fehlende Leistungen in der nachfolgend beschriebenen Lösung zu Teilaufgabe g) ersetzen kann.</p> <p>Weiterhin können die Schülerinnen und Schüler an dieser Stelle schon auf die Frage eingehen, ob das Grasland als eigene Größe sinnvoll ist. Dazu s.u.]</p>	2	3	3
e)	<p>Unabhängig davon, ob die Schülerinnen und Schüler in der vorigen Teilaufgabe bei der Bewertung darauf hinweisen, dass es unrealistisch ist, dass der Zuwachs unabhängig vom Bestandwert ist [s.u.], sollen sie in dieser Teilaufgabe zunächst Wirkungen nennen, die zwar in der Beschreibung des Systems auftauchen, im Modell aber nicht.</p> <p>Das ist einmal die Aussage, dass beide Tierpopulationen sowohl auf den Wald als auch auf das Grasland angewiesen sind. Daher muss es von den Bestandsgrößen Wald und Grasland Wirkungspfeile zu den Flüßes bei den Vögeln und Insekten geben. In den nachfolgenden Sätzen der Systembeschreibung sind diese Wirkungen außerdem vollständiger beschrieben. [Bereich II]</p> <p>Darüber hinausgehend sollen die Schülerinnen und Schüler darauf hinweisen, dass prinzipiell bei biologischen Systemen nicht davon ausgegangen werden kann, dass der Zuwachs unabhängig vom Bestandwert ist. Beim Wald und bei den Tierpopulationen ist davon auszugehen, dass der Zuwachs einerseits proportional zum Bestandwert ist [Bereich II], andererseits sind biologische Systeme in der Regel auch durch eine Kapazität des Systems beschränkt [Bereich III].</p>			

	Lösungsskizze	Zuordnung, Bewertung		
		I	II	III
	<p>Für eine weitergehende Wertung im Bereich III müsste zumindest beim Wald angeführt werden, dass er durch die zur Verfügung stehende Fläche begrenzt ist. Dass es zudem eine [dynamisch veränderliche] Kapazität für den Zuwachs bei Vögeln und Insekten gibt, ergibt die Möglichkeit auf das Fehlen der entsprechenden Kapazitäten und Wirkungen im vorliegenden Modell hinzuweisen und damit die volle Wertung im Bereich III zu erreichen.</p> <p>Fehlende Leistungen im Bereich III können hier teilweise durch die Erkenntnis ersetzt werden, dass das Grasland nicht als eigene Größe modelliert werden muss, sondern aus der Differenz zwischen der zur Verfügung stehenden Fläche und der mit Wald bestandenen Fläche berechnet werden kann.</p>		3	4
f)	<p>Das zweite der beiden Diagramme zeigt das in der Problembeschreibung angegebene tatsächliche Verhalten des Systems: Bei hoher Abholzungsrate bricht der Waldbestand durch den steilen Anstieg der Insektenpopulation zusammen. Das hat die Folge, dass auch die Insektenpopulation und schließlich die Vogelpopulation zusammenbrechen.</p> <p>Bei niedrigerer Abholzungsrate tritt zwar auch ein starker Anstieg der beiden Tierpopulationen auf, der aber nicht zu einem vollständigen Zusammenbruch des Waldbestandes führt. Alle Populationen können sich nach der starken Abnahme wieder erholen und auftretende Schwankungen werden vom System kompensiert.</p>		2	3
g)	<p>Die Empfehlung an die Bevölkerung geht hin zu einer nachhaltigen Forstwirtschaft, bei der die Abholzung so niedrig gehalten wird, dass das System sich selbst dann erholen kann, wenn es zu einer explosionsartigen Vermehrung der Insekten kommt.</p>		2	3
	Insgesamt 50 BWE	15	22	13