

Hefewachstum

Peter Bützer

Inhalt

1	Hefe.....	1
2	Das System als Black Box.....	2
3	Messung des Wachstums	2
4	Modell.....	3
5	Simulation (Typ 9)	3
5.1	Simulationsdiagramm.....	4
5.2	Messung.....	4
5.3	Dokumentation (Gleichungen, Parameter)	4
5.4	Vergleich von Messungen und Simulation	5
5.5	Interpretation	5

1 Hefe

Vermehrung der Hefezellen von Bäckerhefe (*Saccharomyces cerevisiae*)

Wachstum ist definiert als Zunahme an Biomasse pro Zeiteinheit. Das Volumen der Zellen vergrößert sich, aber die Zellzahl bleibt konstant.

Hefen, als Einzeller, als Pilze, brauchen für das Wachstum als Energiequelle Kohlenhydrate (z.B. Glucose) und einige Mineralstoffe.

Das Wachstum der Hefezellen wird dabei von verschiedenen äusseren Faktoren beeinflusst, z.B. von der Temperatur, vom pH-Wert und von der Menge und Art des angebotenen Substrates.

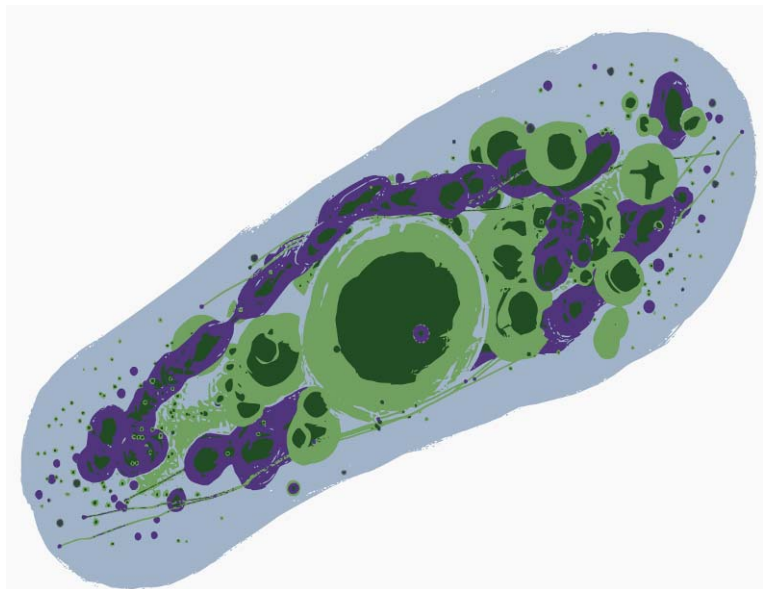


Abbildung 1: Hefezelle schematisch

2 Das System als Black Box

Hefen sind komplexe Systeme. Sie bauen Proteine, RNA, DNA, Organelle und Membranen auf und ab, als Ganzes sind sie für uns meist eigentliche Black Boxes.



Abbildung 2: Hefe als biochemische Black Box

Hefen können bestimmte Zucker als Energiequelle nutzen, andere nicht. So können Hefen zum Beispiel hervorragend Glucose verarbeiten, auch andere Monosaccharide werden gut aufgenommen.

Das Wachstum der Hefezellen lässt sich mit vielen verschiedenen Methoden bestimmen.

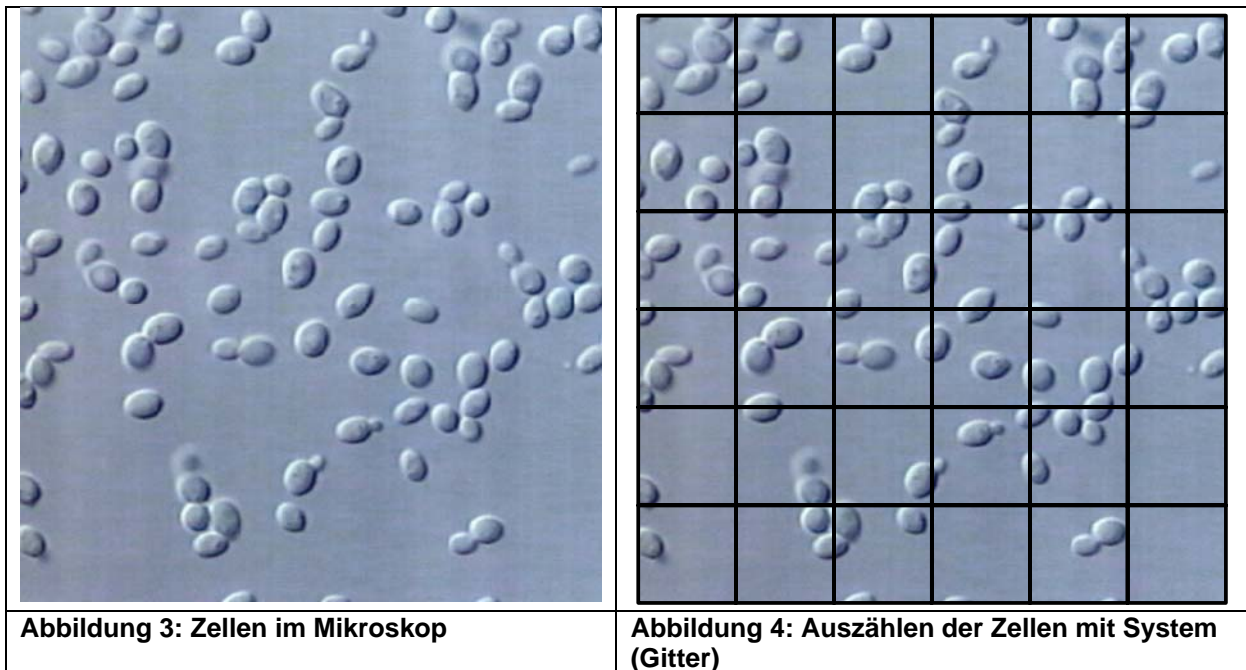
Es gibt eine direkte Messmethode, indem man die Zellmasse gravimetrisch oder volumetrisch bestimmt. Man kann sie aber auch indirekt bestimmen, zum Beispiel mit Hilfe einer Extinktionsmessung (Trübungsmessung), einer Messung der Viskosität oder einer Messung der Metabolismusaktivität (Säurebildung, CO₂-Produktion).

3 Messung des Wachstums

Experiment

- Man übertrage etwas Bäckerhefe in 150 ml Nährmedium (ca. 27-30°C) und schüttelt die Suspension gut durch.
- Unmittelbar nach dem Beimpfen entnimmt man für jede Probe 10 ml der Hefesuspension und gibt einige Tropfen Desinfektionsmittel hinzu.
- Anschliessend pipettiert man zwei Tropfen auf den Objektträger mit Zählkammer (evtl. verdünnen, es sollten nicht mehr als 50 Hefezellen in einem Grossquadrat sein) und zählt mindestens vier Grossquadrate (40 Kleinquadrate) in der Diagonalen aus.

Die Anzahl Zellen wird im Verlaufe der Zeit ausgezählt:



4 Modell

Das Zellwachstum folgt einem logistischen Wachstum.

- Die Hefezellen vermehren sich proportional den vorhandenen Zellen.
- Eine Sättigung bremst das Wachstum (Platzmangel, Nahrungsangebot..)

5 Simulation¹ (Typ 9)²

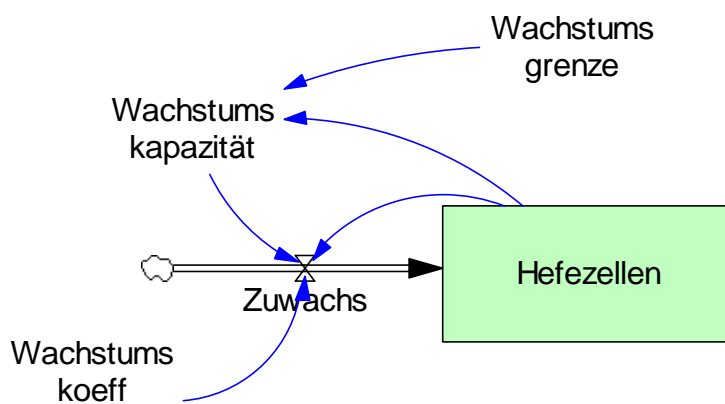


Abbildung 5: Simulationsdiagramm des logistische Wachstums

¹ Simulations-Software: Vensim[®] PLE, Ventana Systems, Inc., <http://www.vensim.com/>

² Bützer Peter, Roth Markus, Die Zeit im Griff, Systemdynamik in Chemie und Biochemie, verlag pestalozzianum, Zürich 2006, S. 94ff

5.1 Simulationsdiagramm

5.2 Messung

Zeit (min)	Anzahl Zellen
0	2
10	7
20	22
30	59
40	79
50	83
60	85

5.3 Dokumentation (Gleichungen, Parameter)

- (01) FINAL TIME = 60
Units: Minute
The final time for the simulation.
- (02) Hefezellen= INTEG (Zuwachs, 2)
Units: Anzahl
- (03) INITIAL TIME = 0
Units: Minute
The initial time for the simulation.
- (04) SAVEPER = 10
Units: Minute [0,?]
The frequency with which output is stored.
- (05) TIME STEP = 1
Units: Minute [0,?]
The time step for the simulation.
- (06) Wachstumsgrenze= 86
Units: Anzahl [0,1000,10]
- (07) Wachstumskapazität= Wachstumsgrenze-Hefezellen
Units: Anzahl
- (08) Wachstumskoeff= 0.0018
Units: 1/Minute*1/Anzahl [0,0.01]
- (09) Zuwachs= (Wachstumskoeff*Wachstumskapazität)*Hefezellen
Units: Anzahl/Minute

5.4 Vergleich von Messungen und Simulation

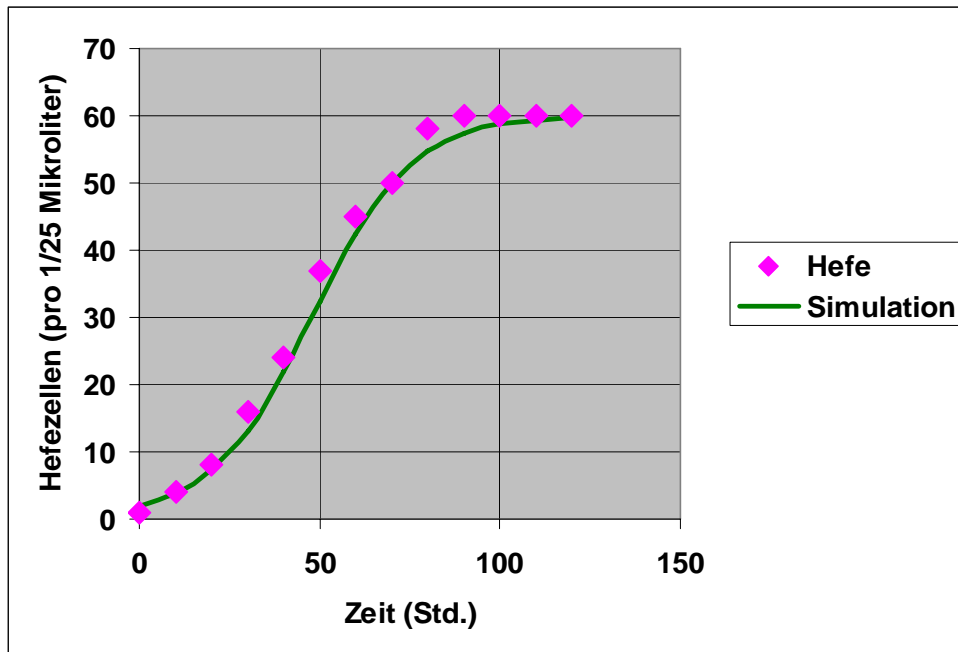


Abbildung 6: Vergleich von Messungen und Simulation

Der Wachstumskoeffizient hat eine Einheit von $1/(\text{Minute} \cdot \text{Anzahl})$, ist also eine nicht ganz einfach zu interpretierende Grösse.

5.5 Interpretation

Die Hefe als komplexes System kann mit einem einfachen Modell in ihrem Wachstumsverhalten beschrieben werden.

Das logistische Wachstum lässt sich sehr gut ohne viel Mathematik verstehen und simulieren.

Erweiterung:

Man könnte noch die Absterbephase berücksichtigen.

Welche Rolle spielt die „Selbstvergiftung“ der Hefe durch Ethanol?