

1.) Das Diagramm stellt die Einflüsse von Ameisen und Schlupfwespen auf die Entwicklung von Schildlauspopulationen dar. Dabei werden die Ergebnisse von drei Experimenten beachtet. ~~Ein~~ Auf der x-Achse ~~mit Ameisen der Art~~ ist die Versuchsdauer in Tagen, jeweils im Abstand von 10 Tagen, dargestellt. Auf der y-Achse ist die Anzahl der Schildläuse dargestellt. Es werden die Ergebnisse von drei verschiedenen Einflüssen auf die Anzahl der

R Schildläuse in Abhängigkeit von der Zeit dargestellt. Zu Beginn des Versuches, also nach 0 Tagen, liegt die Anzahl der Schildläuse bei 500 Individuen. Wenn Schlupfwespen vorhanden sind, nimmt die Schildlauspopulation nahezu exponentiell ab. Zuerst sinkt die Populationsdichte etwas schneller, bis etwa zum 50. Tag nach Versuchsbeginn. Während nach 20 Tagen ca. 250 bis 300 Individuen vorhanden sind, sind es nach 50 Tagen noch etwa 100. Nach dem 50. Tag nimmt die Populationsdichte

„gleichmäßig“ ungerade



Langsamer ab bis nach 80 Tagen  
keine Individuen der Schildlauspopu-  
lation mehr vorhanden sind. ✓

vollständig

Wenn Ameisen der Art *Oecophylla*  
vorhanden sind, steigt die  
Schildlauspopulationsdichte.  $\Rightarrow$

Bis zum 10. Tag steigt sie  
relativ stark an und erreicht  
eine Individuenanzahl von 650.

Vom 10. bis 20. Tag ist ein  
sehr starker Anstieg der Populations-  
dichte zu erkennen. Nach 20

Tagen sind knapp 1000 Individuen  
vorhanden. Die Population

steigt also zunächst exponentiell. ✓

Dann wächst die Population

nur noch geringfügig bis

gar nicht mehr. Ab dem 50.

Tag steigt die Individuenzahl  
nicht weiter an. ✓

Maximumwert in der nächsten  
Beschreibung genannt  
 $\Rightarrow$  vollständig

Wenn Ameisen der Art A und  
Schlupfwespen vorhanden sind,

nimmt die Populationsgröße bis

zum 10. Tag leicht ab, ✓

wächst dann exponentiell an

A „steigt“

bis zum etwa 30. Tag, um

A

anschließend nur noch leicht

bis gar nicht zuzunehmen.

Ab dem 80. Tag vergrößert sich die  
Population nicht mehr. ✓ Sie umfasst



Beschreibung gelingt überwiegend  
vollständig. Kurvenverläufe  
sind z.T. ungenau.

ungenau

Pflanze-Schildlaus -  
Beziehung fehlt.

guter Aspekt

jetzt, ebenso wie wenn nur  
Ameisen der Art *Oecophylla*  
vorhanden sind, etwa 100  
Individuen. (\*) letzte Seite (S. 16) ✓

12.) Schildläuse ernähren sich  
von Honigtau. Dieser bleibt auf ihnen  
kleben, und führt so zu einer  
Schädigung der Population.

Ameisen ernähren  
sich von dem Honigtau  
der sich auf den Schildläusen  
befindet, sodass sich die  
Schildlauspopulation vermehren  
kann, weil die Ameisen den  
für die Schildlauspopulation  
begrenzenden Faktor Honigtau  
als Nahrungsquelle nutzen, ihn  
also von ihnen abfressen.

Bedingt dadurch lässt sich  
der zunächst exponentielle  
Anstieg der Schildlauspopulation  
bei Anwesenheit der Ameisen  
erklären. Ab einer bestimmten  
Populationsgröße jedoch stellt  
sich logistisches Wachstum  
ein, da dichteabhängige  
Faktoren das Populationswachstum  
einschränken. <sup>das</sup> Populationswachstum  
kommt zum Erliegen und die

$W_t$



Populationsgröße bleibt etwa konstant. Sie erreicht die Kapazitätsgrenze  $K$ . Die Kapazitätsgrenze, die die maximale Individuenzahl, einer Population zu einer bestimmten Zeit ergibt, ~~liegt~~<sup>wird</sup> bei 80 Individuen erreicht.

guter Aspekt

- Symbiose fehlt

Wenn nur Schlupfwespen vorhanden sind, ist eine Abnahme der Populationsdichte zu beobachten.

Diese ist darauf zurückzuführen, dass Schlupfwespen die Schildläuse zur Eiablage nutzen. Die Schildläuse dienen den Wespenlarven dann als Nahrung. Die Wespenlarven ernähren sich parasitär von den Schildläusen, die ihnen als Wirt dienen. Sie schädigen die Schildläuse. Sie ~~begrenzen das~~

beeinflussen das Populationswachstum negativ, indem sie als dichteunabhängige Faktoren wirken. Aufgrund des Parasitenbefalls sinkt die Geburtenrate der Schildlauspopulation und die Sterberate steigt. Die Population schrumpft immer weiter, bis nach etwa 80 Tagen kein Individuum mehr vorhanden ist.

guter Aspekt

R

! Ameisen nutzen neben dem



Räuber-Beute-Verhältnis  
nichtig erkannt.

Honigtau auch die Schlupfwespen-  
larven als Nahrungsgrundlage.

Ameisen sind also Räuber  
der Schlupfwespenlarven, letztere  
dienen ihnen als Beutetiere.

Wenn Ameisen und Schlupfwespen  
vorhanden sind, kommt es  
zunächst zu einer Abnahme

2 der Populationsdichte der  
Schildläuse, weil die Eier  
der Schlupfwespen

begrenzend wirken.

Das anschließende, zunächst  
exponentielle Wachstum ist

damit zu erklären, dass sich aus

den Eiern ausgewachsene  
Schlupfwespen entwickeln, die  
von den Ameisen gefressen

werden. Außerdem fressen die  
Ameisen Honigtau und befreien  
die Schildläuse so von

diesem. Damit kann sich die  
Populationsdichte der Schildläuse

2 vergrößern\*, nach dem Erreichen

Af 2 einer bestimmten Individuengröße,  
stellt sich logistisches Wachstum  
ein, weil dichteabhängige Faktoren  
einem weiteren Anwachsen der Population  
durch negative Rückkopplung entge-  
gen wirken. An der Kapazitäts-

\* weil zwei begrenzende Faktoren  
entfallen.

Kurvenverlauf richtig erläutert



grenze von 80 bleibt die Individuenanzahl und damit die Populationsdichte annähernd konstant.

Ameisen und Schildläuse sind ein

Beispiel für Koevolution.

guter zusätzlicher Aspekt

~~Die gegensei~~

Wenn nur die Entwicklung von Schildläusen betrachtet wird, ohne weitere Lebewesen, so bleibt die Populationsgröße im gleichen Beobachtungszeitraum im Wesentlichen gleich. Die Kapazitätsgrenze ist dann erreicht, das heißt also die

R

maximale Individuenanzahl der Population zu einem Zeitpunkt.

Geburten- und Sterberate halten sich die Waage. Der

Grund für den annähernden Gleichgewichtszustand sind negative Rückkopplungsprozesse.

Die Population schwankt geringfügig um die Kapazitätsgrenze aufgrund von Oszillationen.

Die Aufgabe wurde nur teilweise gelöst. Die parasitäre Lebensweise der Schildläuse fehlt und die Symbiose zwischen Ameisen und Schildläusen wurde als Koevolution gedeutet! Kurvenverläufe wurden mit logistischen Wachstum nichtig beschrieben



ATP Synthese falsch

Synthese von ATP  
und  $\text{NADPH} + \text{H}^+$  werden  
genannt

Verschmäkung geklärt  
„dem“ auf

$\text{NADPH} + \text{H}^+$  - Verbrauch in der  
Reduktionsphase richtig  
zugeordnet

1.3) In der Primärreaktion <sup>wird</sup>  
mithilfe von Lichtenergie  
aus Wasser Sauerstoff  
hergestellt, indem  $\text{NADP}^+$  zu  
 $\text{NADPH} + \text{H}^+$  reduziert <sup>wird</sup>.  
Dabei wird Energie frei, die  
zur Übertragung einer Phosphat-  
gruppe auf ADP genutzt wird,  
sodass ATP synthetisiert wird.  
In der lichtabhängigen Reaktion  
werden also die Reduktions-  
äquivalente  $\text{NADPH} + \text{H}^+$  und  
ATP hergestellt, aber noch keine  
Glucose hergestellt und kein  
Kohlenstoffdioxid benötigt. Die  
Reduktionsäquivalente werden benötigt  
für die Sekundärreaktion, in der  
Glucose aus Kohlenstoff des  
Kohlenstoffdioxids synthetisiert  
wird.  $\text{NADPH} + \text{H}^+$  ist dabei <sup>in</sup>  
zweiten Teilschritt der  
Sekundärreaktion nötig, bei der  
Reduktionsphase. Dabei wird  
PGS durch  $\text{NADPH} + \text{H}^+$  reduziert.  
Das heißt PGS nimmt Elektronen  
von  $\text{NADPH} + \text{H}^+$  auf. Bei dieser  
Redoxreaktion wird  $\text{NADPH} + \text{H}^+$   
oxidiert. Es entstehen PGA und  
 $\text{NADP}^+$ . Das  $\text{NADP}^+$  steht dann  
wieder für die Primärreaktion



zur Verfügung. Die Reduktion ist möglich aufgrund der unterschiedlichen Redoxpotentiale des  $\text{NADP}^+ / \text{NADPH} + \text{H}^+$ -Systems und des  $\text{PGA} / \text{PGS}$ -Systems.

Für die ~~Reduktion~~ <sup>Reaktion</sup> von  $\text{PGS}$  zu  $\text{PGA}$  ist

Energie nötig. Diese wird gewonnen durch die Abspaltung einer Phosphatgruppe von  $\text{ATP}$ . Dabei entsteht  $\text{ADP} + \text{P}$ . Das  $\text{ADP}$  steht damit ebenfalls wieder für die Primärreaktion bereit. Ohne das  $\text{ATP}$  kann die Reduktion nicht ablaufen.

$\text{ADP}$  und  $\text{NADP}^+$  müssen wieder regeneriert werden, damit die Primärreaktion nicht zum Erliegen kommt, die wiederum Voraussetzung für die Sekundärreaktion und damit den Glucoseaufbau ist.

Primär- und Sekundärreaktion sind durch  $\text{NADP}^+ / \text{NADPH} + \text{H}^+$  und <sup>das</sup>  $\text{ADP} / \text{ATP}$ -System miteinander verschänkt. ✓

*ATP-Verbrauch nichtig zu-geordnet.*

*Die Regenerationsphase wird nicht berücksichtigt*

*Die Aufgabe wird überwiegend richtig gelöst. Lediglich die Regenerationsphase wurde nicht beachtet. Hinzu kommen Ungenauigkeiten bei den Primärreaktionen.*



Beschreibung des Modells erfolgt  
vollständig

1.4) Das Source-and-Sink-Modell beschreibt die Transportvorgänge der Assimilate in der Pflanze. Als Source werden laut Modell die Assimilationsgewebe der Pflanze beschrieben, also diejenigen Orte, an denen Photosynthese betrieben wird. Als Sink werden hingegen Orte beschrieben, in denen keine Glucose synthetisiert wird, d.h. keine Photosynthese stattfindet, aber dennoch verstärkt Glucose benötigt wird. Vor dem Transport der Glucose in das Sinkgewebe wird sie im fotosynthetisch aktiven Gewebe in Saccharose umgewandelt. ✓

Die Saccharose gelangt aus dem Source-Gewebe durch einfache Diffusion in Blattzellen. Weil die Konzentration der Saccharose im fotosynthetisch aktiven Gewebe sehr viel höher ist als in den Blattzellen, wird für die Diffusion durch die semipermeable Membran keine Energie in Form von ATP benötigt. Es handelt sich um einen passiven Transport, der durch das Konzentrationsgefälle ermöglicht wird. Dabei beruht der Transportvorgang



auf der Brown'schen Molekularbewegung. Durch die Diffusion in eine Blattzelle wirken die Saccharosemoleküle dem Konzentrationsgradienten entgegen und führen zu einem Ausgleich der Konzentration in beiden Zellen. Durch den gleichen Transportvorgang, d.h. ebenfalls durch einfache Diffusion, gelangt die Saccharose durch mehrere Zellen. Als nächstes muss sie in die Geleitzellen des Leitbündels transportiert werden. Dies geschieht durch einen Cotransport. In diesem Fall ist der Cotransport ein Symport, bei dem ~~das~~ die zu transportierenden Saccharosemoleküle mit transportiert werden.

Einfache Diffusion durch die Blattzellen vollständig beschreiben

- Saccharose transport gegen das Konzentrationsgefälle

- für  $H^+$  Ionen ungenau

weil die Konzentration auf der Seite der Geleitzellen geringer ist als auf der Seite der Blattzelle, handelt es sich um einen passiven Transport, für den keine Energie nötig ist. Die  $H^+$ -Ionen und Saccharosemoleküle werden durch Transportproteine durch die Biomembran in die Geleitzellen transportiert. Die  $H^+$ -Ionen werden durch andere Transportproteine

10 (\*) beim Rückstrom von  $H^+$ -Ionen aus der Blattzelle in die Geleitzelle



das ist korrekt

aus der Geleitzelle zurück in die Blattzelle transportiert, aus der sie zuvor gekommen sind. ~~Wird es durch den kontinuierlichen Einstrom der  $H^+$ -Ionen zu einem Anstieg der  $H^+$ -Ionenkonzentration in den Geleitzellen kommt und so die Konzentration <sup>hier</sup> bald höher ist als in der Blattzelle, ist für den Transportvorgang Energie nötig.~~

Es handelt sich um einen primär aktiven Transport, bei dem die Spaltung von ATP in ADP + P<sub>i</sub> die nötige Energie liefert. Durch den  $H^+$ -Ionen-Transport zwischen den Blatt- und Geleitzellen wird so ermöglicht, dass beim Rückstrom der  $H^+$ -Ionen in die Geleitzellen, die Saccharosemoleküle ohne Energieaufwand mit den  $H^+$ -Ionen, die dem Konzentrationsgradienten

Symport und -ebenen  $H^+$ -Ionen-Transport durch ATP-Verbrauch wird vollständig erläutert.

[R]folgen, mittransportiert weder können. Durch den <sup>aktiven</sup>  $H^+$ -Ionen-Transport wird also ein Konzentrationsgefälle aufrecht erhalten.

Diffusion in Siebzellen wird erläutert:

Konzentrationsenkung durch Abtransport der Saccharose fehlt

Die Saccharosemoleküle diffundieren durch einfache Diffusion in die Siebzellen, von wo aus sie ebenfalls durch einfache Diffusion durch eine semipermeable



Biomembran in das Sink-Gewebe  
gelangen.

2.1) Duftstoffmoleküle gelangen durch  
Poren zu der Sensillenlyphe und  
lösen sich dort. Aufgrund des  
hohen Bindungsbestrebens der Proteine  
zu den Duftstoffmolekülen werden diese  
an <sup>das</sup> Duftstoffbindeprotein gebunden.

Das Duftstoffbindeprotein mit dem  
Duftstoffmolekül bindet sich an  
einen Rezeptor in der Membran  
des Dendriten der Geruchsinneszelle.

Dadurch kommt es zum Reiz der  
Geruchsinneszelle. Das Duftstoff-  
molekül ist ein extrazelluläres  
Signal, das in ein intrazelluläres  
Signal umgewandelt werden muss.  
Dies erfolgt bei der Signaltransduk-  
tion. Durch das Andocken des

Duftstoffbindeproteins mit dem  
Duftstoff an den Rezeptor  
löst sich das Duftstoffmolekül  
vom Protein und bindet sich <sup>an den</sup> Rezeptor

der „stationären Untereinheit“  
des Ionenkanals. Dadurch verschiebt  
sich die „bewegliche Untereinheit“  
des unspezifischen Ionenkanals,  
so dass der Ionenkanal geöffnet

R

Aufnahme / Bindung des Duftstoff-  
moleküls vollständig

Erklärung nicht nötig aber  
richtig



guter Aspekt (Depolarisation)

wird und  $\text{Ca}^{2+}$ -Ionen,  $\text{Na}^+$ -Ionen und  $\text{K}^+$ -Ionen aus der Sensillenlymphe in das Zellplasma des Dendriten einströmen. Es kommt zu einer Depolarisation der Membran in diesem Bereich. ✓

Durch das Andocken des Duftstoffmoleküls an den Rezeptor des Ionenkanals wird außerdem das G-Protein aktiviert, welches wiederum das Enzym Phospholipase aktiviert. Das Enzym spaltet

ein  $\text{PIP}_2$ -Molekül in ein DAG-Molekül und ein  $\text{IP}_3$ -Molekül. Das  $\text{IP}_3$ -Molekül dient als

sehr gute Ergänzung

second messenger zur Übertragung des extrazellulären Signals in ein intrazelluläres Signal, denn es bindet sich an den Rezeptor eines  $\text{Ca}^{2+}$ -Kanals, der sich dadurch öffnet, weil er seine Konformation ändert. Durch seine Öffnung wird der Einstrom von  $\text{Ca}^{2+}$ -Ionen ermöglicht.

Dann bindet sich ein

$\text{Ca}^{2+}$ -Ion an einen unspezifischen Ionenkanal, der dadurch seine Konformation ändert und sich öffnet.  $\text{Na}^+$ -Ionen,  $\text{Ca}^{2+}$ -Ionen und  $\text{K}^+$ -Ionen aus der Sensillenlymphe in das Zellplasma des Dendriten einströmen. Die Membran

„können“ w/



wird depolarisiert. Es entsteht ein Rezeptorpotential, das sich über den Dendriten <sup>und das Soma</sup> ausbreitet. Wird am Axonhügel der Schwellenwert überschritten, wird die Amplitude des Rezeptorpotentials in eine Aktionspotentialfrequenz uncodiert. Die Aktionspotentiale breiten sich über die Axonmembran aus und erreichen über sensorische Nerven das Zentralnervensystem. Im Gehirn erfolgt die Verarbeitung und eigentliche Wahrnehmung.

Die Beschreibung der Reaktionsabfolge erfolgt lückenlos und vollständig. <sup>\*</sup> Die Depolarisation wurde für zwei Stellen dokumentiert. Leider wird auf die Signalverstärkung nicht eingegangen.

<sup>\*</sup> mit guten zusätzlichen Aspekten

2.2.) Die Weiterleitung von Aktionspotentialen am Axon einer Nervenzelle ohne Myelinscheide erfolgt durch die kontinuierliche Erregungsweiterleitung. Dabei wird an der erregten Stelle des Axons durch spannungsgesteuertes Öffnen von  $\text{Na}^+$ -Ionenkanälen und den darauffolgenden Einstrom von  $\text{Na}^+$ -Ionen eine Depolarisation an der Axonmembran ausgelöst. Es entsteht ein Aktionspotential nach dem Alles-oder-Nichts-Gesetz.



An der erregten Stelle des Axons ist die Membran positiv geladen, die Umgebung der inneren Axonmembran hingegen ist negativ geladen.

Es breiten sich Ausgleichsströme, d.h. elektrische Felder, in beide Richtungen aus. Durch die Spannungsänderung öffnen sich in der Region, die vor dem Aktionspotential liegen, ebenfalls spannungsabhängige  $\text{Na}^+$ -Kanäle, die den Einstrom von  $\text{Na}^+$ -Ionen ermöglichen. Es kommt auch hier zu einer Depolarisation aufgrund des

Einstroms der positiven Ionen. Diese bewirken, dass sich das Membranpotential von Ruhepotential in Richtung eines positiveren Potentials verändert.

Dadurch wird auch hier ein Aktionspotential nach dem Alles-oder-Nichts-Gesetz, also wenn der Schwellenwert überschritten wird, ausgelöst. Ein Aktionspotential löst bei der Erregungsleitung am Axon einer Nervenzelle also immer ein neues Aktionspotential an der benachbarten Membranstelle aus.

Es werden also immer wieder neue Aktionspotentiale gebildet, sodass das Signal mit zunehmender Entfernung nicht abgeschwächt wird.

Aufgrund der Refraktärzeit kann sich das

- Ladungswechsel genannt

Ausgleichsströme richtig

R

Refraktärzeit genannt



Aktionspotential nur vom Axonhügel zu den synaptischen Endknöpfchen ausbreiten und nicht umgekehrt. ✓

Nach der Depolarisation, während der Repolarisation, schließen sich die  $\text{Na}^+$ -Ionenkanäle und werden für einen kurzen Moment, die Refraktärzeit, inaktiv. Sie lassen sich also bei einer Spannungsänderung nicht öffnen. Dadurch breitet sich zwar das elektrische Feld bei einer Depolarisation aus, es werden aber nur die  $\text{Na}^+$ -Ionenkanäle, die hinter der Axonstelle liegen, an der das vorherige Aktionspotential ausgelöst wurde, geöffnet. ✓

Die Entstehung von AP wird richtig beschrieben. Auch die Refraktärzeit wird benannt.

R Leider fehlt die Rückkehr zum Ruhepotential durch den Ausstrom von Kaliumionen.

\*) zu 1.1

Sowohl wenn nur Ameisen vorhanden sind, als auch wenn Ameisen und Schlupfwespen vorhanden sind, nähert sich die Populationsgröße der Schildlauspopulation einer Individuen-Zahl von 1400 an. ✓