

## Denkmodelle zu DNA und Proteinsynthese

### 1) Größenordnungen

Lit: Knippers: Molekulare Genetik / Alberts et al.: Molekularbiologie der Zelle / Leibold, K.; Klautke, S. (1999): Lerneffektivität des Einsatzes gegenständlicher Modelle in Biologieleistungskursen des Gymnasiums. ZfDN 5(1), 3-23

<b>Genome:</b>			
E.coli	1,36 mm	4 Mio BP	1000 Gene
Mensch	1000 mm	3.000 Mio BP (x2)	(20.000 bis) 100.000 Gene
<b>Modell Buch:</b>			
	1 Seite	100 Zeichen x 60 Zeilen	—> 6000 Zeichen ~ 1 mRNA
	1 Buch	500 Seiten	—> 200 Bände (1 Regal) ~ alle mRNA
	Bibliothek	2500 Bände mit > 90 % unsinniger Zeichenketten	<b>Genom</b>

### 2) DNA - Denkmodell „Konstruktionsanweisung; z.B. für ein Auto“

Zelle: allgemein	Zelle: konkret	Fabrik	Bemerkungen
Genom		Bibliothek (in Büros)	
1 Gen = Bauanleitung für . . . oder Steuervorschrift	Enzym / Haar Regulator	1 Werkzeug / 1 kl. Bauteil Schalter	
Gengruppen	Organ	Bauteil Motor, Sitz o.ä.	
Transkription	DNA→RNA→ ins Cytoplasma	Kopie für Werkstatt	
Translation	RNA → Protein	???	
Zelle		Fabrik und Zulieferpark	geordnet, Maschinen festgeschraubt
Enzymfunktion	Katalysieren von Einzelreaktionen	Blechformung, Zusammensetzung des Armaturenbrettes u.ä.	
Umwelteinfluss	Genregulation, Mutagene, Kopierfehler	Bestellung versch. Mod. Maschinendefekt, Qualitätsmanagement	
Allele / Merkmalsausprägung	Genotyp/ Phänotyp	Farben, Verdrahtungen, Fehlfunktionen	
<b>Probleme:</b>			
Organismus		???	
???		Konstrukteur, Arbeiter	

### 3) Proteinsynthese als „Drucken eines Kochrezeptes“

Zelle	Computer	Struktureigenschaften
DNA	Festplatte des Computers oder Server irgendwo	0/1 - Kette ohne erkennbare Struktur „Information“; gepackt; viele Kopien möglich
Transkription	„Laden“ (Download oder Kopie in den Speicher)	u.U. mit Änderung der „Sonderzeichen“ (ä - Thy)
Translation	Anzeige am Monitor und/oder Ausdruck	a) Buchstaben = anderer Code, verständlich b) Papier beweglich, com Computer unabhängig
Mutation	Abschreibefehler	Reparaturmöglichkeiten!! Wirkungen!!
<b>Ergebnis:</b>		
Protein / Enzym	gedrucktes Rezept, <b>keine Speise!</b>	

### 4) Vom Protein zum Merkmal als „Kochen“?

Einzigste, pauschale Modellaussage:

Proteine = Kochrezepte + Geräte + Zutaten reichen nicht für identisch reproduzierbare Ergebnisse aus!  
(Qualität, Chemie der Zutaten; Geräte waschen; Rezepte wiederverwenden bis unleserlich; ...)

**Modelle konstruktiv verwenden!!!** Schüler müssen Analogien konstruieren, nachdem die Biologie klar ist!

## logistisches Wachstum

- Lit: Czihak, Langer, Ziegler 1990 (4): Biologie, S.786ff. Springer Berlin.  
 Varley, Gradwell, Hassel 1973: Populationsökologie der Insekten. Thieme Stuttgart  
 Streit 1980: Ökologie. Thieme Stuttgart  
 Birg, H.: Die Eigendynamik des Weltbevölkerungswachstums. Spektrum 9/94, S.38-46  
 Nentwig, W.: Keine Entwarnung beim Bevölkerungswachstum: Brauchen wir global die Ein-Kind-Familie? Biuz 6/98, S.342ff  
 www.gingerbooth.com; www.biologylabs.awionline.com

### 1) Beispiele:

- 1.1 Bakterien: Verdopplung alle 20min, alle koordiniert  
 1.2 Enten: Ausgang  $N_0 = 100$  Tiere; jedes Jahr schlüpfen 6 Küken;  
 1.2.1 alle überleben  
 1.2.2 5 von 6 Küken sterben während des Jahres (Krankheit, Hunger, Räuber u.ä.)

	Generationen	0	1	2	3	t		
1	Anz. Bakterien	3	$3 \cdot 2$	$3 \cdot 2 \cdot 2$	$3 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2$	$3 \cdot 2^t$	$N_t = N_0 \cdot 2^t$	$N(t) = N(0) \cdot 2^t$
2.1	Anz. Enten	100				$100 \cdot 4^t$		$N(t) = N(0) \cdot 4^t$
2.2	Anz. Enten	100	150			$100 \cdot 1,5^t$		$N(t) = N(0) \cdot 1,5^t$

### 2) Auswertung 1:

Falls von den Jungtieren neben den Eltern auch nur eines jede Generation überlebt, wächst die Population exponentiell!!!

$N$  = Populationsgröße (Individuenzahl)

$t$  = Zeit (in Generationen, min, Jahren o.ä.)

$r$  = Wachstumsrate; in stark vereinfachtem Modell: Geburtenrate - Sterberate =  $b - m$

biologisch:  $N_t = N_0 \cdot r^t$  schulmathematisch:  $N(t) = N(0) \cdot r^t$

Kurve!!

Konsequenz: In einer stabilen Population müssen soviele Tiere sterben wie nachwachsen, d.h. alle bis auf das Ersatzniveau.

### 3) Auswertung 2:

Wenn ich eine Population verfolge, ergibt sich die Frage nach der Wachstumsrate. Ich muss obige Gleichung nach  $r$  auflösen. Es ergibt sich, nach Änderung der Basis zu  $e$ :

(vgl. Analysis Kl. 11 bzw. Kl. 12) (Das „ $r$ “ hier ist **der In des „ $r$  von oben“**)

biologisch:  $r = \frac{dN}{dt \cdot N}$  oder  $\frac{dN}{dt} = r \cdot N$ , schulmathematisch:  $r = \frac{N'(t)}{N(t)}$  oder  $N'(t) = r \cdot N(t)$

Das Populationswachstum (Ableitung  $N'$ ) ist also von der aktuellen Populationsgröße und einem „Wachstumsfaktor“ abhängig (je größer die Population, desto schneller wächst sie)!

### 4) Änderung des mathematischen Modells:

Beobachtung: (Kurven logistischen Wachstums) Die Populationen nähern sich einer Größe, die offensichtlich langfristig stabil bleiben kann; wir **nennen sie Kapazität** eines Biotops.

Liegt die Populationsgröße einmal darüber, fällt sie,  $N'$  muss also negativ werden!

Vorschlag:  $N'(t) = r \cdot N(t) \cdot \left(1 - \frac{N(t)}{K}\right)$  oder  $N'(t) = r \cdot N(t) - \left(r \cdot N(t) \cdot \frac{N(t)}{K}\right)$  oder

$N'(t) = r \cdot N(t) \cdot \frac{K - N(t)}{K}$  oder  $\frac{dN}{dt} = r \cdot N \cdot \frac{K - N}{K}$

(Verhulst-Pearl-Gleichung (1838, 1920))

## logistisches Wachstum

### 4.1 Konsequenzen:

- $N \ll K$  die Population liegt **weit** unter der Kapazität  
—> der Korrekturfaktor ist positiv und fast gleich 1,  
d.h. die Population wächst praktisch exponentiell
- $N < K$  die Population liegt unter der Kapazität  
—> der Korrekturfaktor ist positiv, aber noch kleiner als 1,  
d.h. die Population wächst gebremst
- $N = K$  die Population liegt bei der Kapazität  
—> der Korrekturfaktor ist 0  
d.h. die Population wächst nicht
- $N > K$  die Population liegt über der Kapazität  
—> der Korrekturfaktor ist negativ,  
d.h. die Population nimmt ab ( $N' < 0$ , Steigung negativ)
- Damit werden die Beobachtungen des logistischen Wachstums erklärt.

### 5 Beschränkung des Modells:

- 5.1 Generationenfolge wird nicht berücksichtigt. Zitate aus Varley zu Insekten:  
„Die meisten Beobachtungen geben ein völlig anderes Bild“  
„Die logistische Gleichung erscheint (...) ungeeignet, das Wachstum von Insektenpopulationen zu beschreiben, bei denen die Vermehrungsrate normalerweise hoch ist und die Lebensdauer der verschiedenen Altersklassen im Verhältnis zu den berücksichtigten Zeitperioden lang ist. Wir möchten jedoch betonen, dass die logistische Kurve gut zu Populationen von Bakterien, Hefen oder planktonischen Algen, die sich durch Zweiteilung fortpflanzen, passen kann. In erster Annäherung mag sie auch auf Dichteänderungen höherer Tiere passen, deren Generationen einander überschneiden und die eine niedrige Vermehrungsrate je Generation besitzen.“
- 5.2 Pearl und Reed (1920) gleichen logistische Gleichungen den Werten aus menschlichen Volkszählungen an; aber in den 50 Jahren, die seither vergangen sind, weichen die tatsächlichen Werte der Volkszählungen mehr und mehr von ihrer Extrapolation ab.
- Die menschliche Bevölkerung stellt einen Sonderfall dar:  
Bis in die 60er Jahre gab es ein superexponentielles Wachstum:  $r$  nahm ständig zu; bis auf einen Maximalwert von 2%, was einer Verdopplungszeit von 35 Jahren entsprach.  
Seit etwa 20 Jahren ist das Wachstum in ein subexponentielles übergegangen, mit einer in 1985 geschätzten Verdopplungszeit von 40 Jahren. (Czihak) (vgl. Birg 1994, Nentwig 1998)
- 5.3 Die Reaktions- oder Totzeit (Streit 1980, S.11)

Führt man in der Formel Zeitverschiebungen ein:  $N'(t) = r \cdot N(t - \varphi) \cdot \frac{K - N(t - \tau)}{K}$

so ergeben sich im Modell die charakteristischen periodischen Schwankungen.

$\varphi$  = Reproduktionsverzögerung, z.B. durch Tragzeit, Brutzeit u.ä.

$\tau$  = Reaktionszeitverzögerung der Population (z.B. auf Überschreiten der Kapazität)

## Beispiel für das Problem „Ausgleichskurven“ (EnzymeLab aus www.biologylab.awlonline.com; vgl. 3.5: Computer)

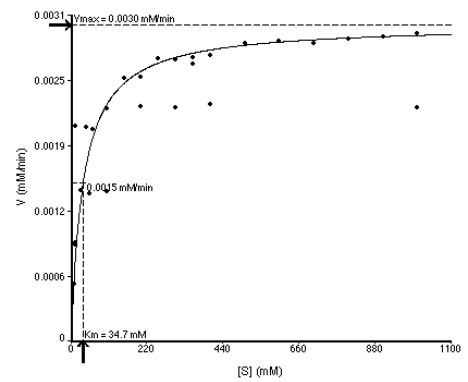
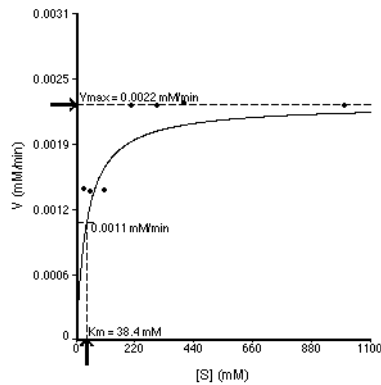
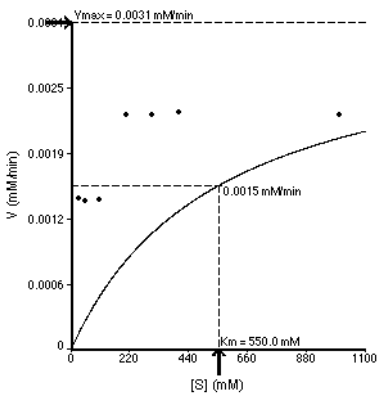
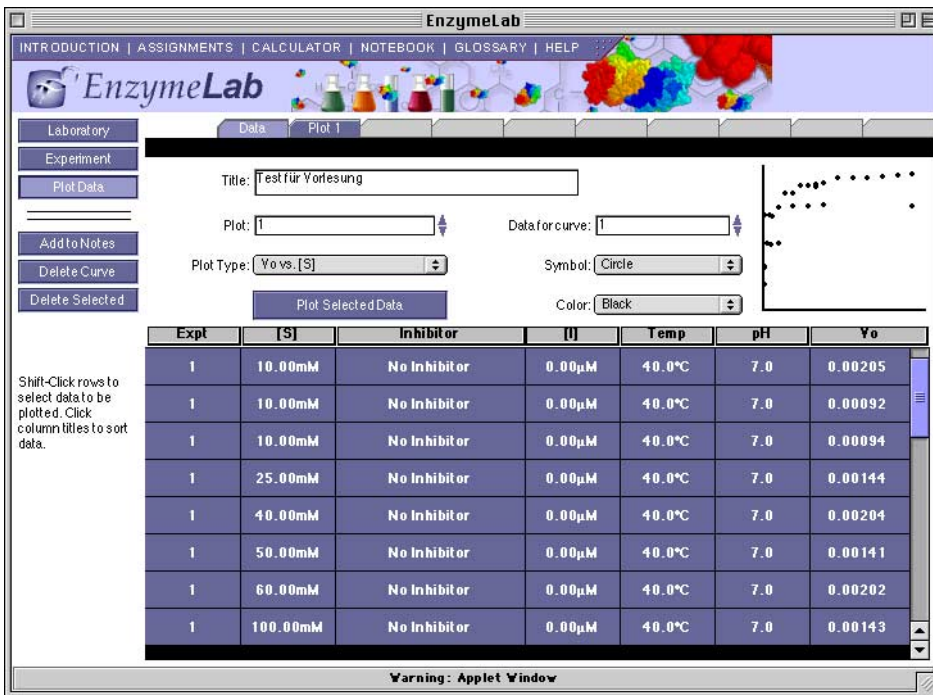
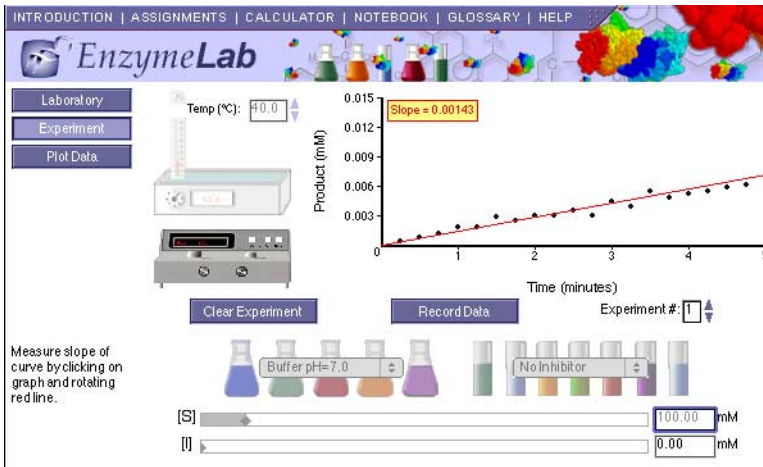


Abb 1

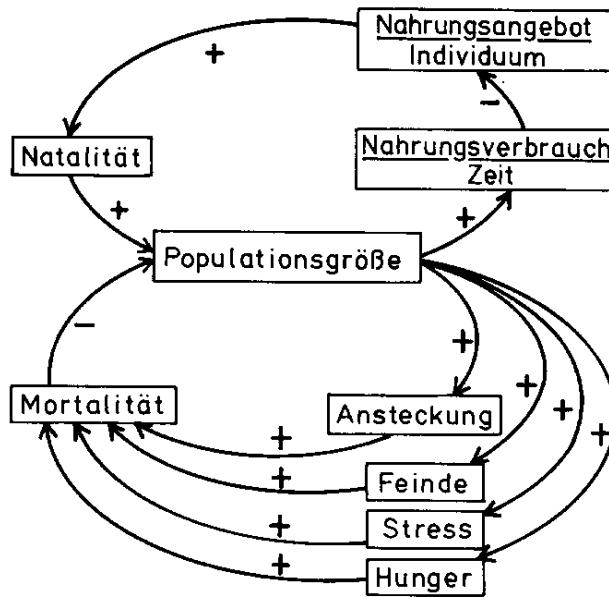
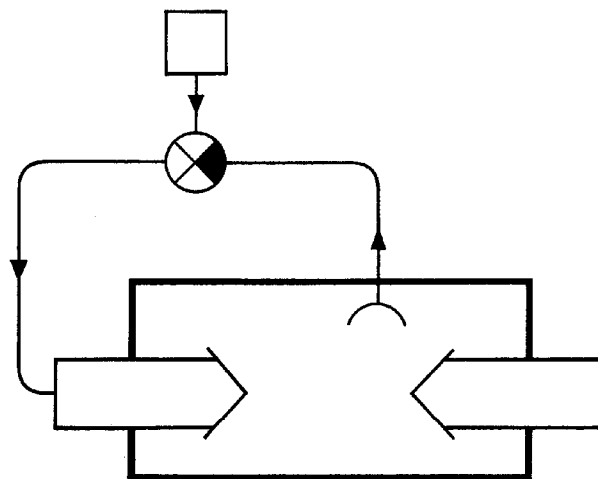


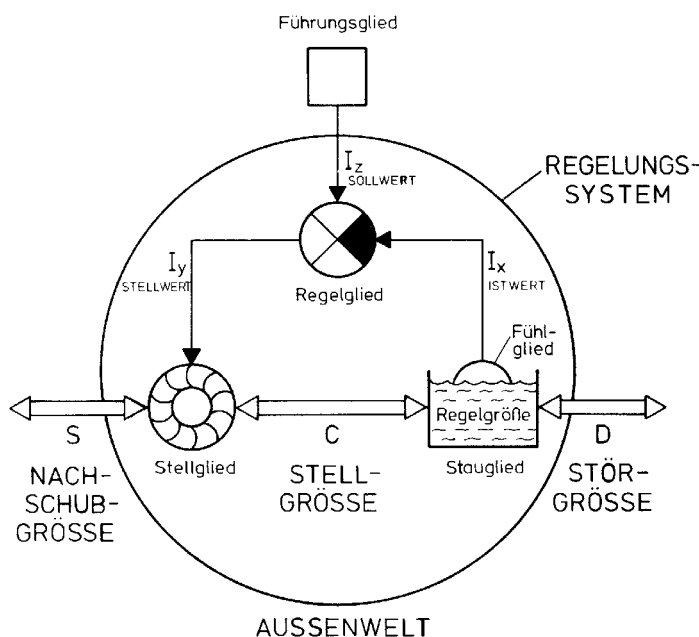
Abb 2



Regelkreisschema von Hassenstein.

z.B. in Hassenstein: Biologische Kybernetik. Quelle & Meyer Heidelberg, 1967, 2. Aufl.

Abb 3



Regelkreisschema von Gerhard Schäfer.

z.B. in Bayrhuber, Schäfer: Kybernetische Biologie. Aulis Verlag Köln, 1968

(in Einheitenbank des IPN)