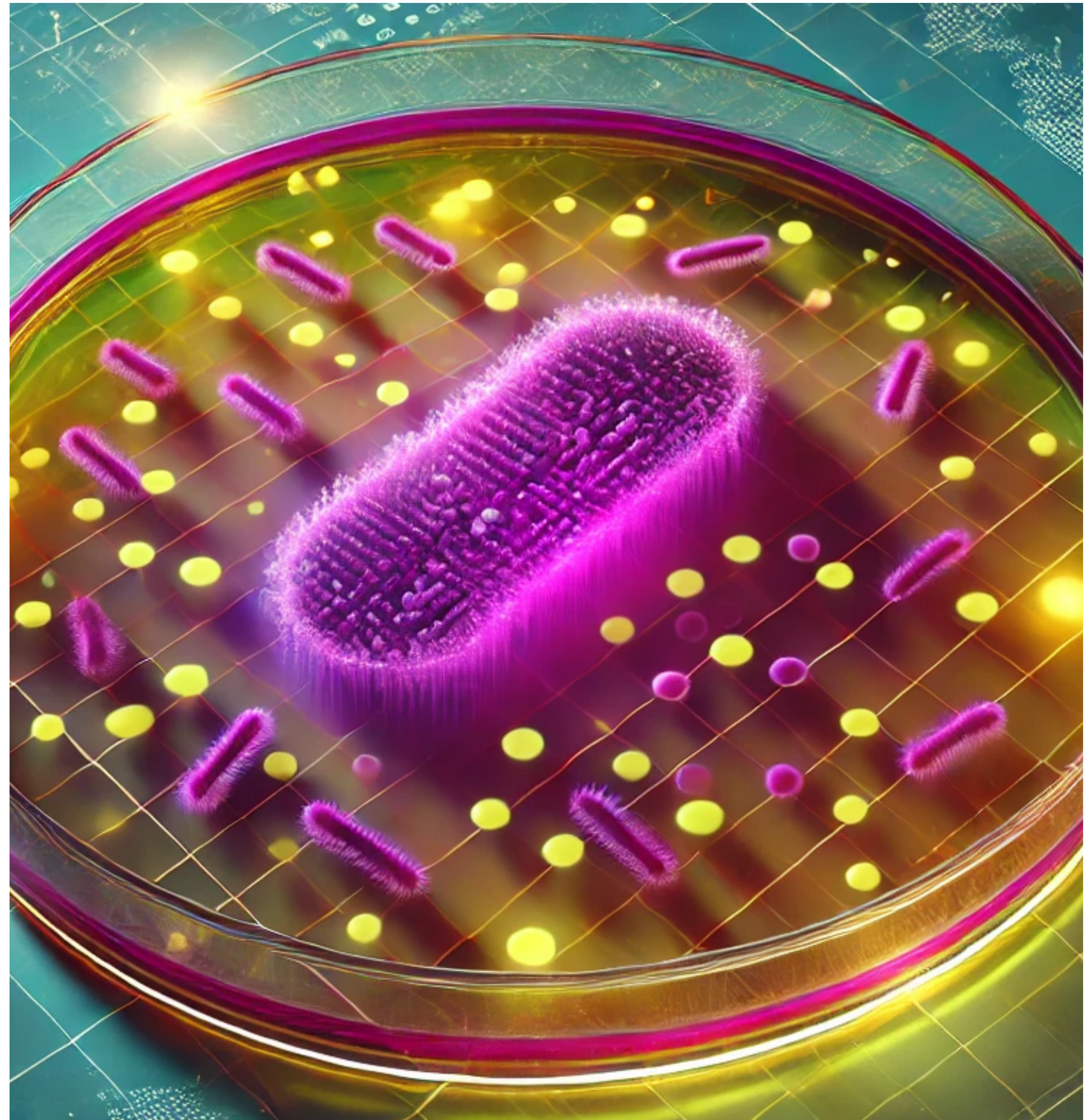


Ruimtelijke groei

Bram van Dijk (hij/hem)

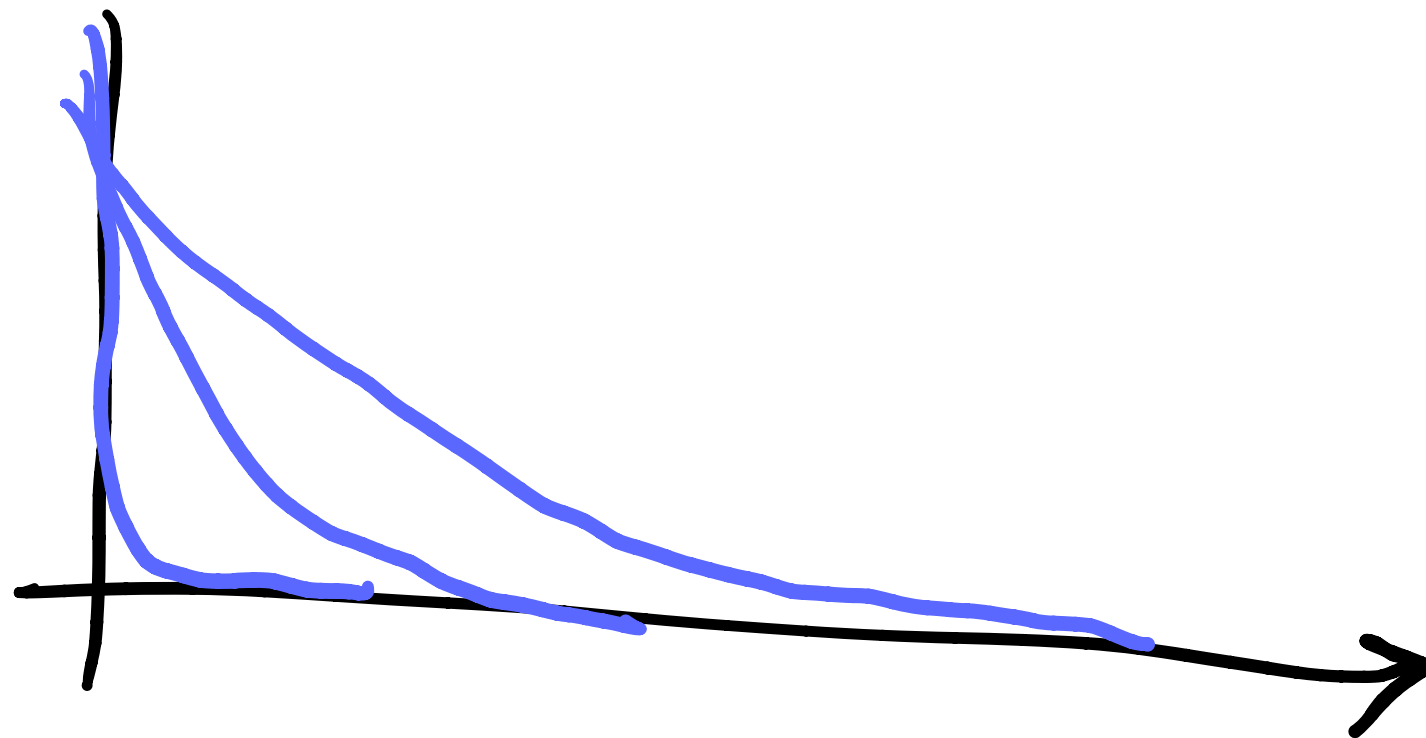


Extra uitleg “continue” tijd

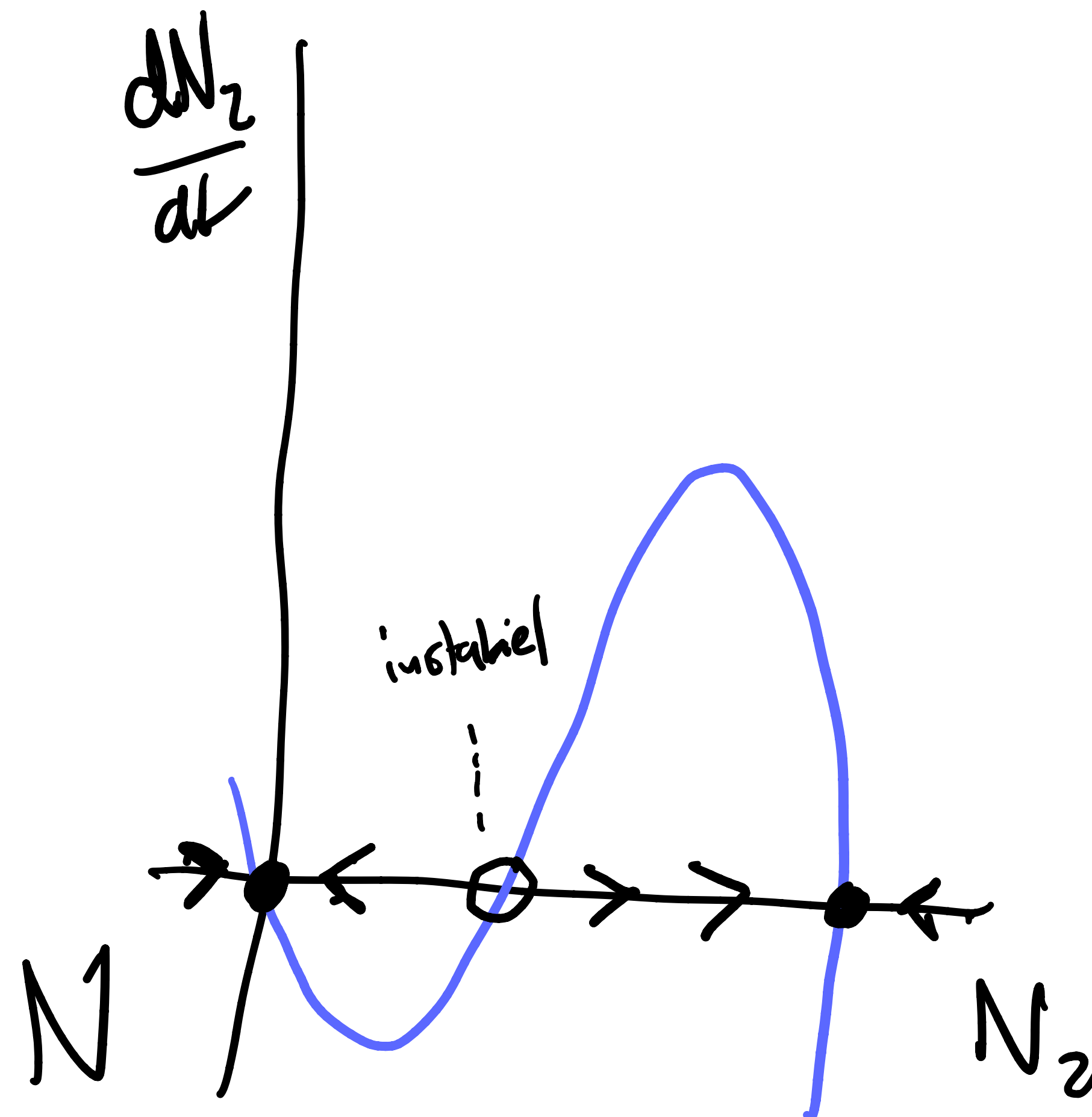
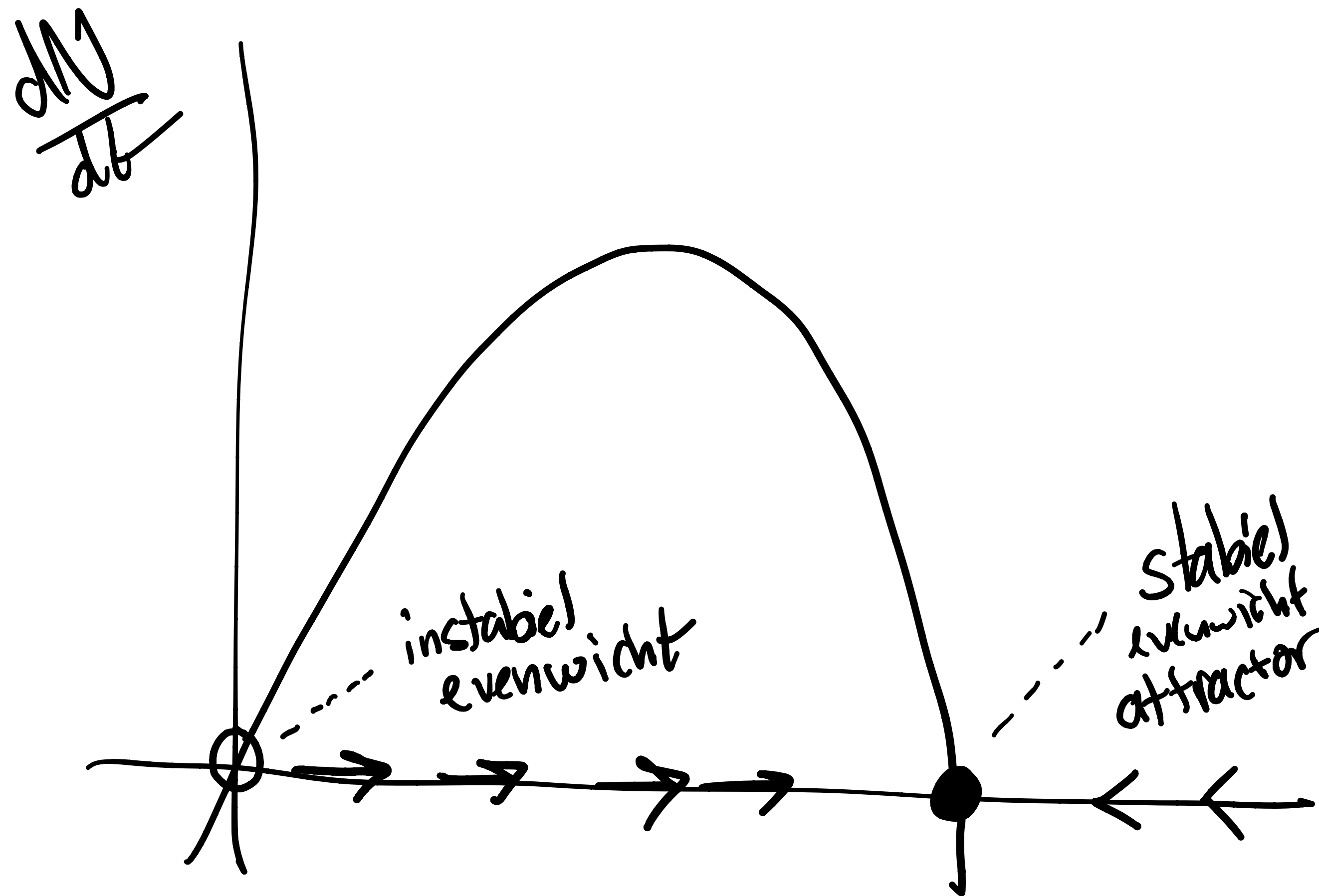
$$\frac{dN}{dt} = bN\left(1 - \frac{N}{K}\right) - dN$$

$d > b$

Wat gebeurt er wanneer $d > 1$?



Extra uitleg faseportret (*phase portrait*)



“Waarom zijn de WC vragen soms zo vaag gesteld?”

a. Lees de bovenstaande modelomschrijving zorgvuldig door. Verwacht je exponentiële groei?
Waarom wel/niet?

b. Verwacht je dat er een draagvermogen (*carrying capacity*) zal zijn?

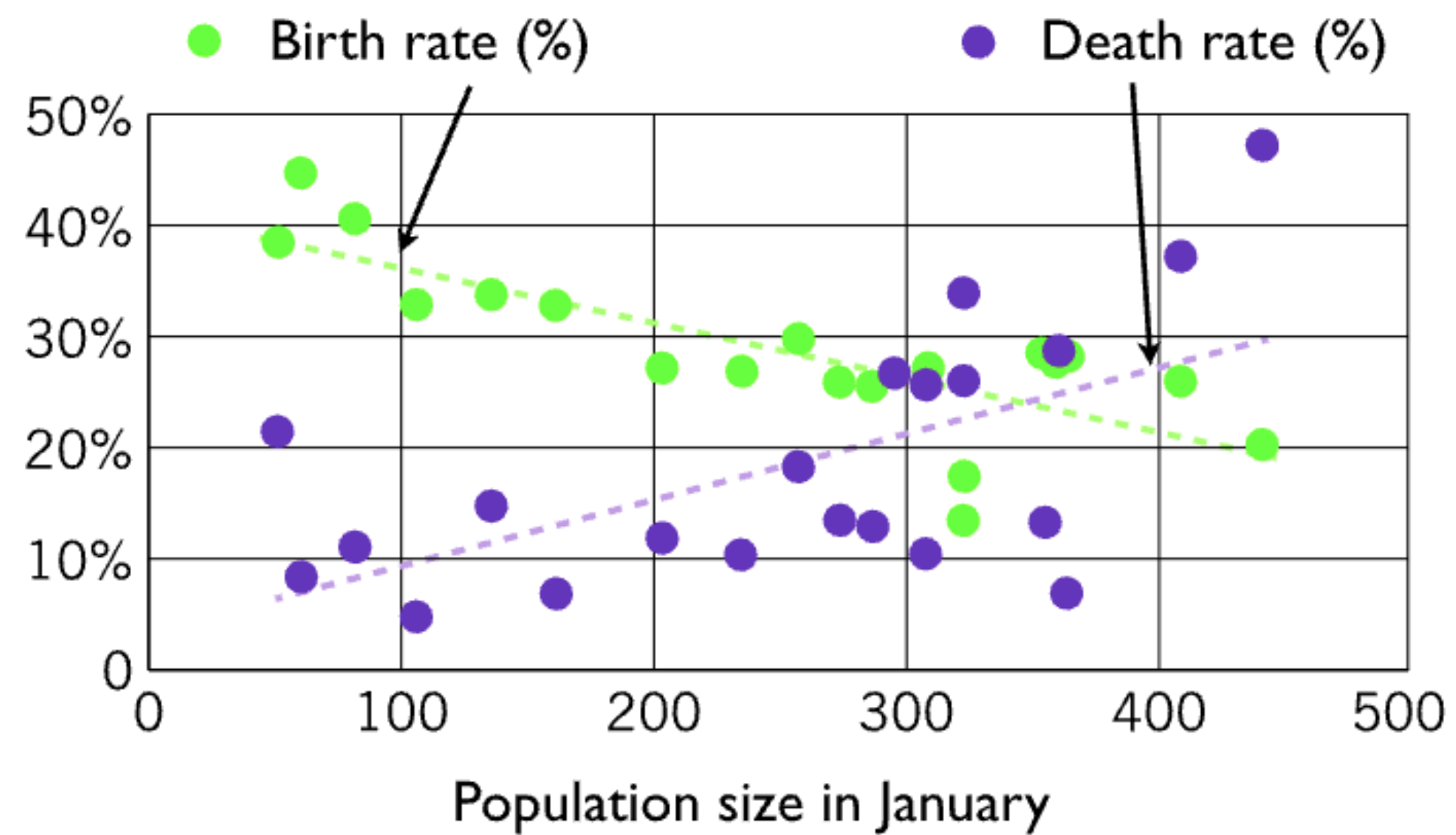
c. Schets oplossingen voor de initiële conditie waar N klein is. Wat valt je op?

Vorig hoofdstuk: dichtheidseffecten

$$\frac{dN}{dt} = b \left(1 - \frac{N}{K_b} \right) N - d \left(1 + \frac{N}{K_d} \right) N$$

Vorig hoofdstuk: dichtheidseffecten

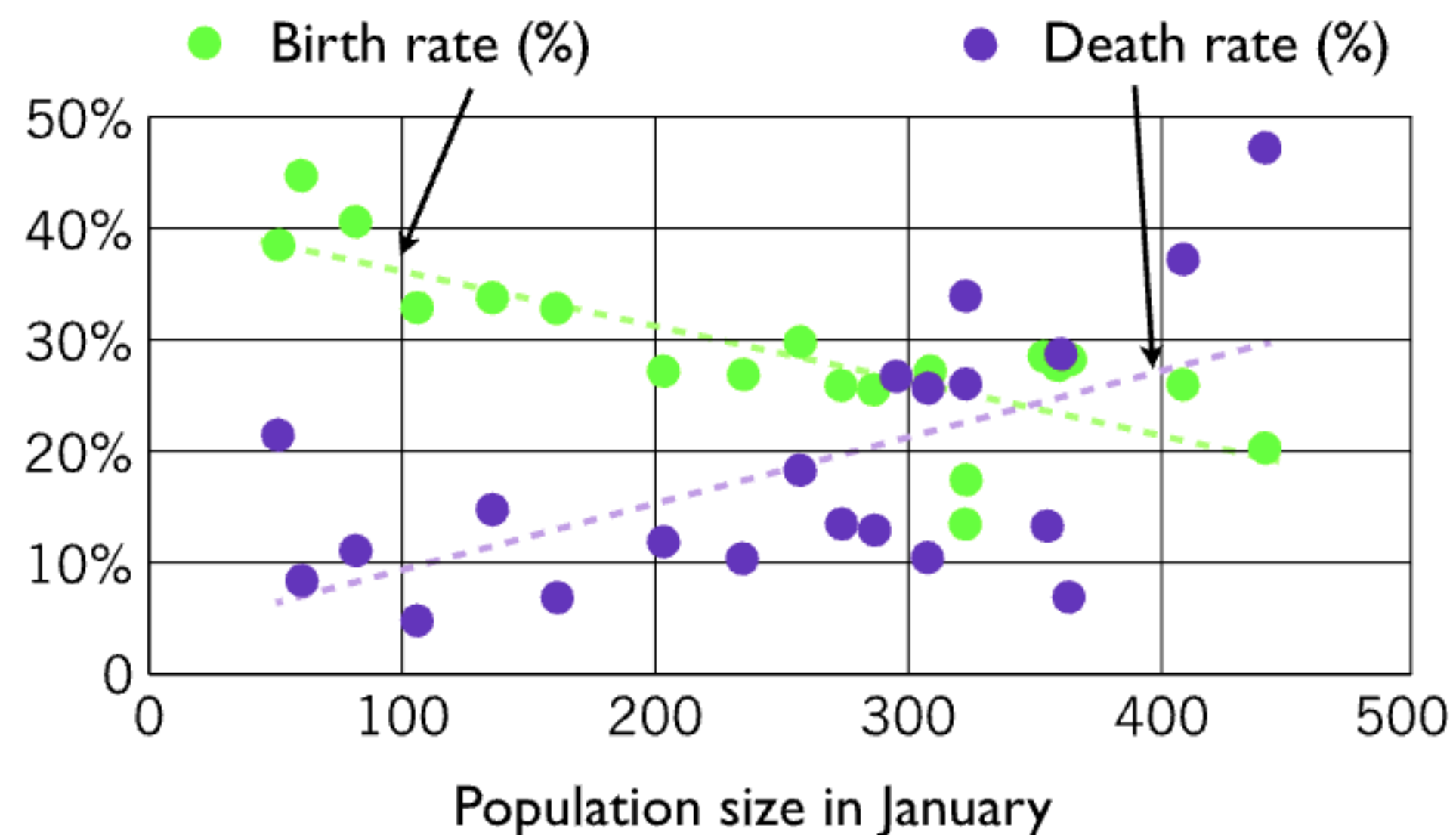
$$\frac{dN}{dt} = b \left(1 - \frac{N}{K_b} \right) N - d \left(1 + \frac{N}{K_d} \right) N$$



Vorig hoofdstuk: dichtheidseffecten

$$\frac{dN}{dt} = b \left(1 - \frac{N}{K_b} \right) N - d \left(1 + \frac{N}{K_d} \right) N$$

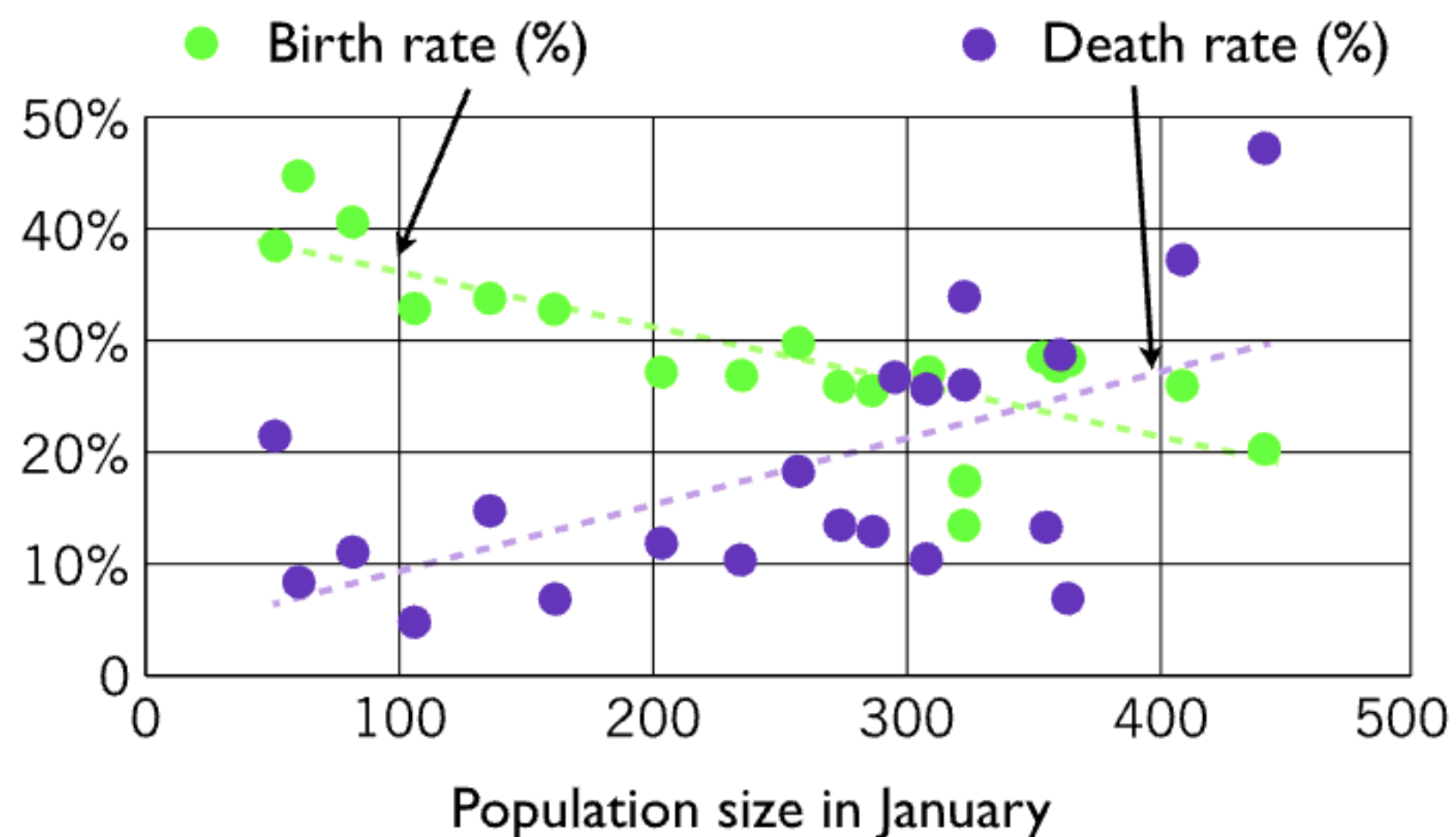
$$\frac{dN}{dt} = b \left(1 - \frac{N}{K_b} \right) N - d \left(1 + \frac{N}{K_d} \right) N - kN$$



Vorig hoofdstuk: dichtheidseffecten

$$\frac{dN}{dt} = b \left(1 - \frac{N}{K_b} \right) N - d \left(1 + \frac{N}{K_d} \right) N$$

$$\frac{dN}{dt} = b \left(1 - \frac{N}{K_b} \right) N - d \left(1 + \frac{N}{K_d} \right) N - kN$$

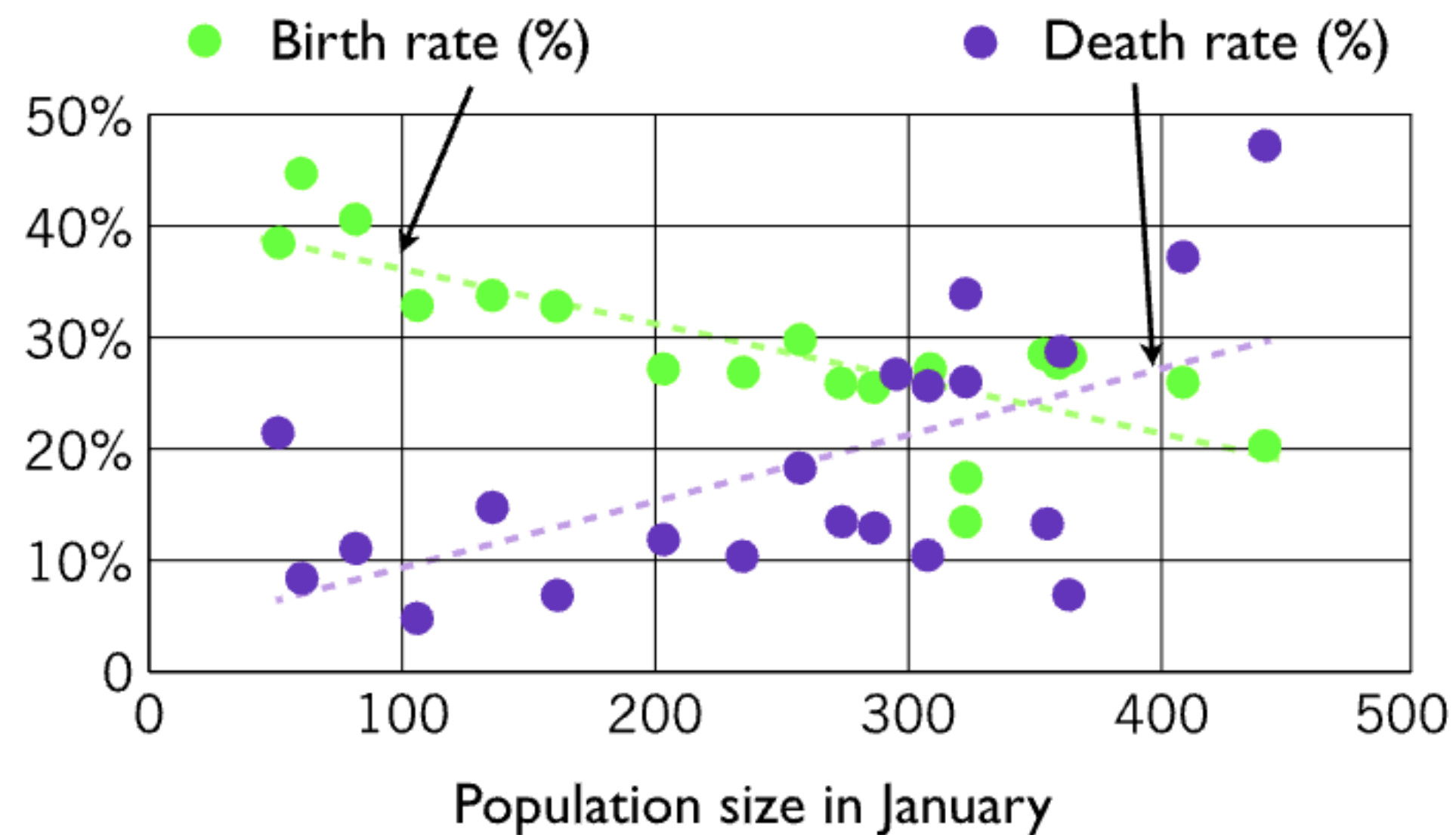


$$\bar{N} = \frac{b - d - k}{\frac{b}{K_b} + \frac{d}{K_d}}$$

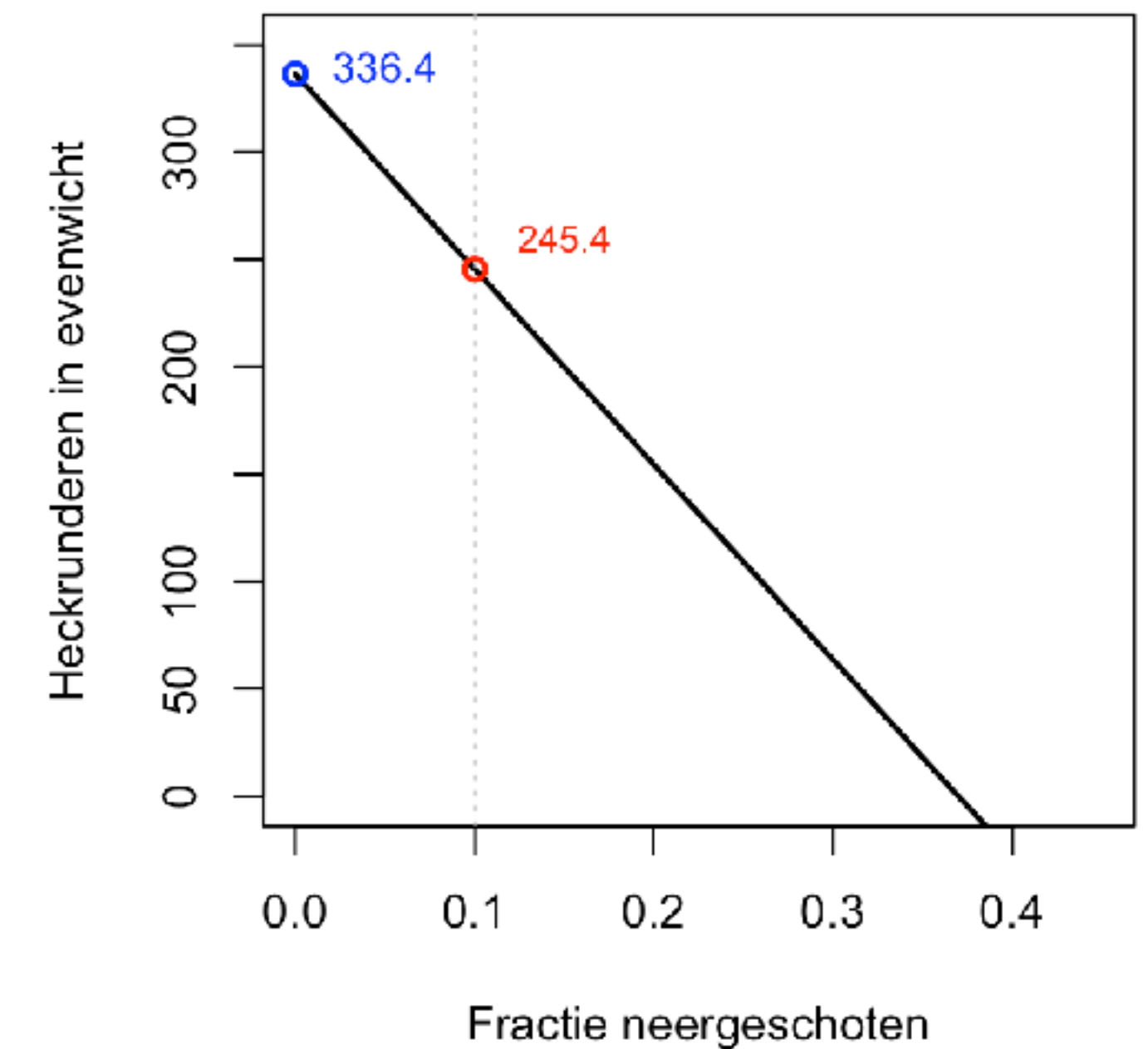
Vorig hoofdstuk: dichtheidseffecten

$$\frac{dN}{dt} = b \left(1 - \frac{N}{K_b} \right) N - d \left(1 + \frac{N}{K_d} \right) N$$

$$\frac{dN}{dt} = b \left(1 - \frac{N}{K_b} \right) N - d \left(1 + \frac{N}{K_d} \right) N - kN$$



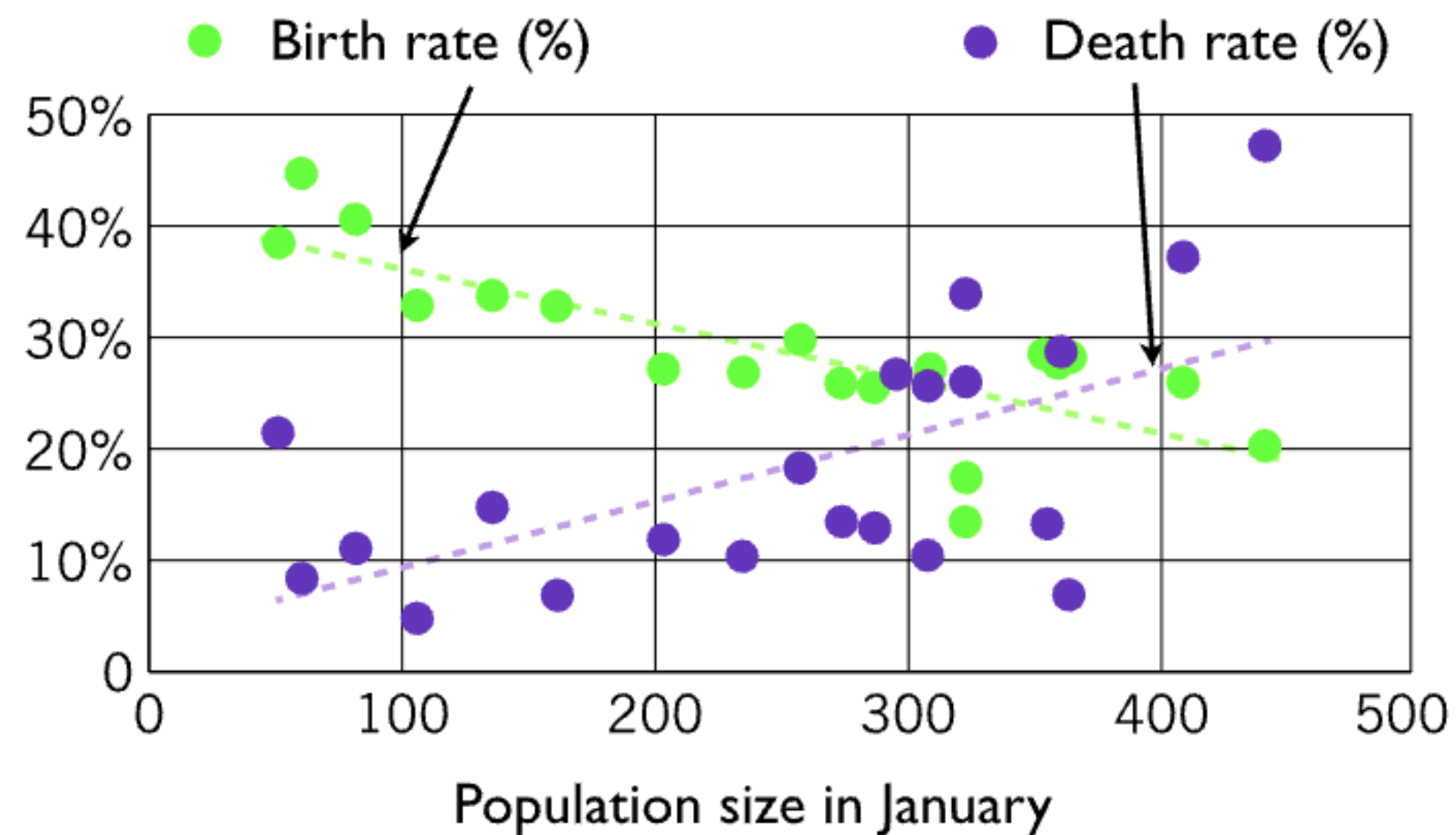
$$\bar{N} = \frac{b - d - k}{\frac{b}{K_b} + \frac{d}{K_d}}$$



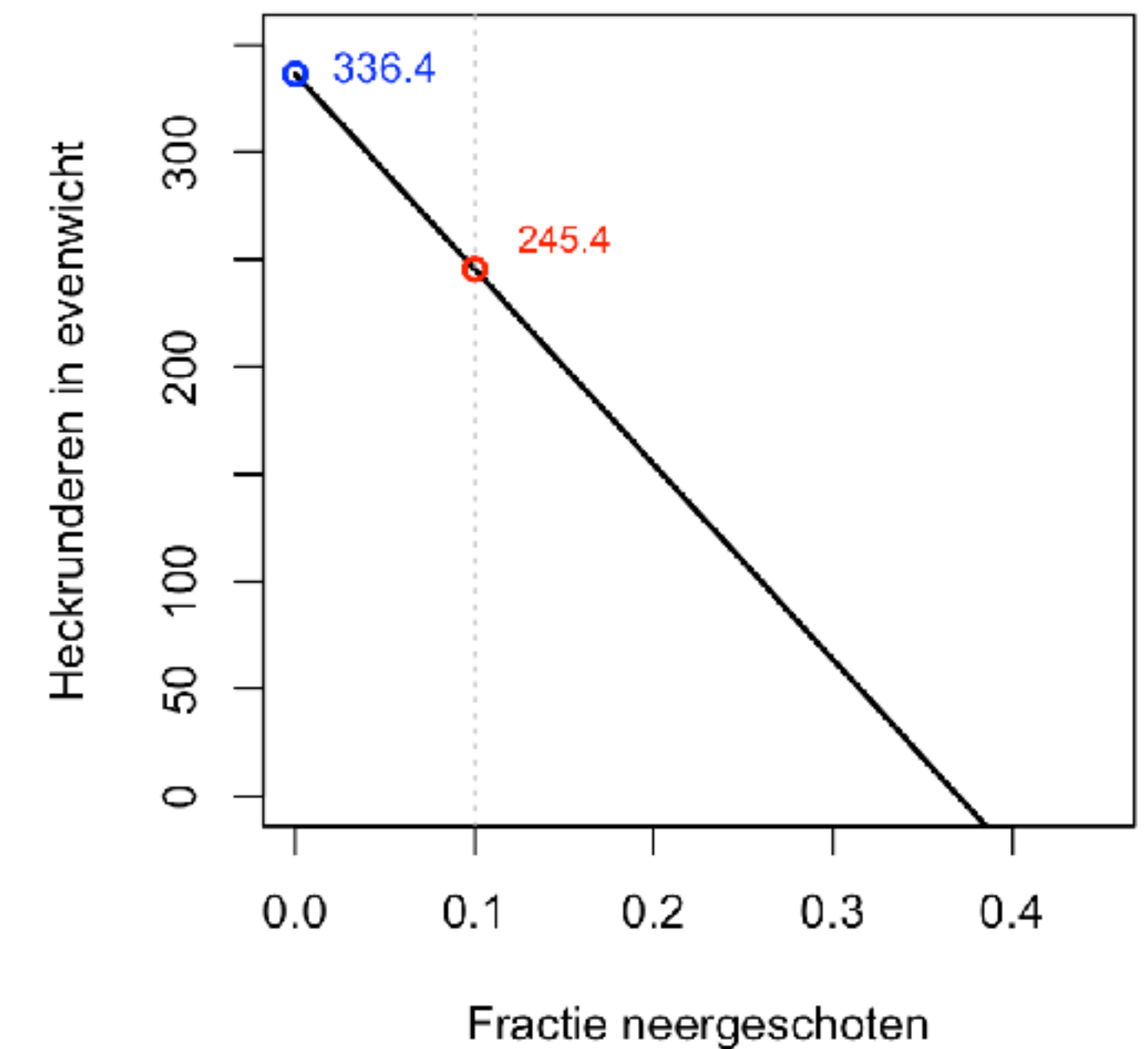
Vorig hoofdstuk: dichtheidseffecten

$$\frac{dN}{dt} = b \left(1 - \frac{N}{K_b} \right) N - d \left(1 + \frac{N}{K_d} \right) N$$

$$\frac{dN}{dt} = b \left(1 - \frac{N}{K_b} \right) N - d \left(1 + \frac{N}{K_d} \right) N - kN$$



$$\bar{N} = \frac{b - d - k}{\frac{b}{K_b} + \frac{d}{K_d}}$$



Dichtheidseffecten zijn niet homogeen



“Waar” een individu is maakt uit!



“Waar” een individu is maakt uit!



“Waar” een individu is maakt uit!



Vertrekkend hert

“Waar” een individu is maakt uit!



Vertrekkend hert

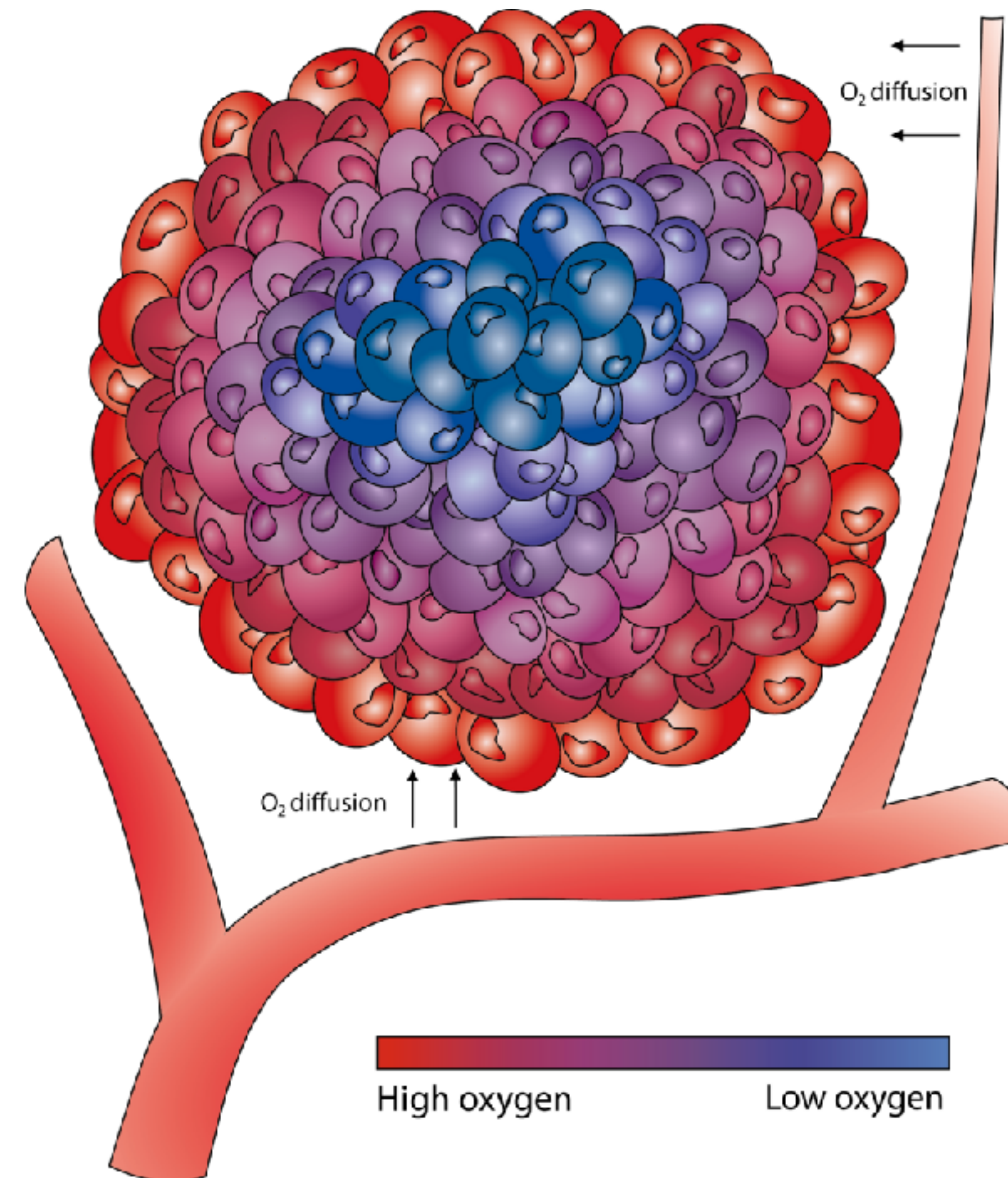
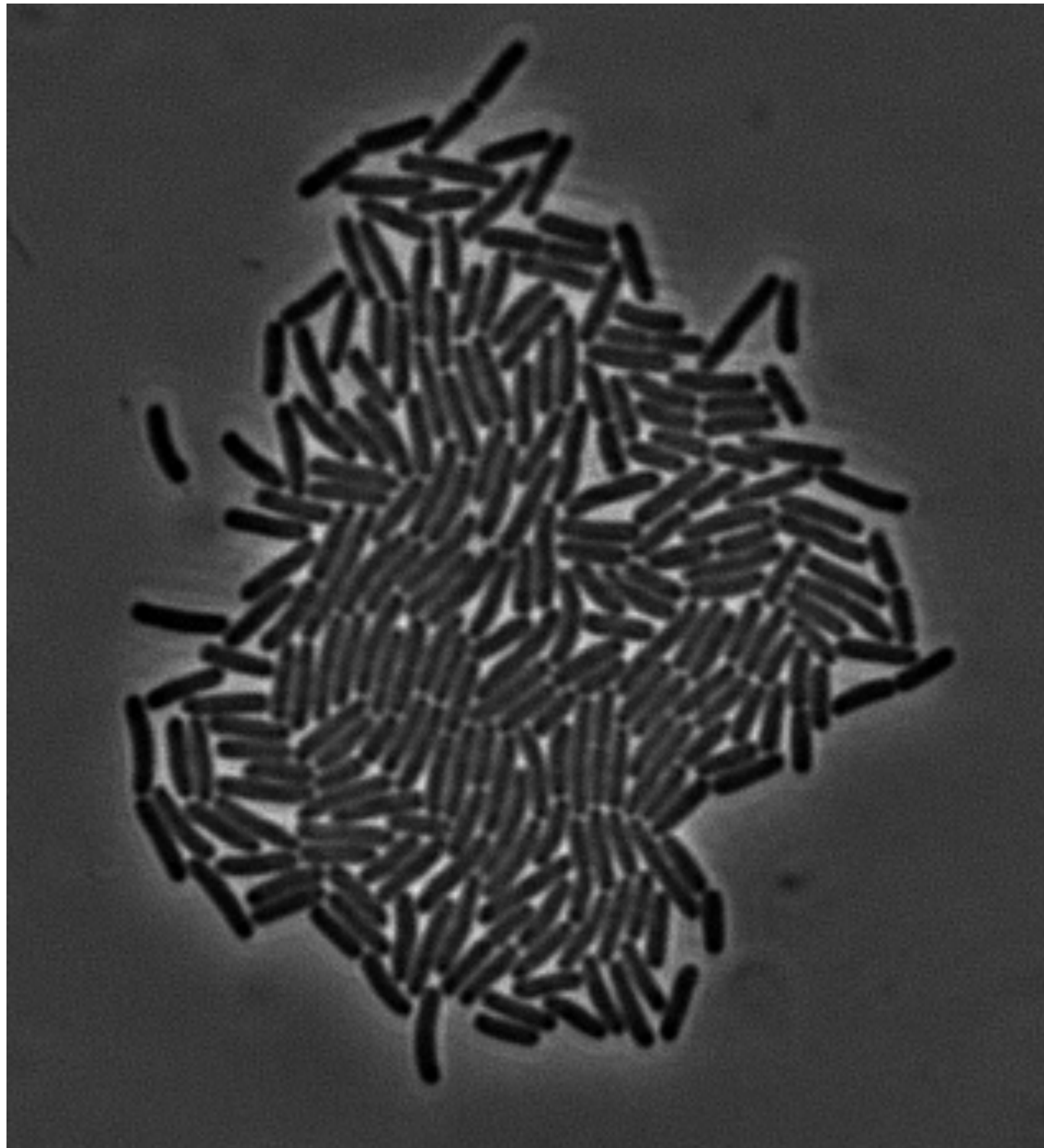
“Waar” een individu is maakt uit!



Vertrekkend hert

Deze KAN helemaal
niet vertrekken!
(slechts beginnen met lopen...)

Individuen “aan de rand” ondervinden een andere omgeving



De belangrijkste aannames van ODEs, wie weet ze nog?

- De voorwaarden zijn overal gelijk $\rightarrow$ goed gemengde populatie
- Populatiegroottes zijn continue $\frac{0.1 \text{ konijnen?}}{\rightarrow \text{dichtheid}}$
- Alle individuen zijn gelijk
-

De belangrijkste aannames van ODEs, wie weet ze nog?



De belangrijkste aannames van ODEs, wie weet ze nog?

- De populaties zijn **continue variabelen** (prima als populaties groot zijn, dan staat zelfs 0.001 voor “veel konijnen”)
- Geen variatie in de populatie (elk konijn is gelijk)
- Parameters (bijv. r , b , en d) zijn **constant**
- De populatie is goed gemengd (**well-mixed assumption**)

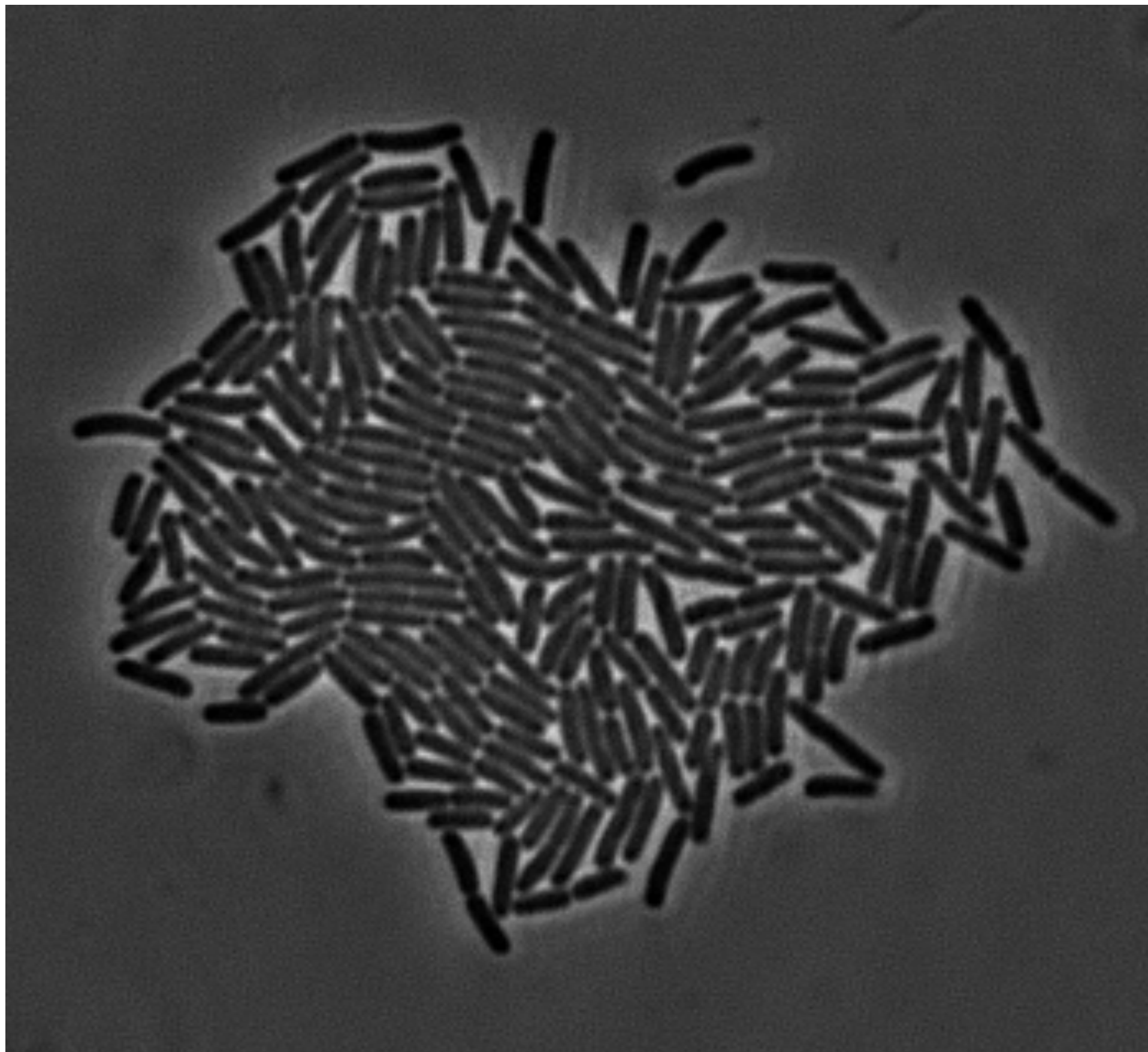


De belangrijkste aannames van ODEs, wie weet ze nog?

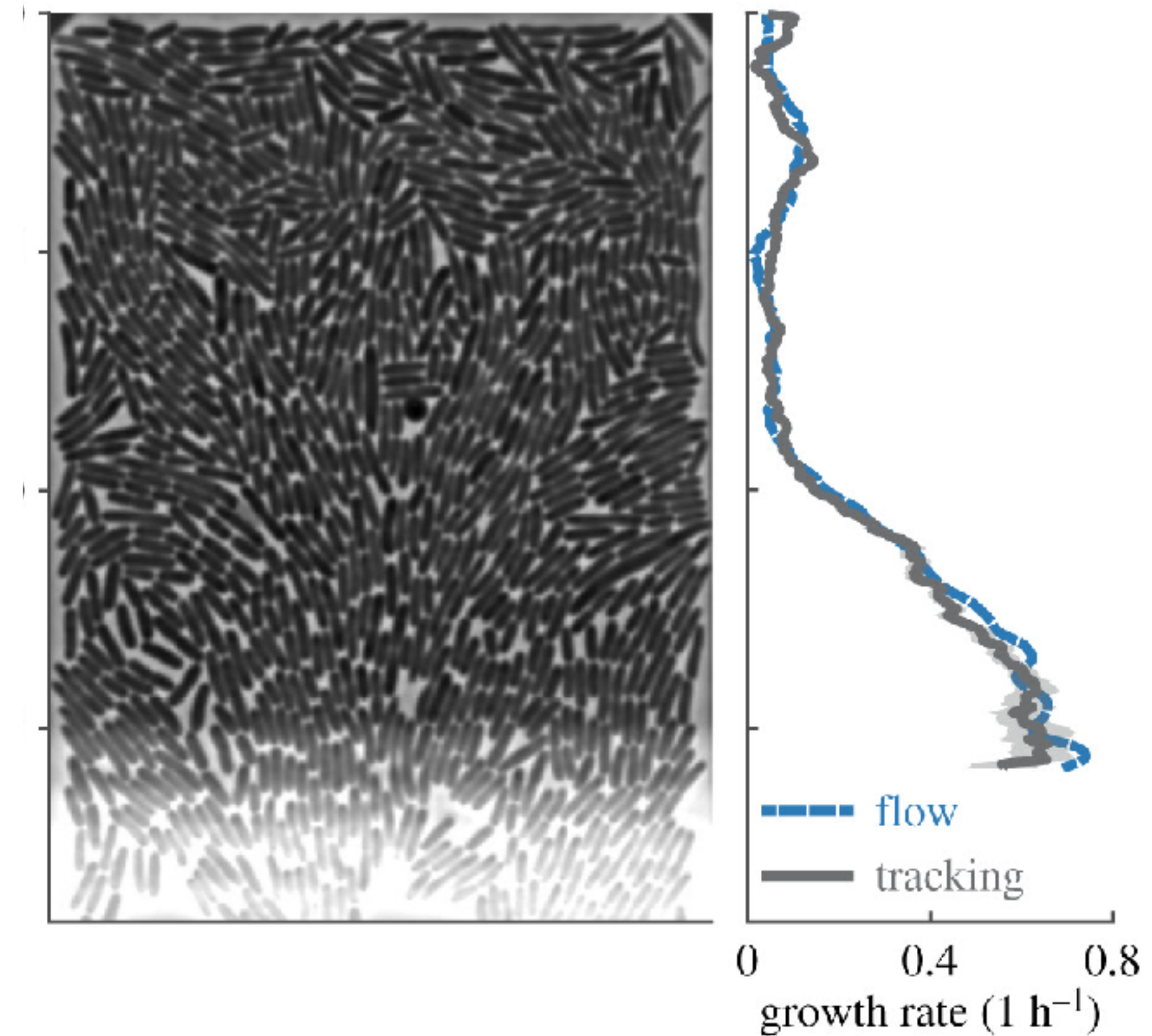
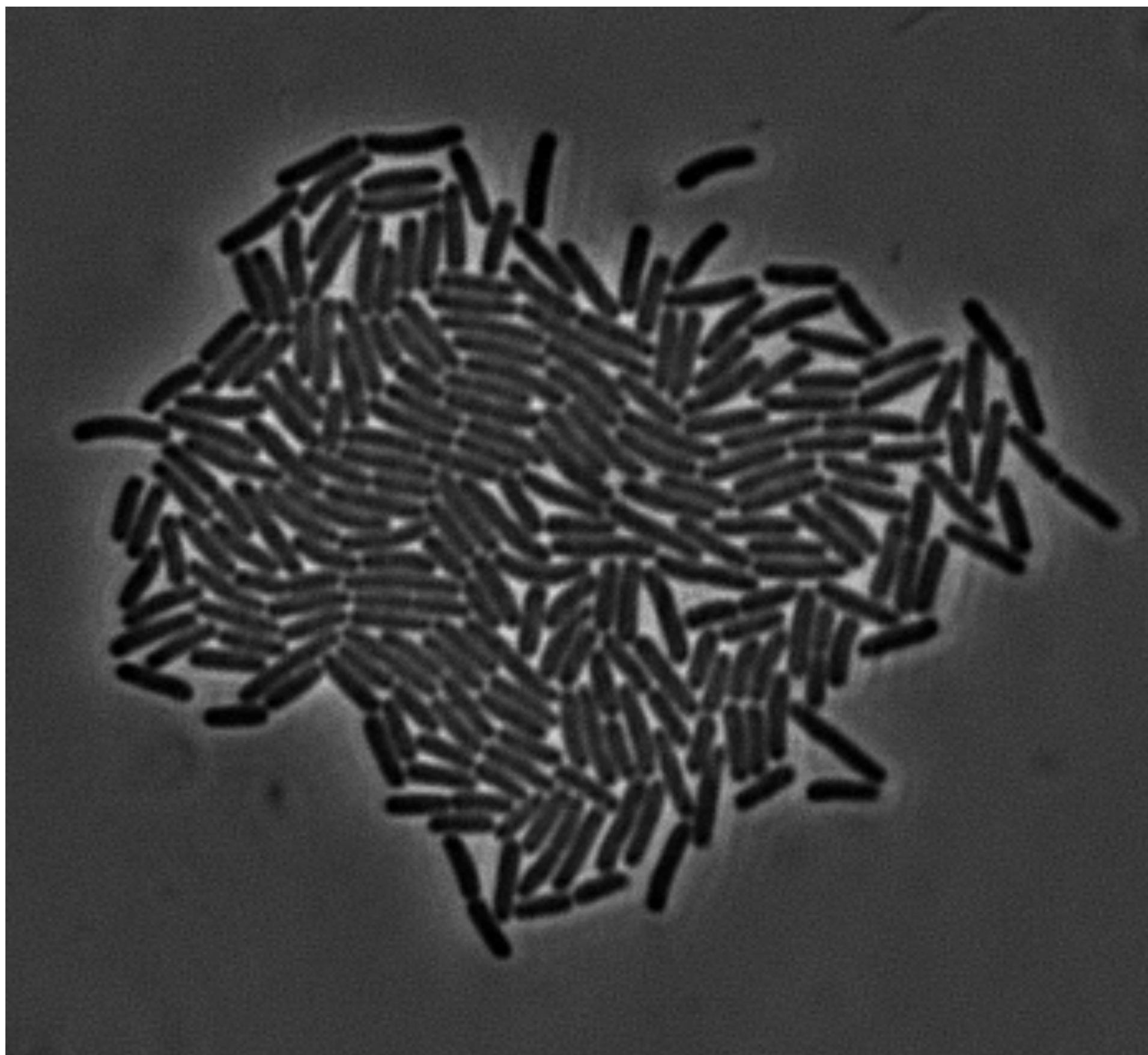
- De populaties zijn **continue variabelen** (prima als populaties groot zijn, dan staat zelfs 0.001 voor “veel konijnen”)
- Geen variatie in de populatie (elk konijn is gelijk)
- Parameters (bijv. r , b , en d) zijn **constant**
- De populatie is goed gemengd (**well-mixed assumption**)
- Tijd verloopt soepel (of formeler: tijd is een **continue variabele**)



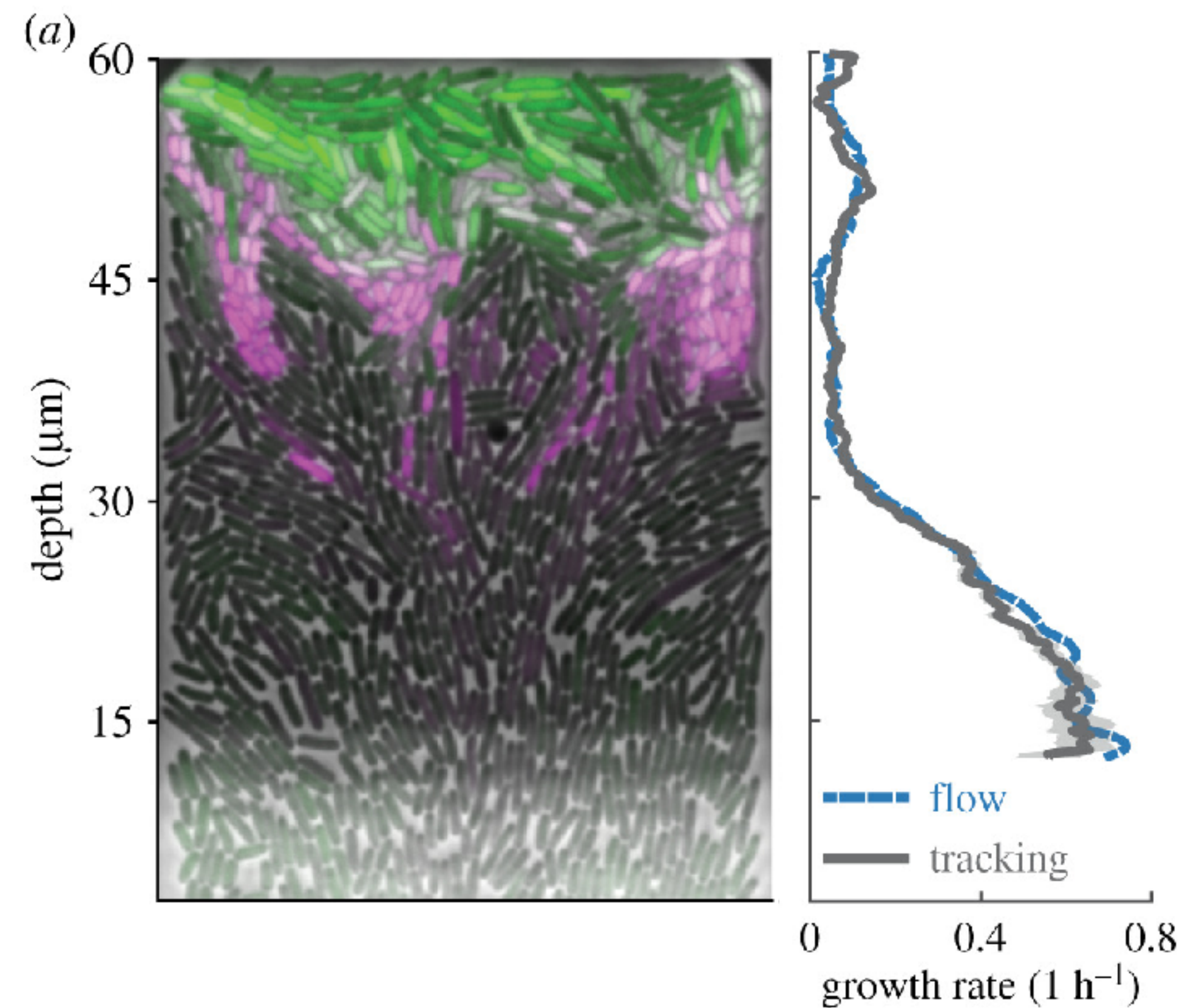
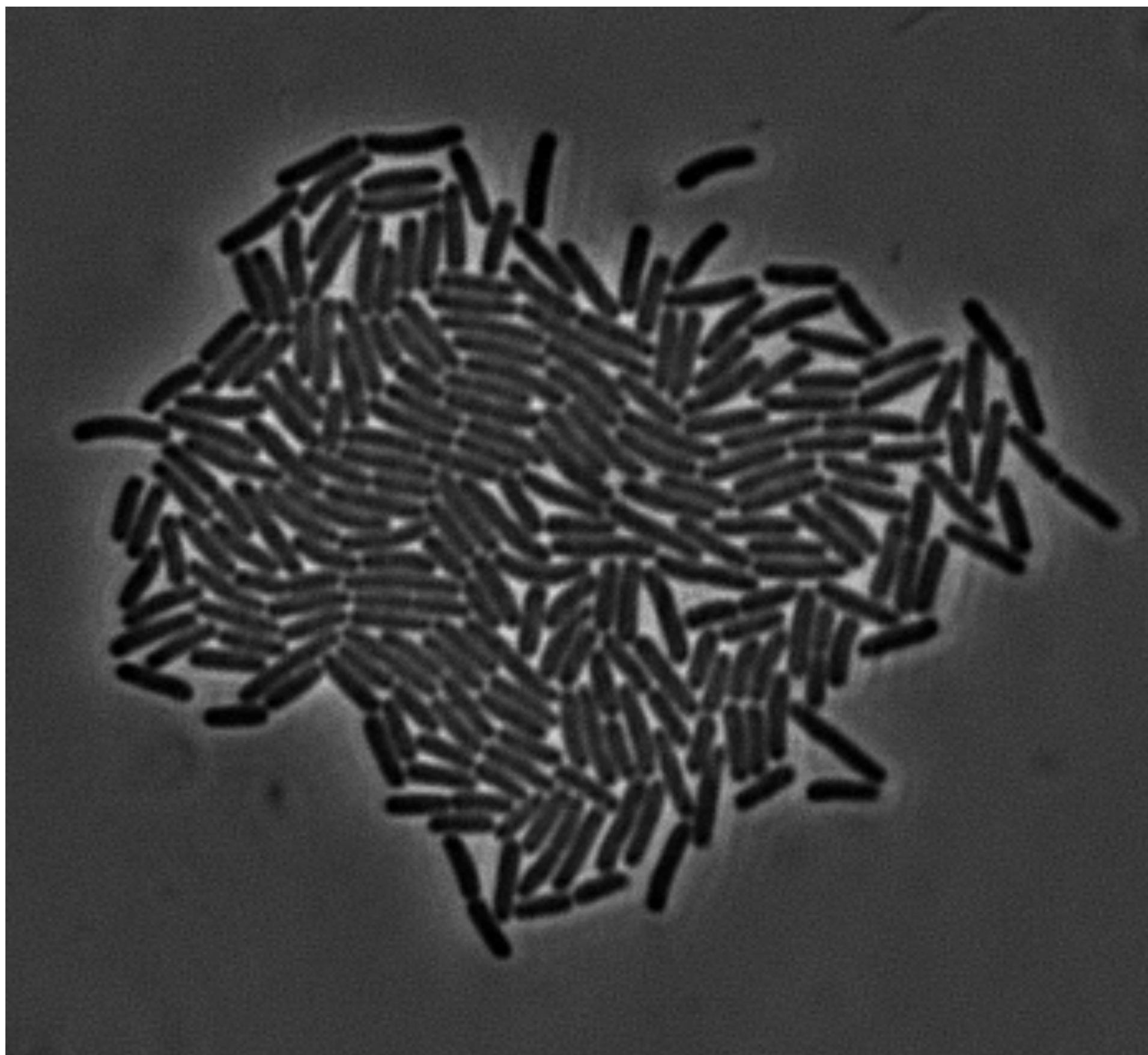
Welke van deze aannames gaan niet op in deze kolonie?



Welke van deze aannames gaan niet op in deze kolonie?



Welke van deze aannames gaan niet op in deze kolonie?



Individual-based modelling (IBM)

Ook wel Agent-based modelling (ABM) genoemd  

Individual-based modelling (IBM)

Ook wel Agent-based modelling (ABM) genoemd 🚔 🛑



Individual-based modelling (IBM)

Ook wel Agent-based modelling (ABM) genoemd 🚔 🛑



- Konijnen hebben een unieke kleur

Individual-based modelling (IBM)

Ook wel Agent-based modelling (ABM) genoemd 🚔 🛑



- Konijnen hebben een unieke kleur
- Konijnen hebben een unieke positie

Individual-based modelling (IBM)

Ook wel Agent-based modelling (ABM) genoemd 🚔🛑



- Konijnen hebben een unieke kleur
- Konijnen hebben een unieke positie
- Konijnen hebben meer/minder honger

Individual-based modelling (IBM)

Ook wel Agent-based modelling (ABM) genoemd 🚔 🛑



- Konijnen hebben een unieke kleur
- Konijnen hebben een unieke positie
- Konijnen hebben meer/minder honger
- Konijnen hebben een leeftijd

Individual-based modelling (IBM)

Ook wel Agent-based modelling (ABM) genoemd 🚔 🛑



- Konijnen hebben een unieke kleur
- Konijnen hebben een unieke positie
- Konijnen hebben meer/minder honger
- Konijnen hebben een leeftijd
- Met andere woorden: konijnen zijn individuen!

“Omschrijvingsniveau” en modelresultaten

“Omschrijvingsniveau” en modelresultaten

- ODEs omschrijven vaak populatiegroottes, dichtheden, concentraties (m.a.w. eigenschappen van grote groepen)

“Omschrijvingsniveau” en modelresultaten

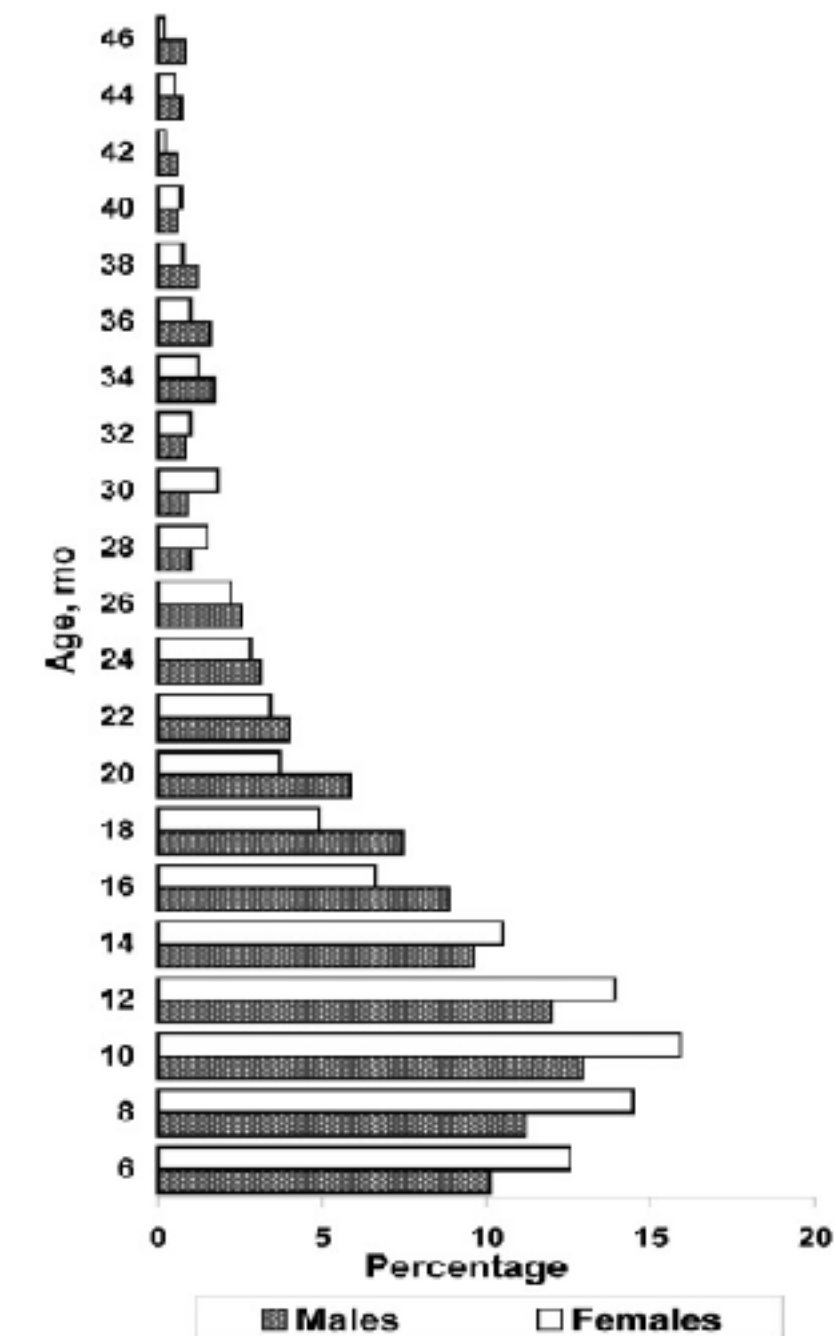
- ODEs omschrijven vaak populatiegroottes, dichtheden, concentraties (m.a.w. eigenschappen van grote groepen)
- IBMs (ABMs) omschrijven meer details: unieke individuen die vaak ook een positie hebben

“Omschrijvingsniveau” en modelresultaten

- ODEs omschrijven vaak populatiegroottes, dichtheden, concentraties (m.a.w. eigenschappen van grote groepen)
- IBMs (ABMs) omschrijven meer details: unieke individuen die vaak ook een positie hebben
- Hierdoor geven IBMs nieuwe vormen van modelresultaten, bijvoorbeeld **verdelingen** (bijv. van leeftijd) of **ruimtelijke patronen**

“Omschrijvingsniveau” en modelresultaten

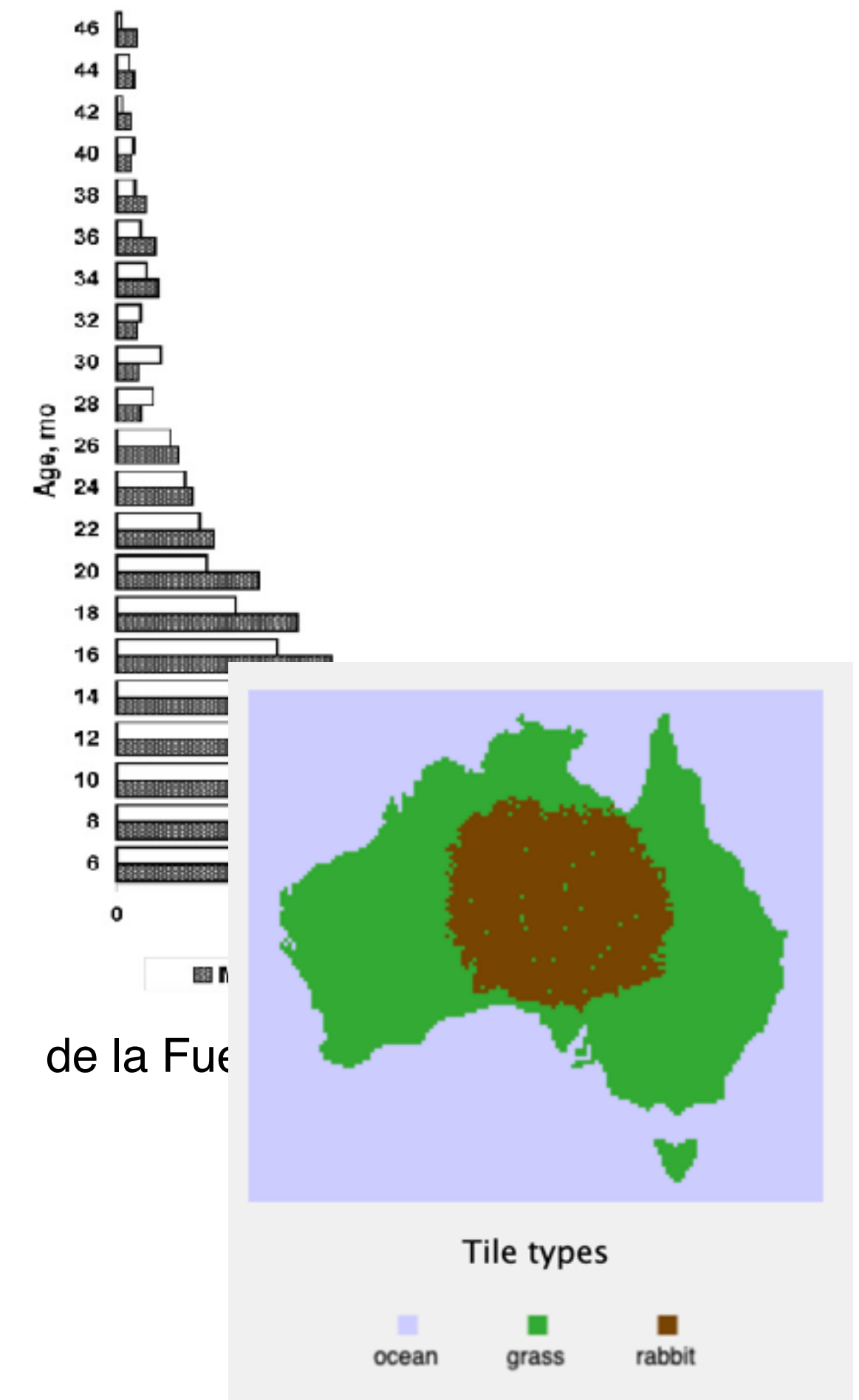
- ODEs omschrijven vaak populatiegroottes, dichtheden, concentraties (m.a.w. eigenschappen van grote groepen)
- IBMs (ABMs) omschrijven meer details: unieke individuen die vaak ook een positie hebben
- Hierdoor geven IBMs nieuwe vormen van modelresultaten, bijvoorbeeld **verdelingen** (bijv. van leeftijd) of **ruimtelijke patronen**



de la Fuente *et al.* (2012)

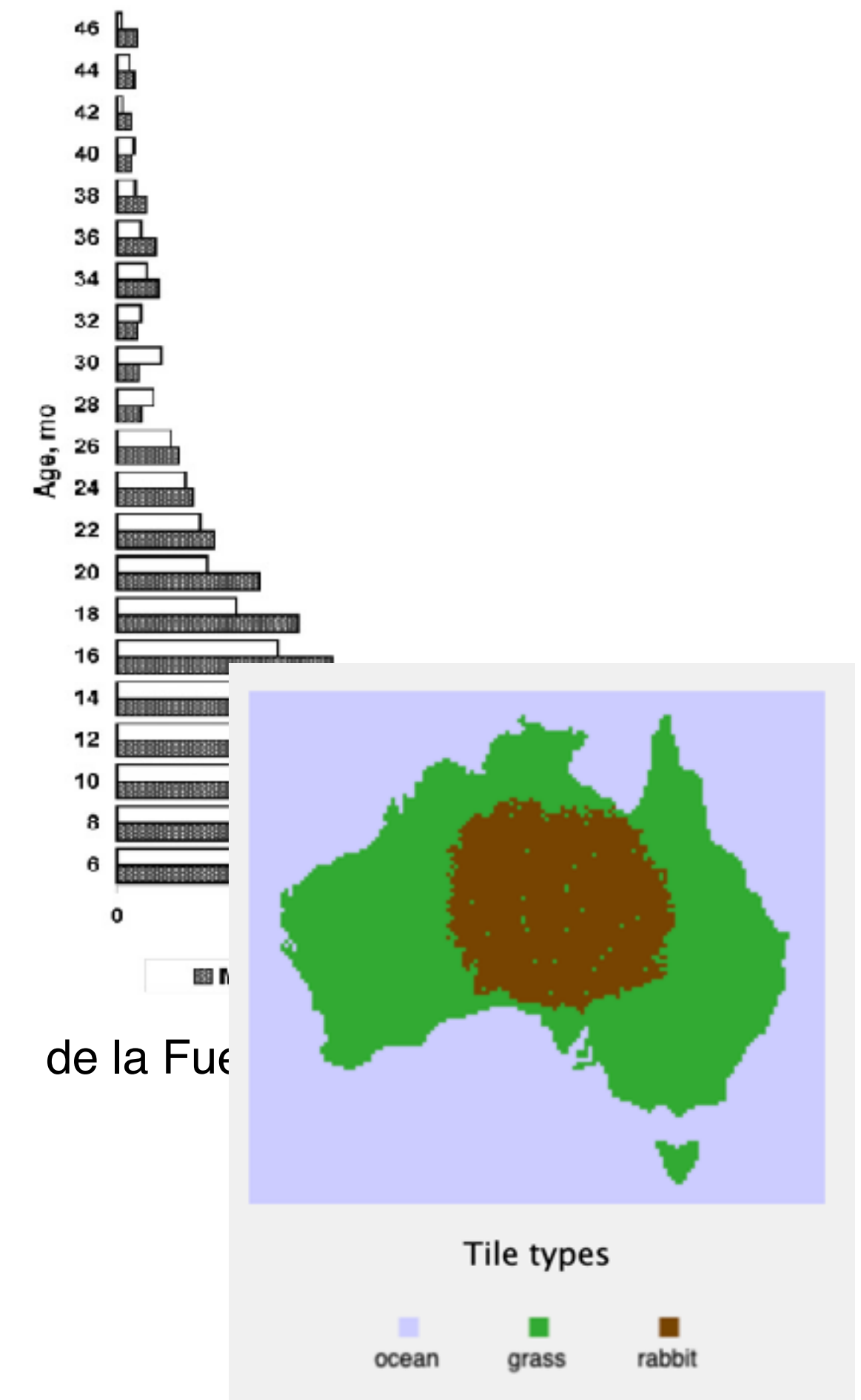
“Omschrijvingsniveau” en modelresultaten

- ODEs omschrijven vaak populatiegroottes, dichtheden, concentraties (m.a.w. eigenschappen van grote groepen)
- IBMs (ABMs) omschrijven meer details: unieke individuen die vaak ook een positie hebben
- Hierdoor geven IBMs nieuwe vormen van modelresultaten, bijvoorbeeld **verdelingen** (bijv. van leeftijd) of **ruimtelijke patronen**



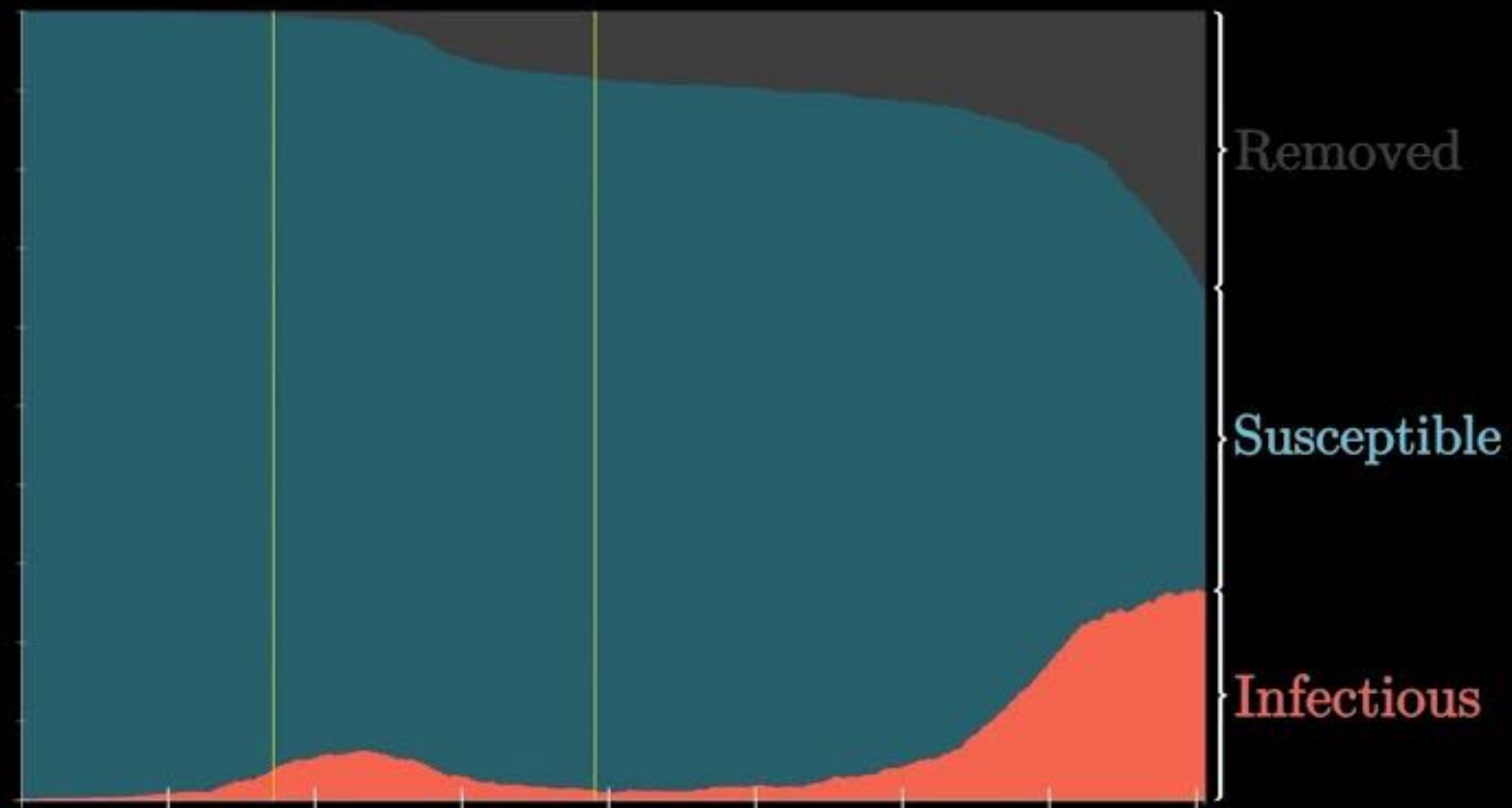
“Omschrijvingsniveau” en modelresultaten

- ODEs omschrijven vaak populatiegroottes, dichtheden, concentraties (m.a.w. eigenschappen van grote groepen)
- IBMs (ABMs) omschrijven meer details: unieke individuen die vaak ook een positie hebben
- Hierdoor geven IBMs nieuwe vormen van modelresultaten, bijvoorbeeld **verdelingen** (bijv. van leeftijd) of **ruimtelijke patronen**
- Daarnaast kun je met een IBM natuurlijk alsnog over populatiegroottes nadenken.

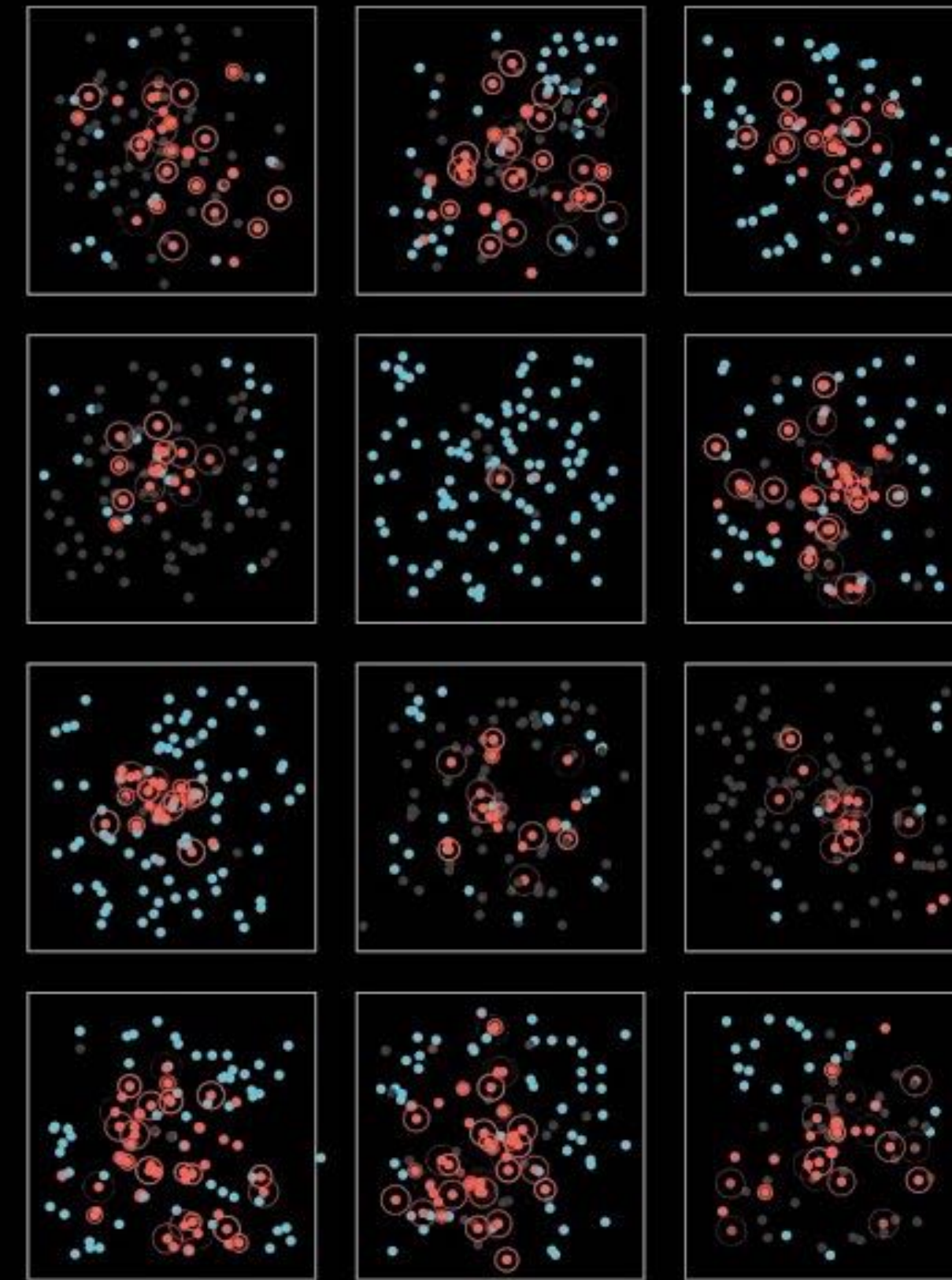


Simulaties van biologie

Youtube staat er vol mee!

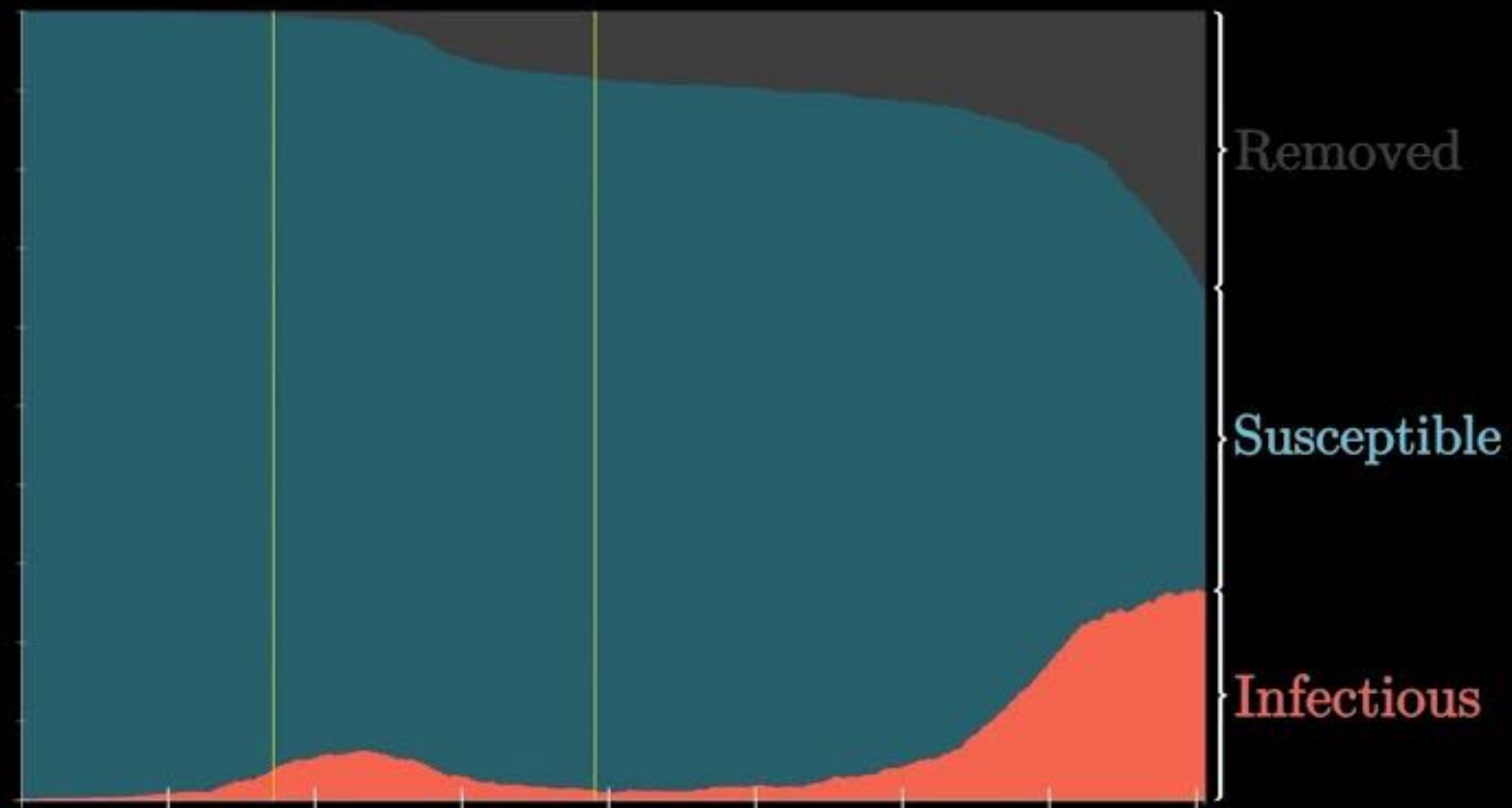


Simulating an
Epidemic

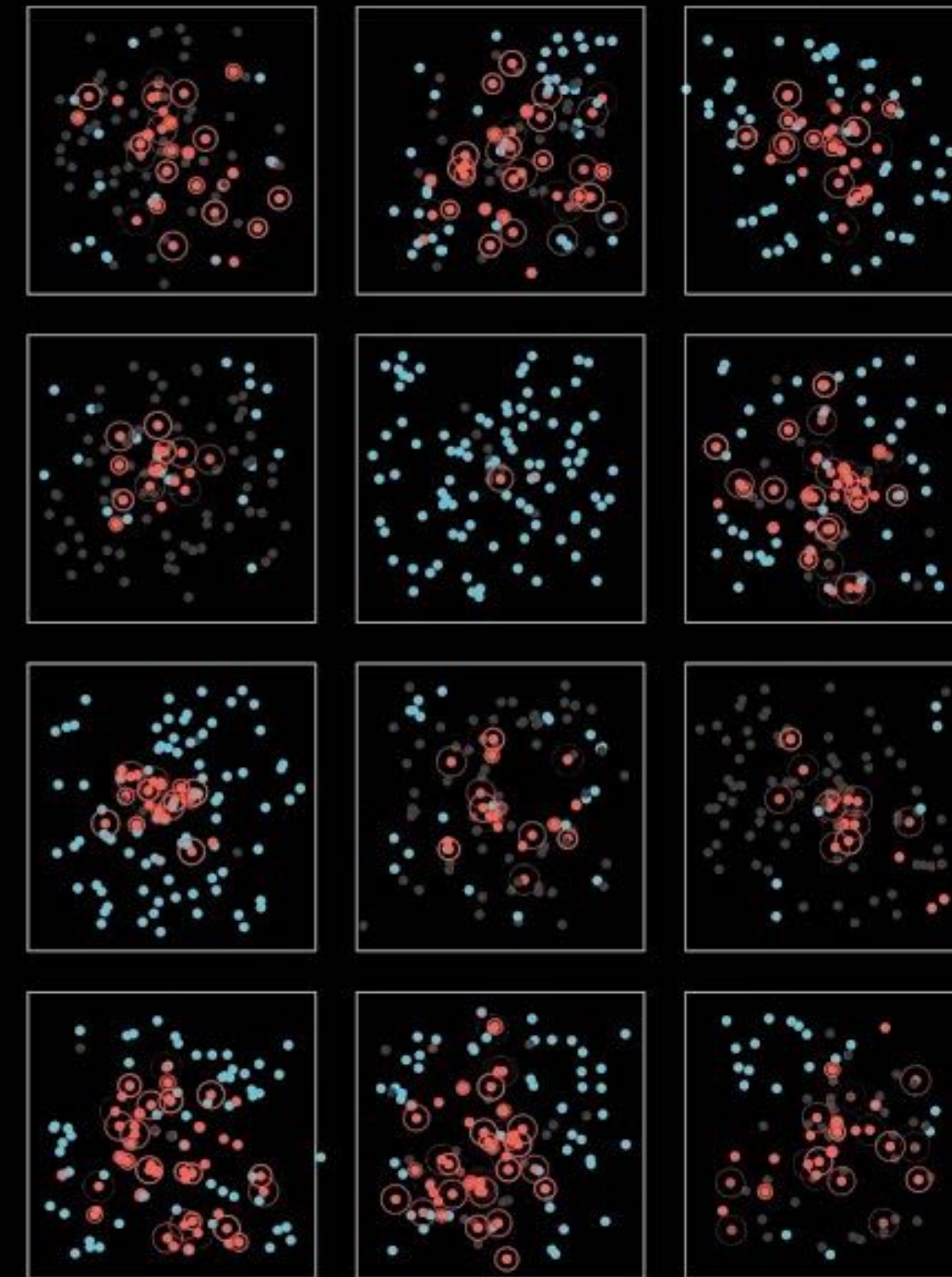


Simulaties van biologie

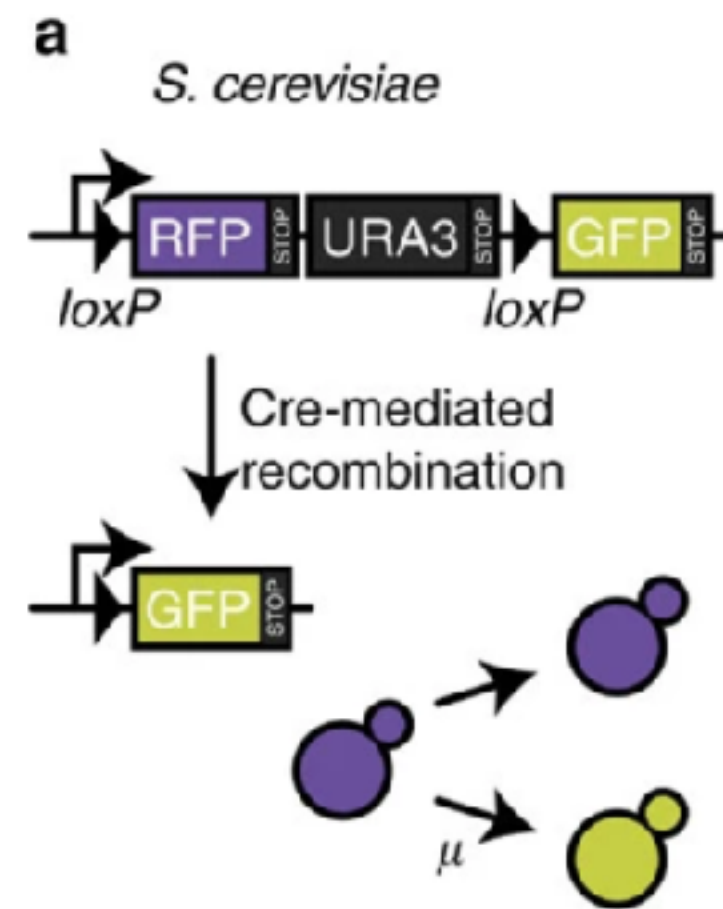
Youtube staat er vol mee!



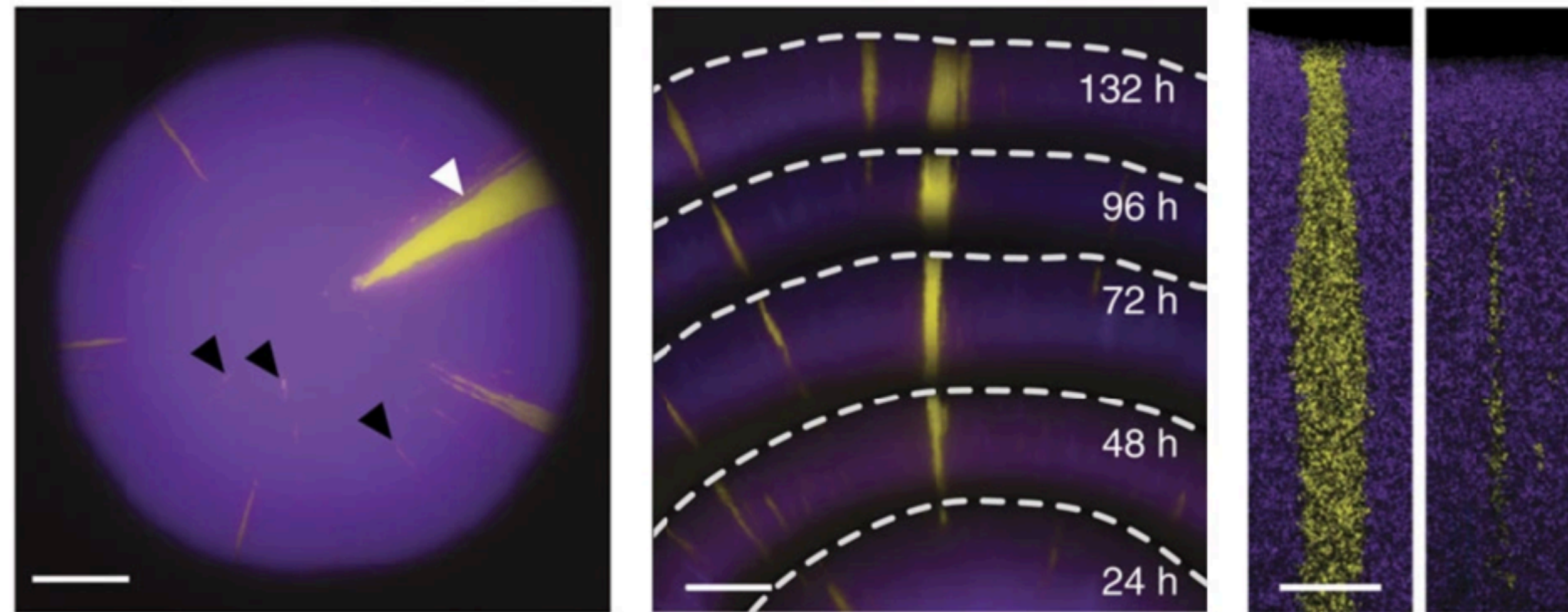
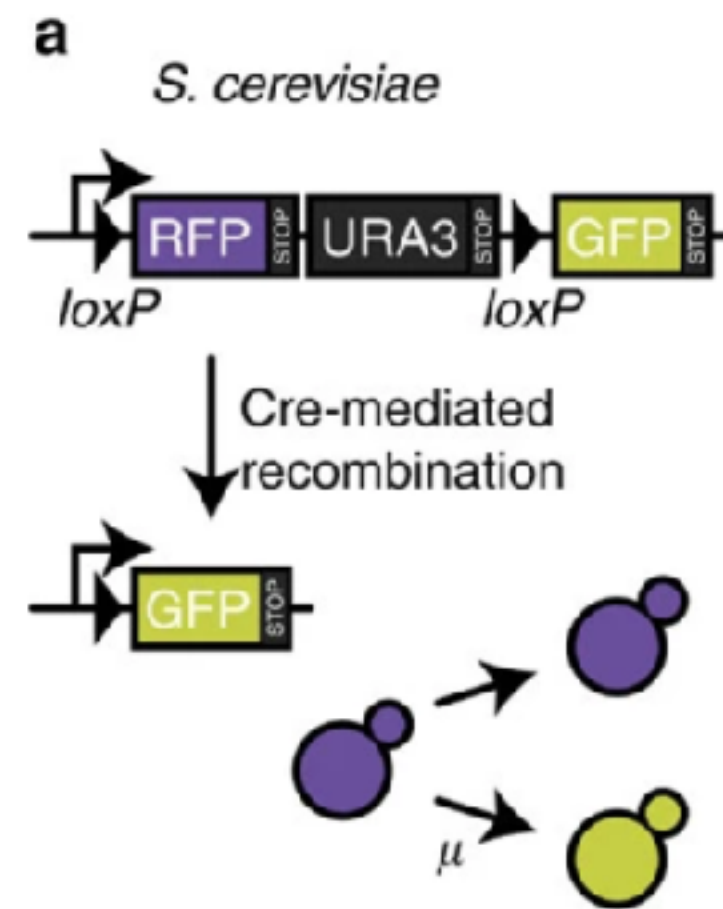
Simulating an
Epidemic



Groei van bacteriële kolonie in een IBM

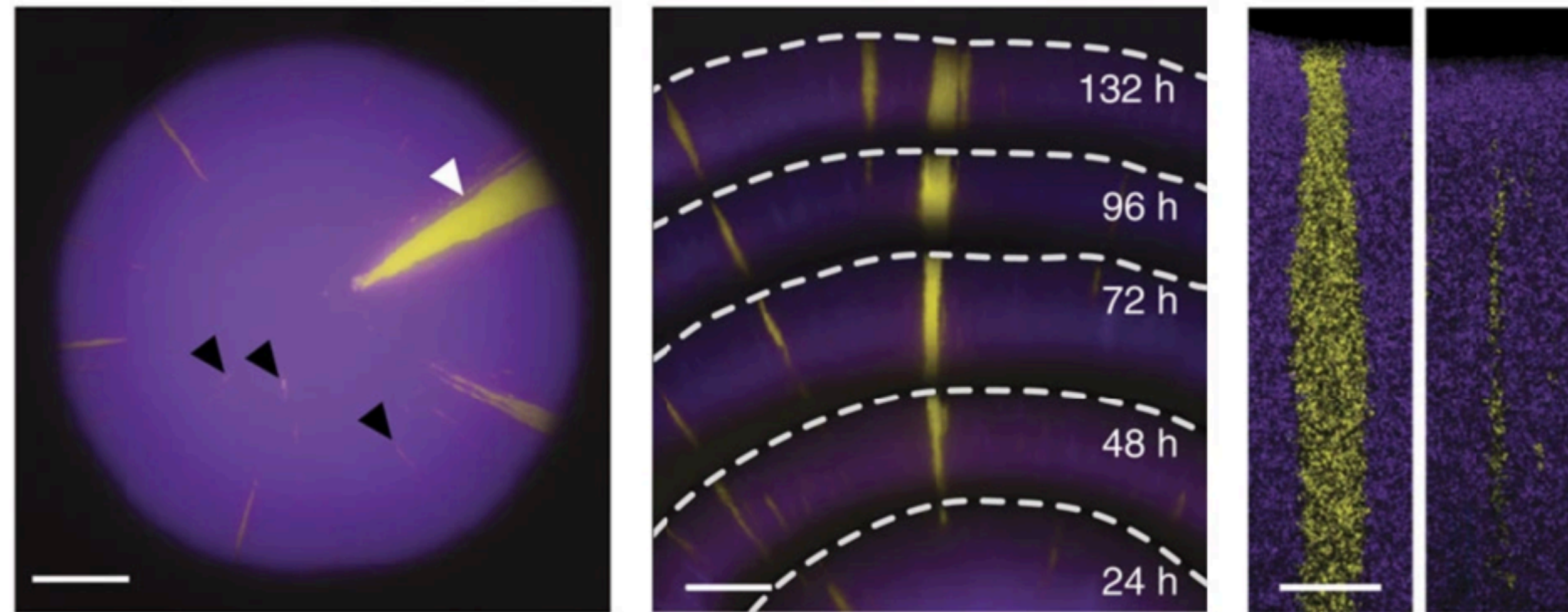
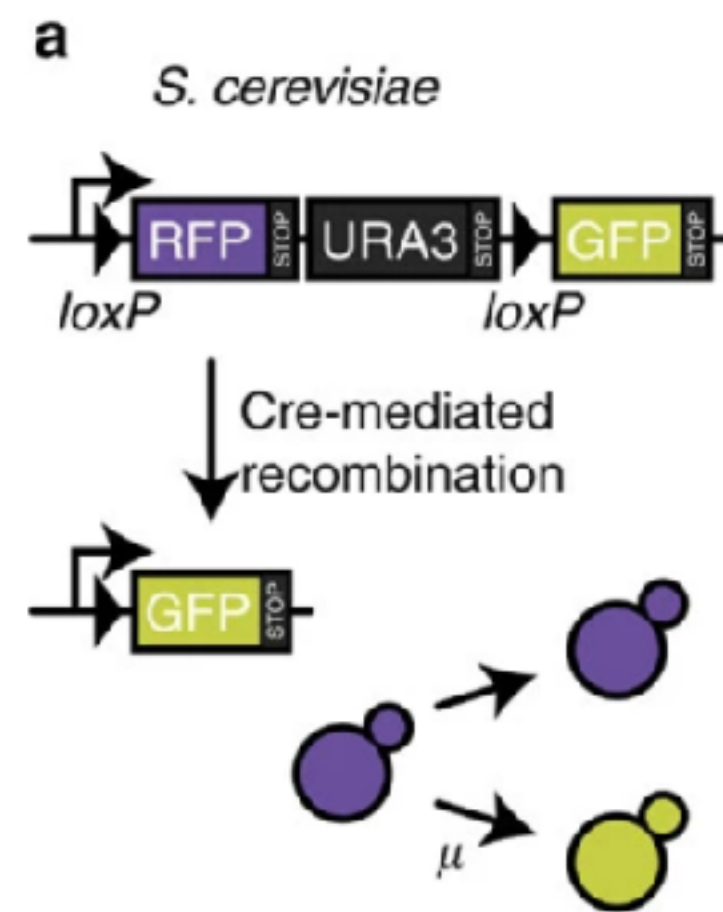


Groei van bacteriële kolonie in een IBM

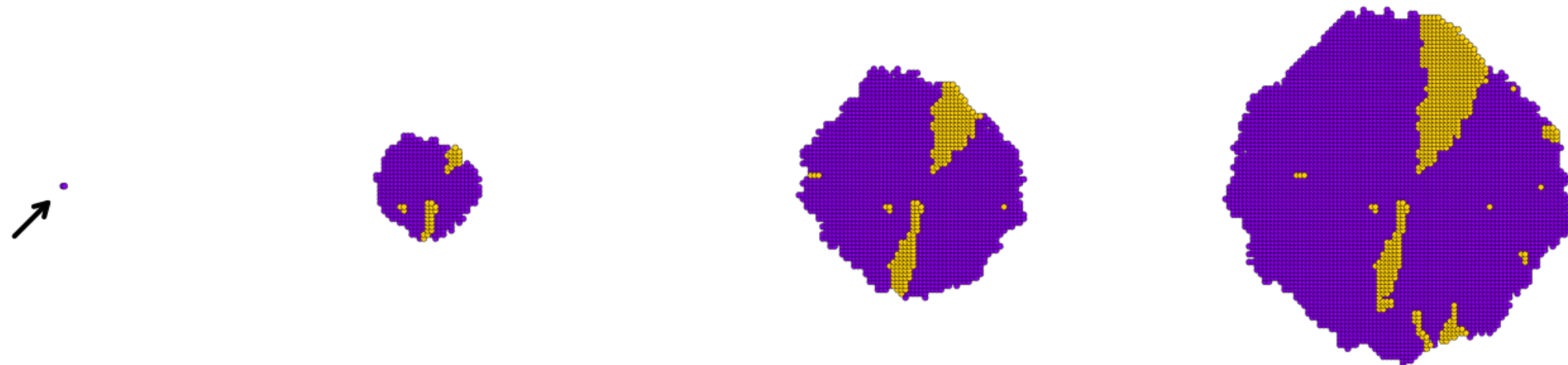


Fusco *et al.*, 2016

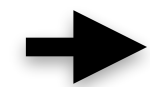
Groei van bacteriële kolonie in een IBM



Fusco *et al.*, 2016

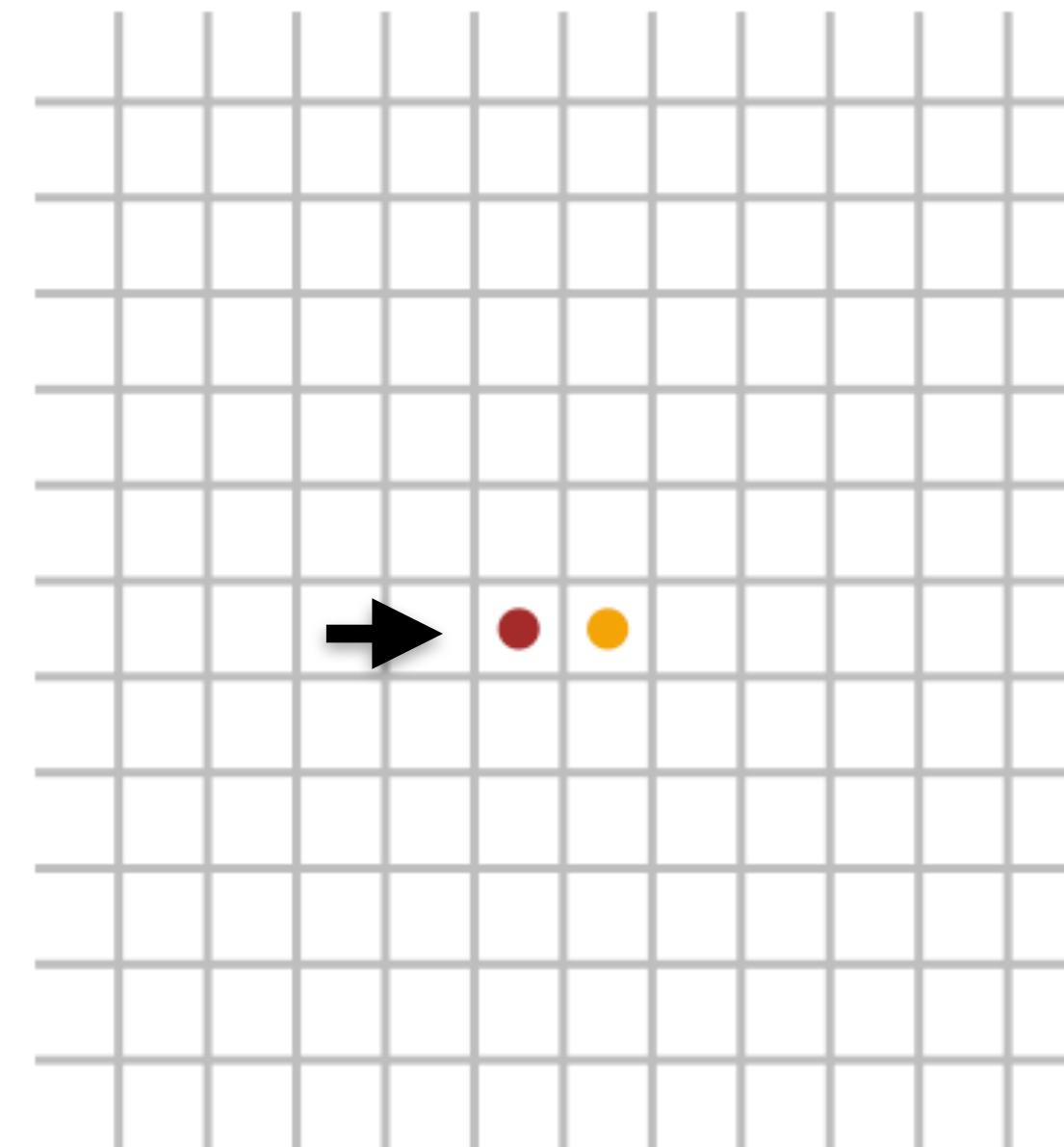


Geboorte in “lege hokjes”

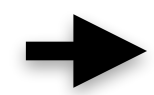


		x		y		col	
1			6		6	brown	
2			7		6	orange	

Tijdstap 0

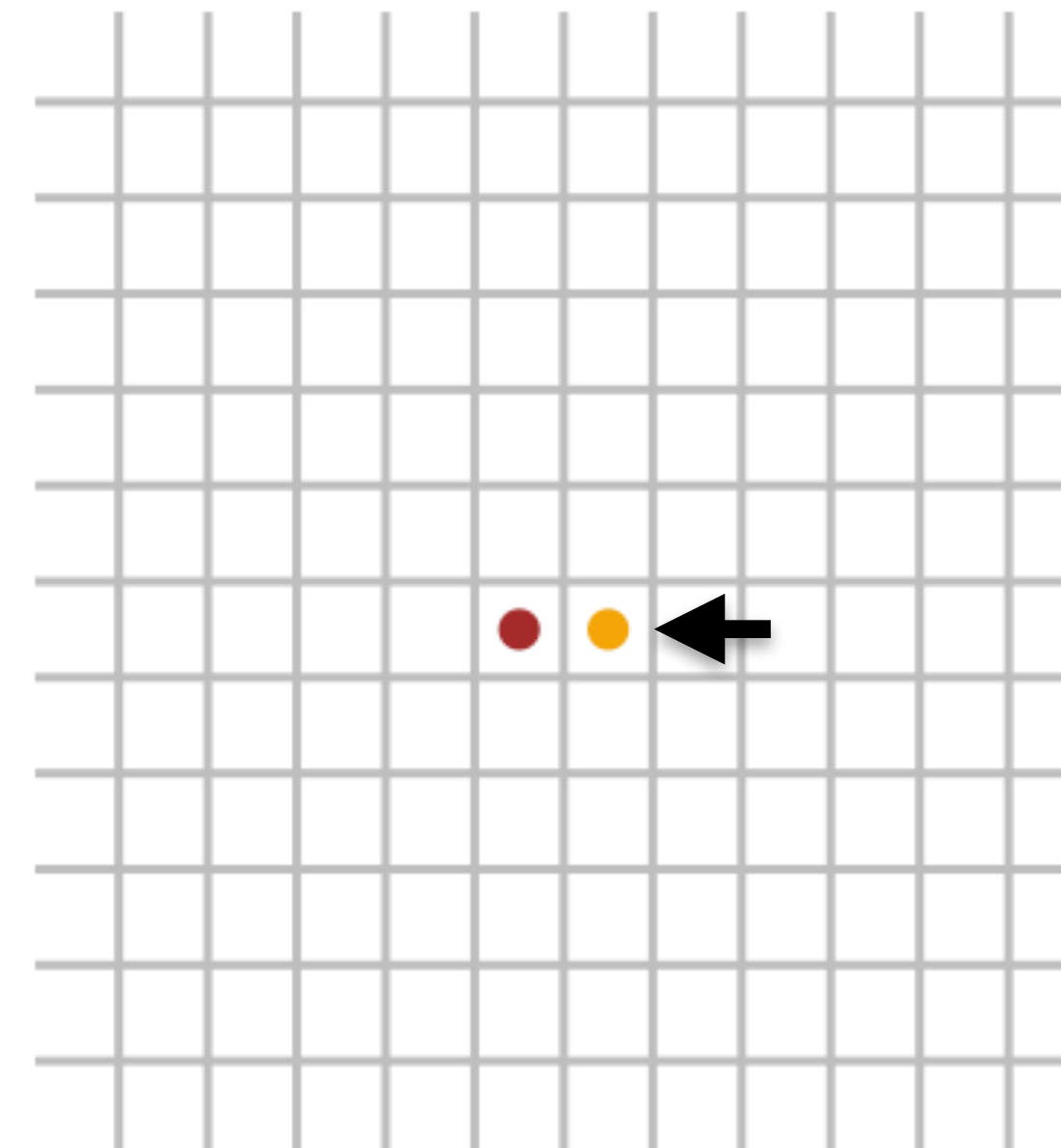


Geboorte in “lege hokjes”



		x		y		col	
1			6		6	brown	
2			7		6	orange	

Tijdstap 0



Geboorte in “lege hokjes”

	x	y	col
1	6	6	brown
2	7	6	orange



	x	y	col
1	6	6	brown
2	7	6	orange
3	6	7	brown
4	8	7	orange

Geboorte in “lege hokjes”

	x	y	col
1	6	6	brown
2	7	6	orange



	x	y	col
1	6	6	brown
2	7	6	orange
3	6	7	brown
4	8	7	orange



	x	y	col
1	6	6	brown
2	7	6	orange
3	7	5	brown
4	8	5	orange
5	8	4	brown
6	8	6	orange

Geboorte in “lege hokjes”

	x	y	col
1	6	6	brown
2	7	6	orange



	x	y	col
1	6	6	brown
2	7	6	orange
3	6	7	brown
4	8	7	orange

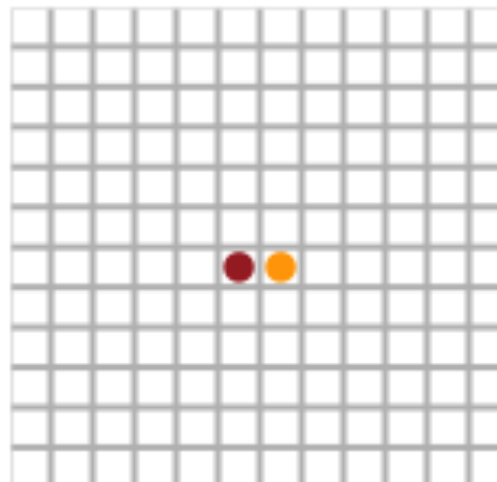


	x	y	col
1	6	6	brown
2	7	6	orange
3	7	5	brown
4	8	5	orange
5	8	4	brown
6	8	6	orange

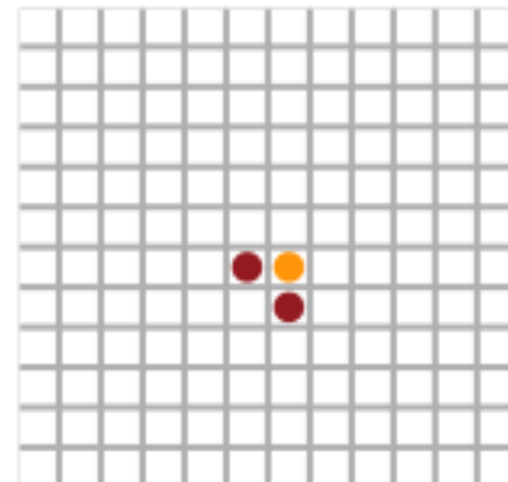
	x	y	col
2	7	6	orange
3	3	7	brown
8	6	6	brown
0	2	8	brown
2	4	7	brown
5	3	8	brown
5	2	6	brown
7	7	7	brown
0	7	8	brown
7	5	9	brown
3	6	7	brown
4	1	6	brown
5	3	4	brown
1	7	11	brown
7	7	10	brown
1	8	7	orange
2	2	5	brown
3	8	10	brown
6	6	11	brown
5	5	7	brown
4	7	5	orange
9	2	7	brown
3	6	10	brown
0	3	3	brown
2	6	9	brown
4	8	9	brown
5	2	9	brown
5	6	5	brown
5	3	6	brown
5	9	11	brown
9	5	5	brown
8	2	2	brown
0	4	5	brown
2	1	5	brown
7	6	8	brown
9	4	12	brown

Geboorte in “lege hokjes”

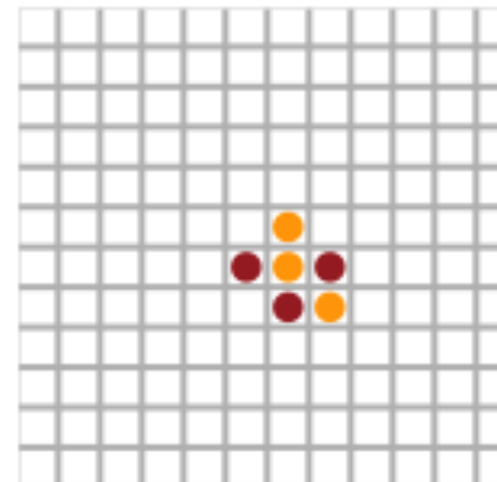
Tijdstap 0



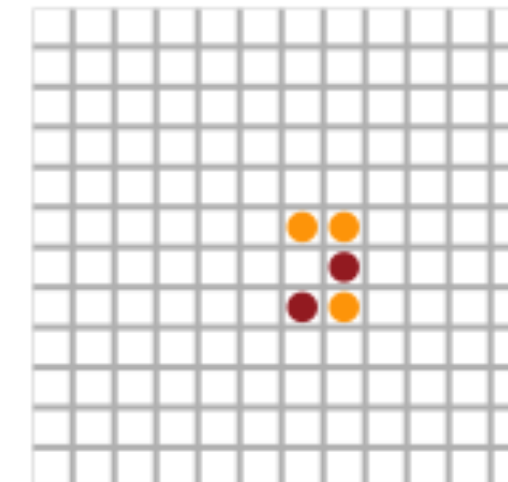
Tijdstap 2



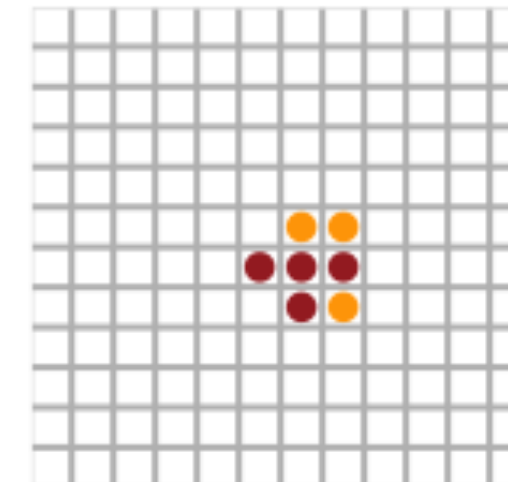
Tijdstap 4



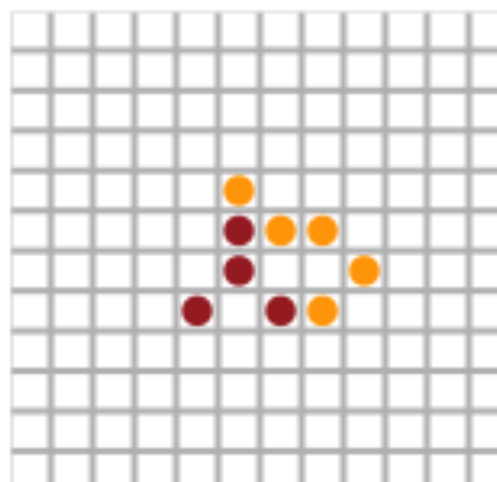
Tijdstap 6



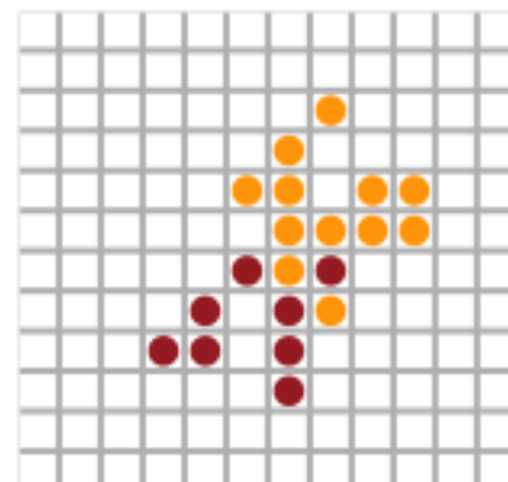
Tijdstap 8



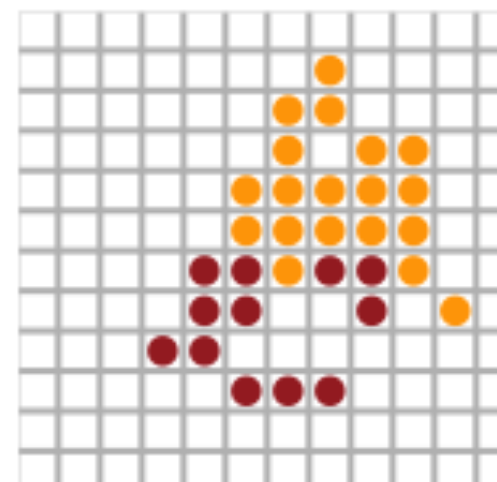
Tijdstap 10



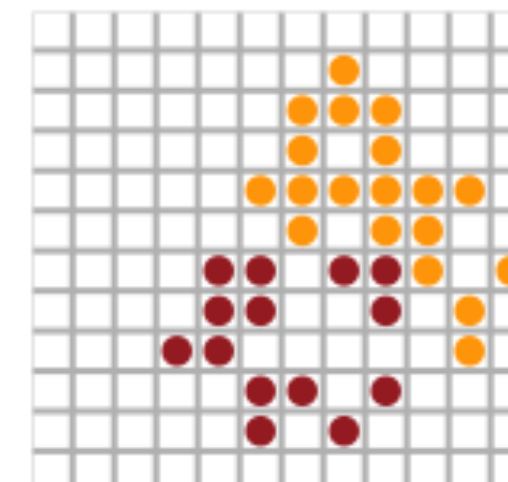
Tijdstap 12



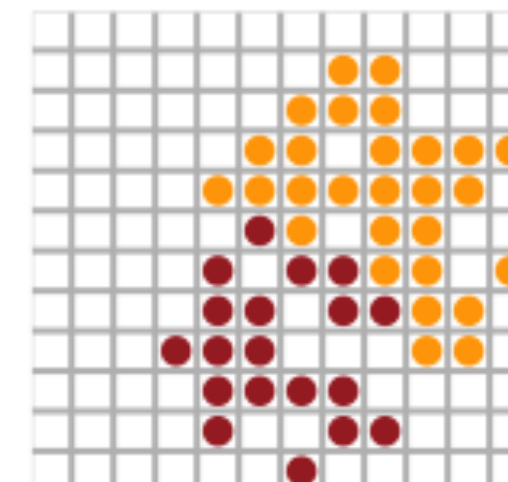
Tijdstap 14



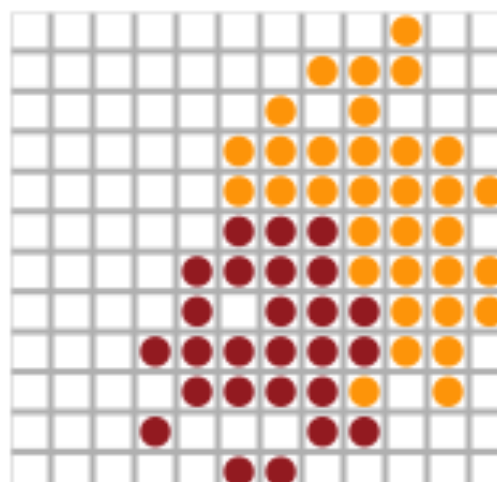
Tijdstap 16



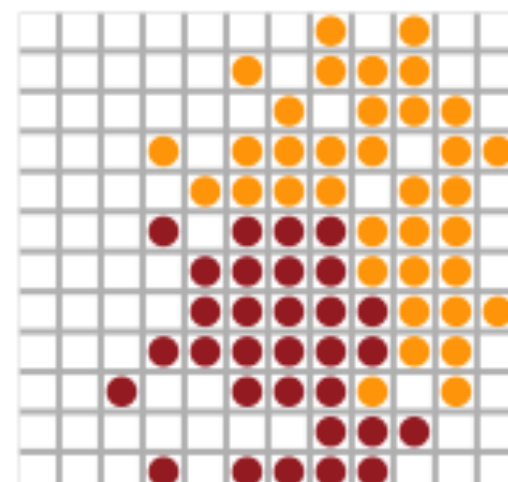
Tijdstap 18



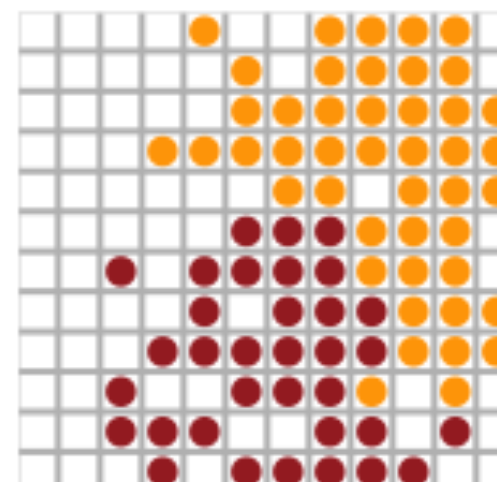
Tijdstap 20



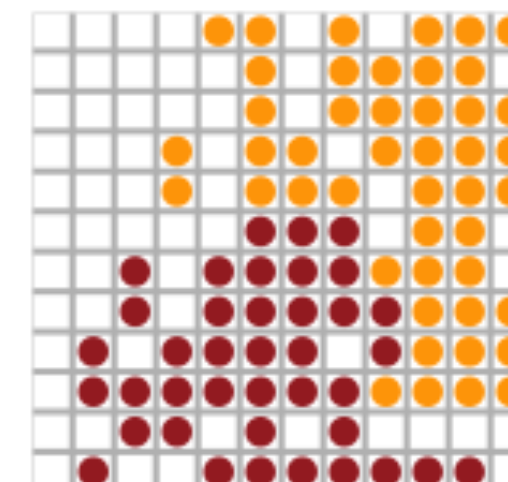
Tijdstap 22



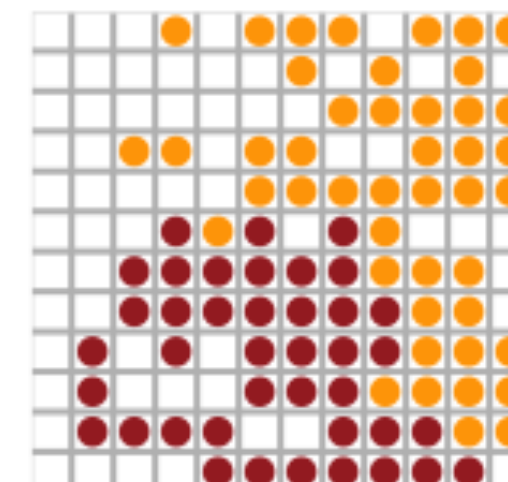
Tijdstap 24



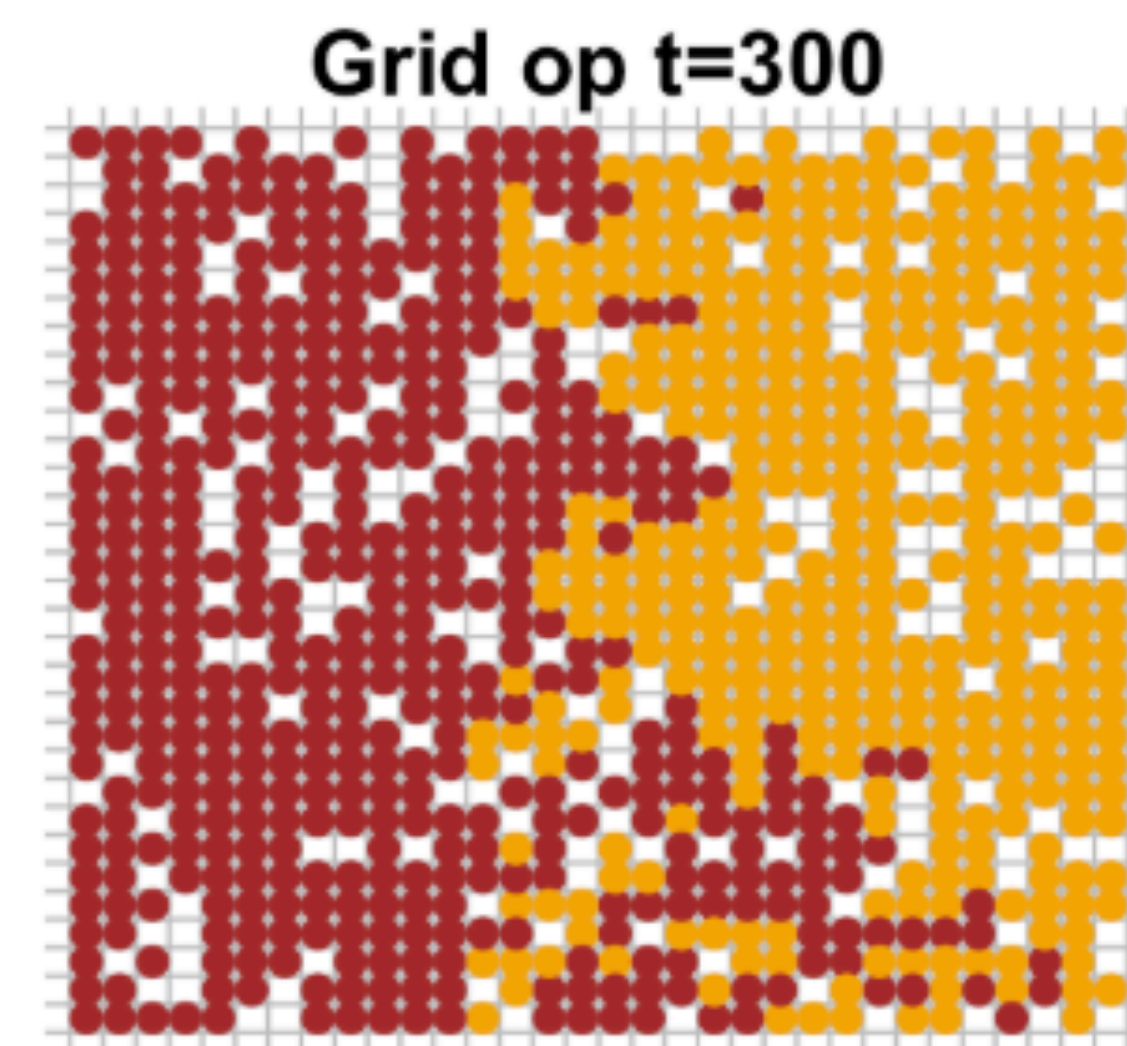
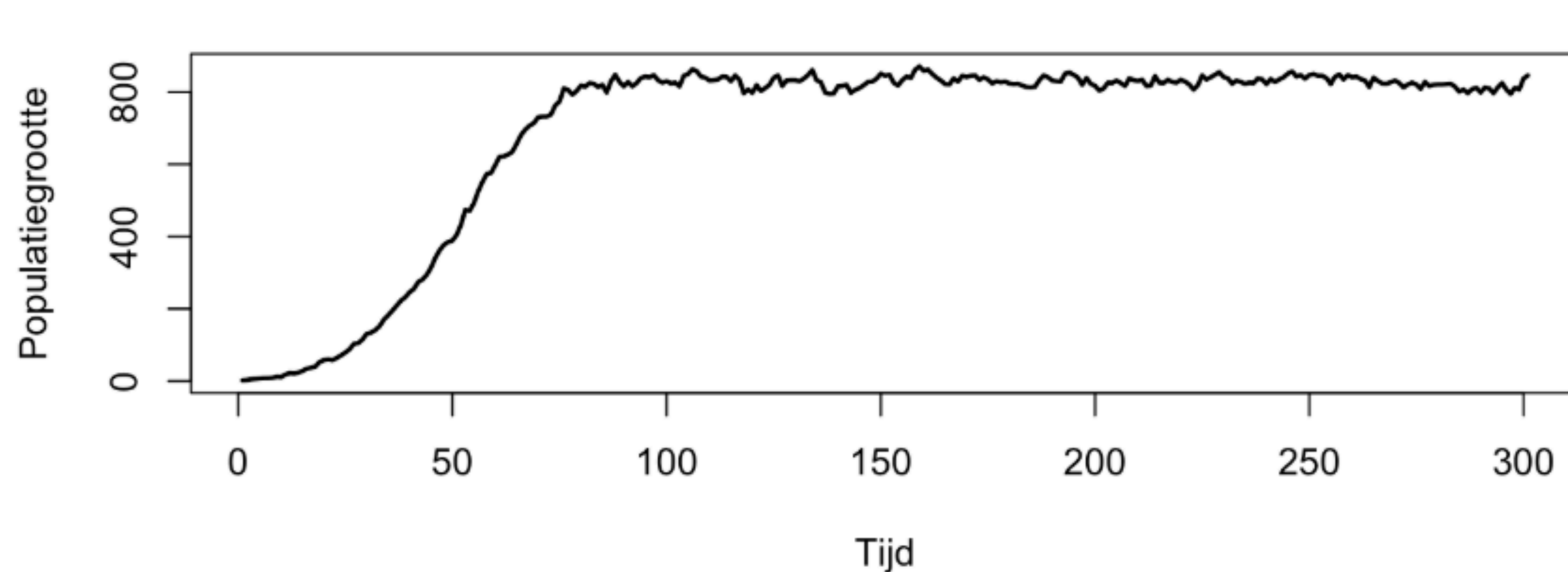
Tijdstap 26



Tijdstap 28

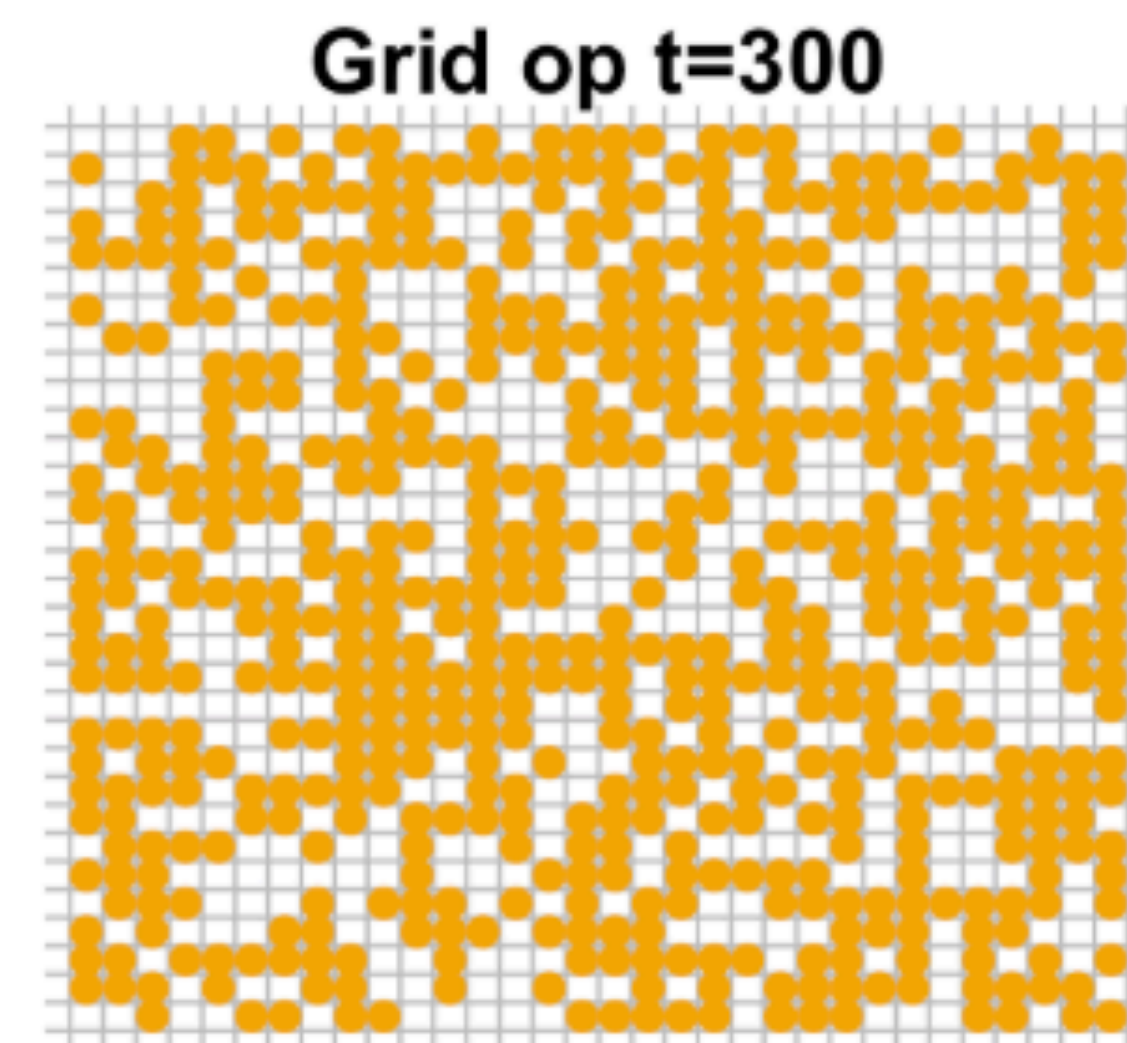
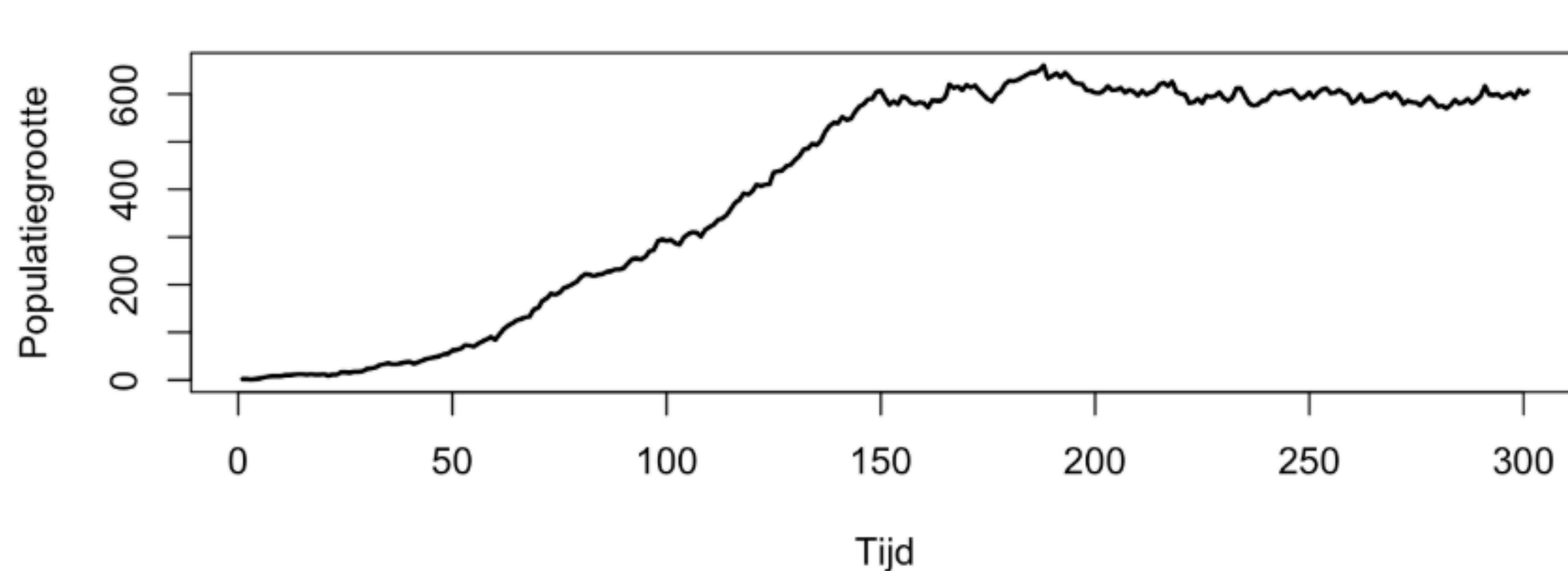


Kansen in plaats van snelheden



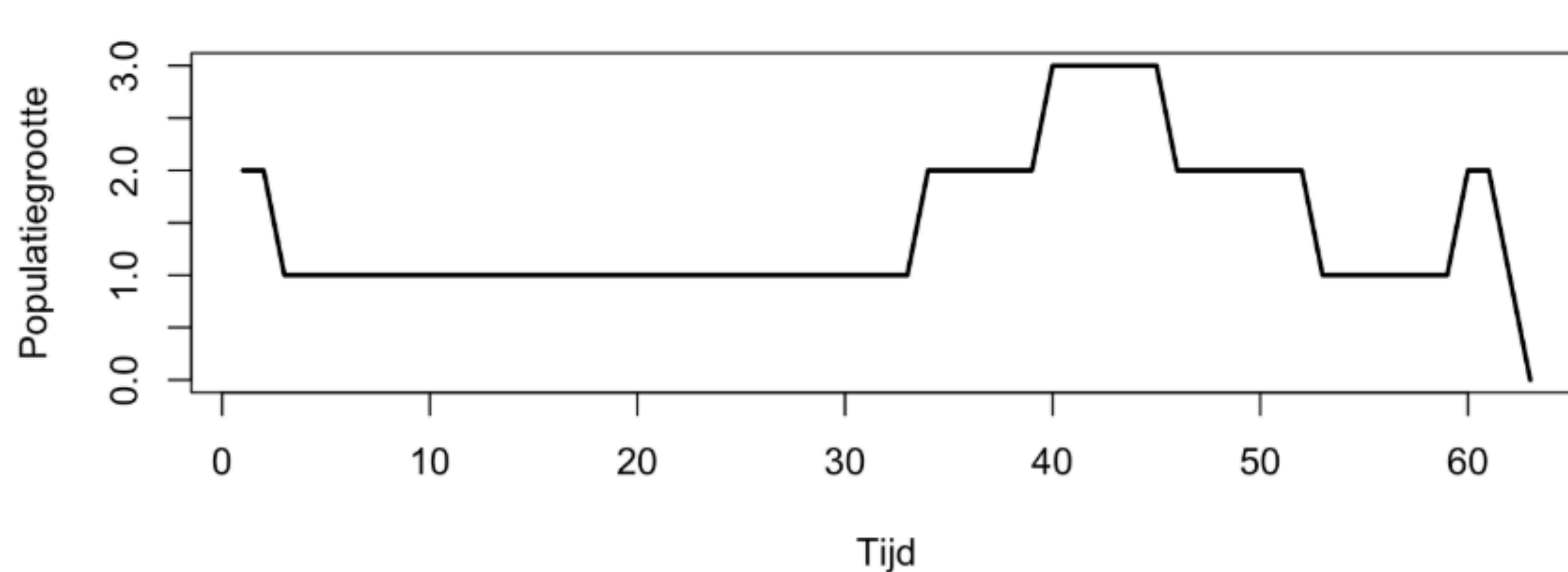
(a) Simulatie met $b=0.6$, $d=0.1$

Kansen in plaats van snelheden

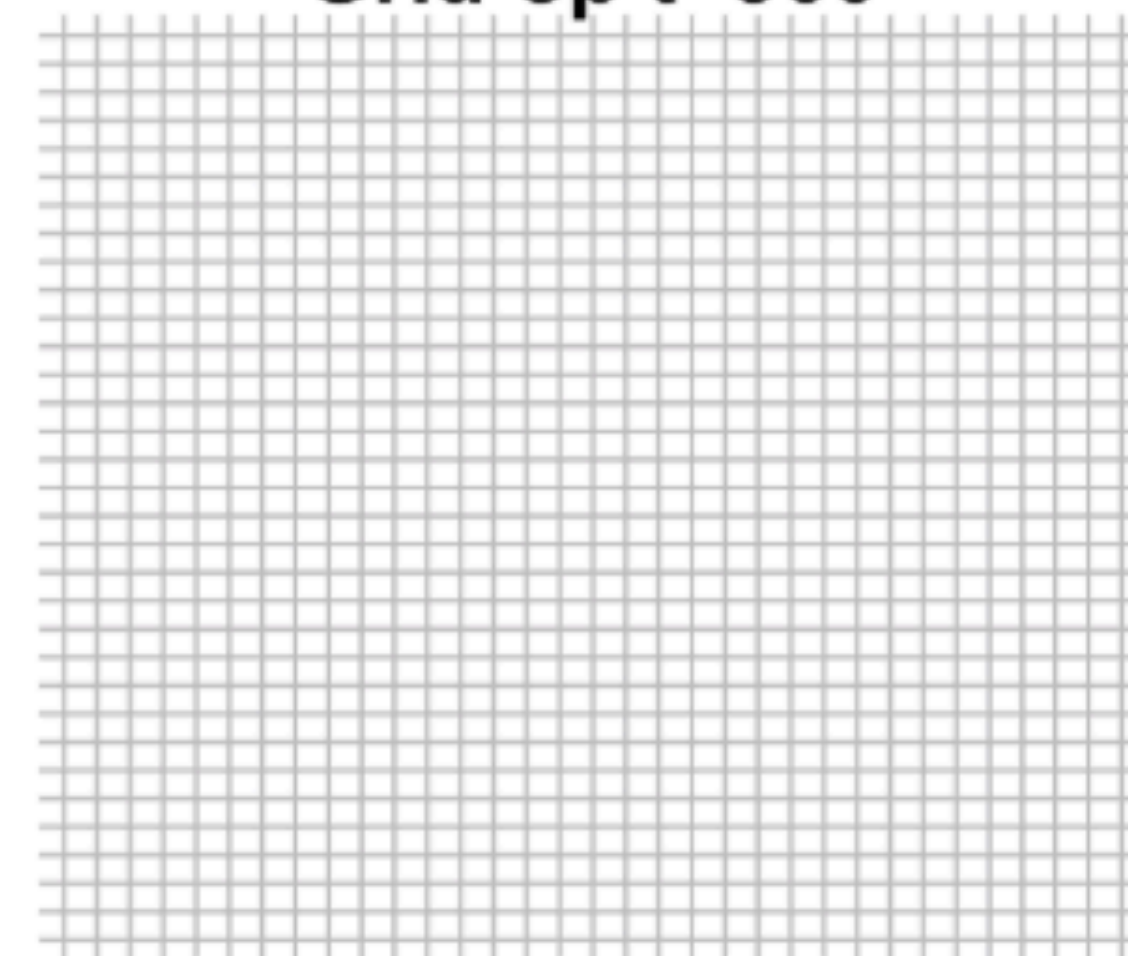


(b) Simulatie met $b=0.3$, $d=0.1$

Kansen in plaats van snelheden

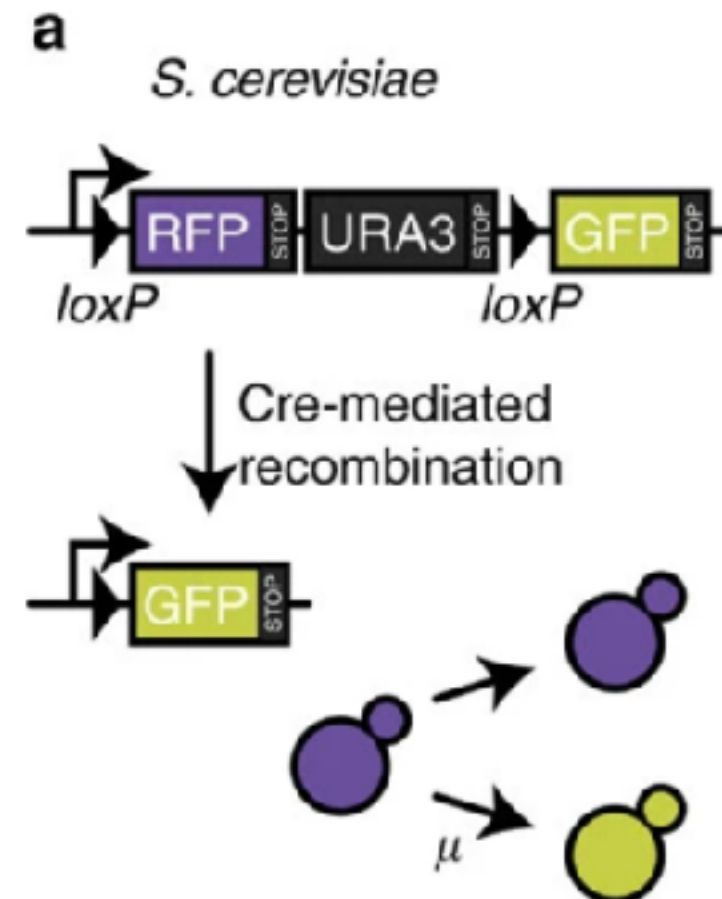


Grid op $t=300$

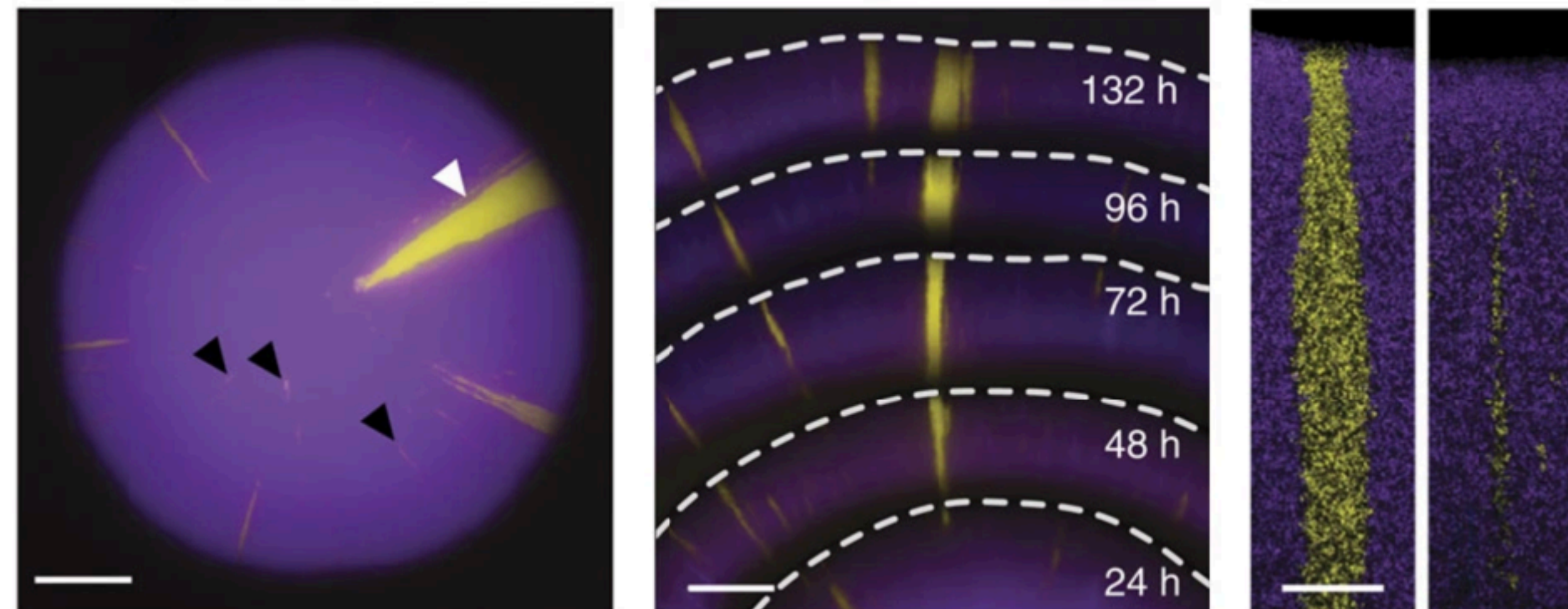
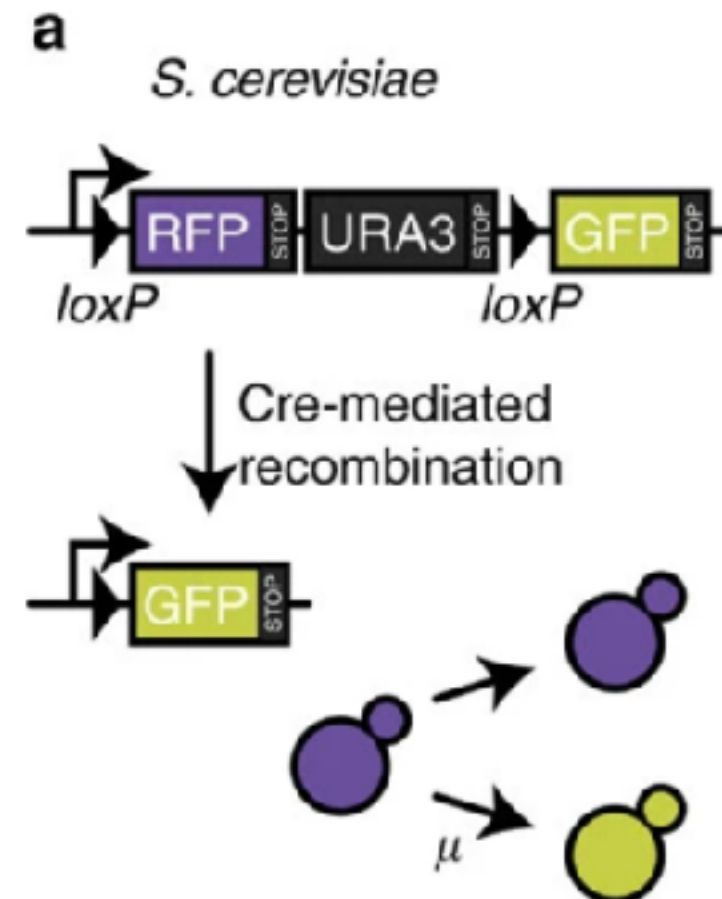


(c) Simulatie met $b=0.12$, $d=0.1$

Groei van bacteriële kolonie in een IBM

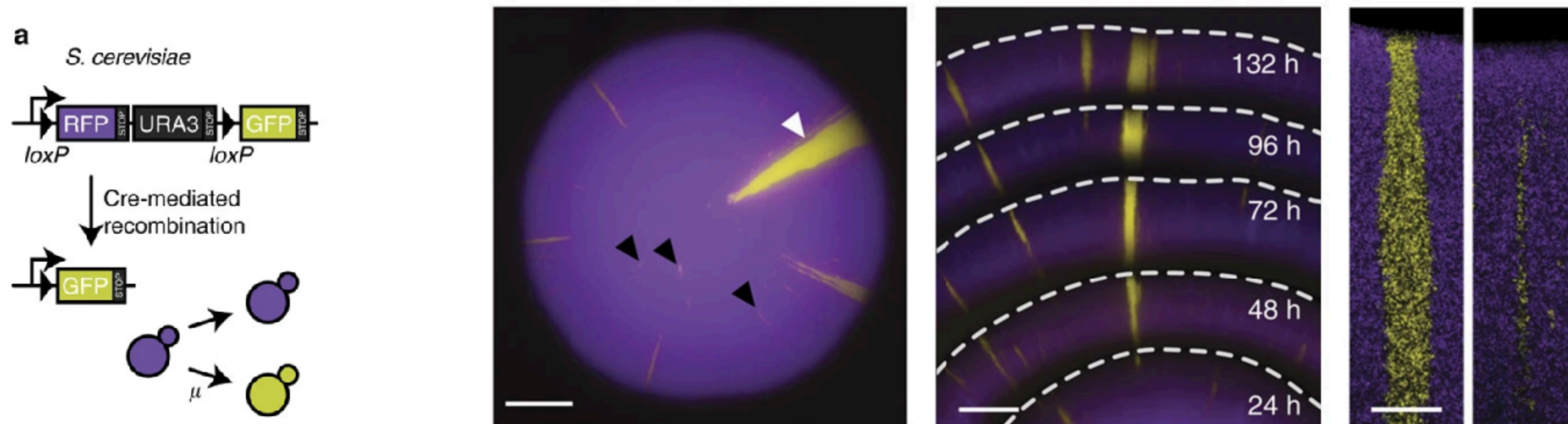


Groei van bacteriële kolonie in een IBM



Fusco *et al.*, 2016

Groei van bacteriële kolonie in een IBM



Fusco *et al.*, 2016

<https://jsfiddle.net/bramvandijk88/fd7a42p5/7/>

Is ruimte beperkend voor groei?



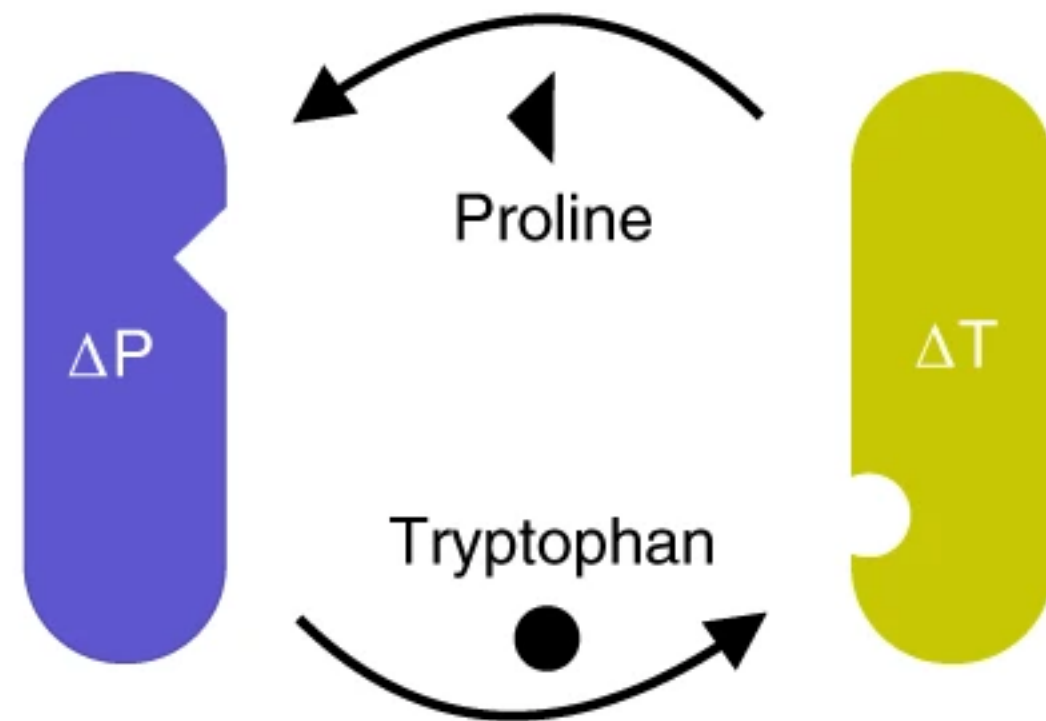
Is ruimte beperkend voor groei?



Zelfs na de groei heeft ruimte invloed: lokale interacties

a

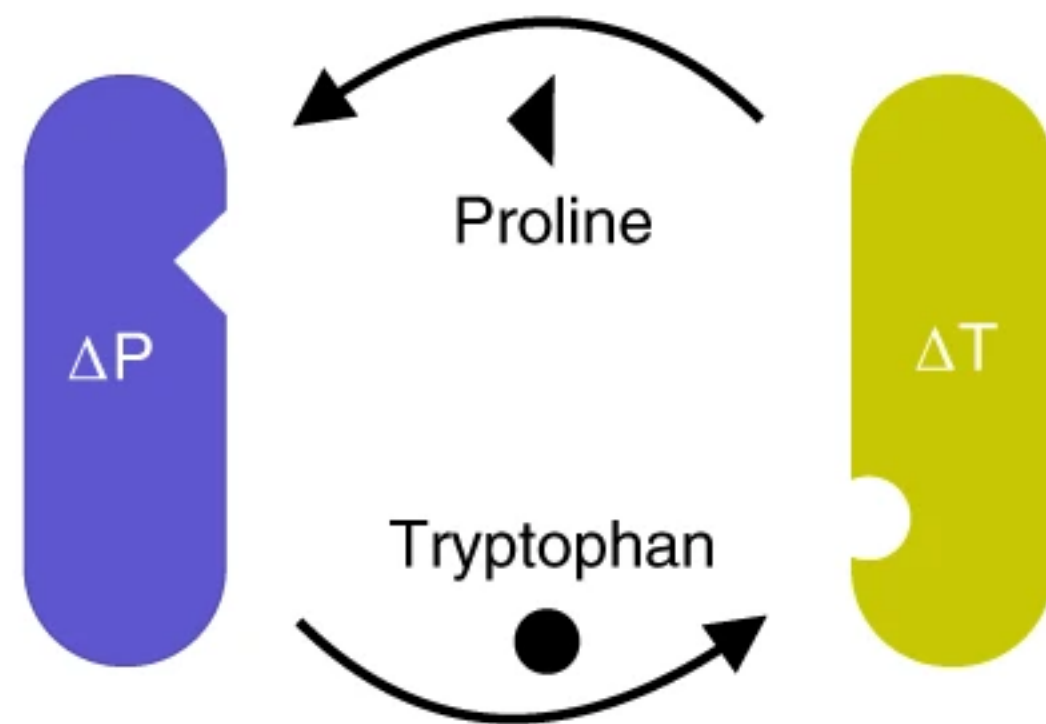
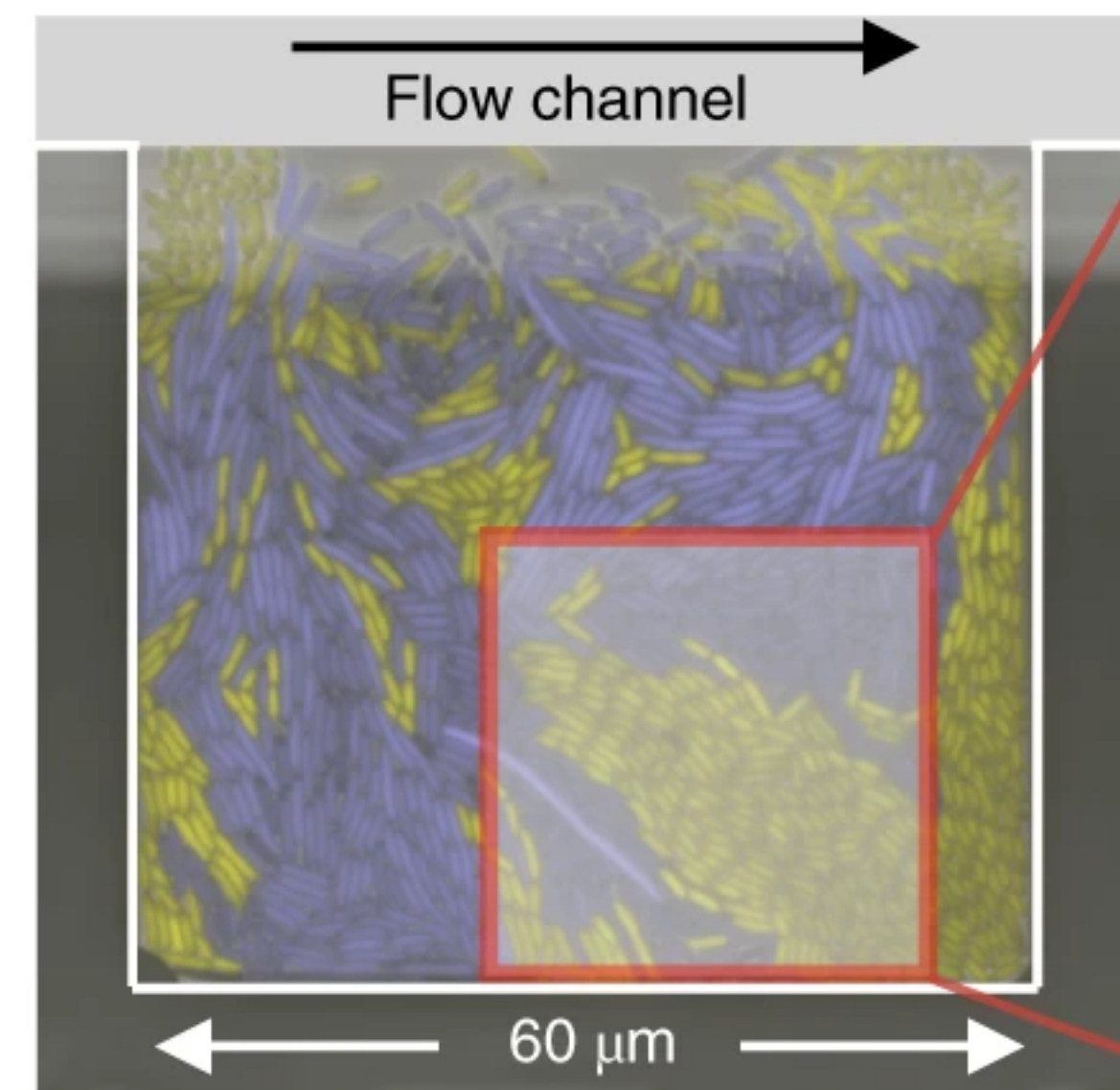
Synthetic community of *E. coli*



Zelfs na de groei heeft ruimte invloed: lokale interacties

a

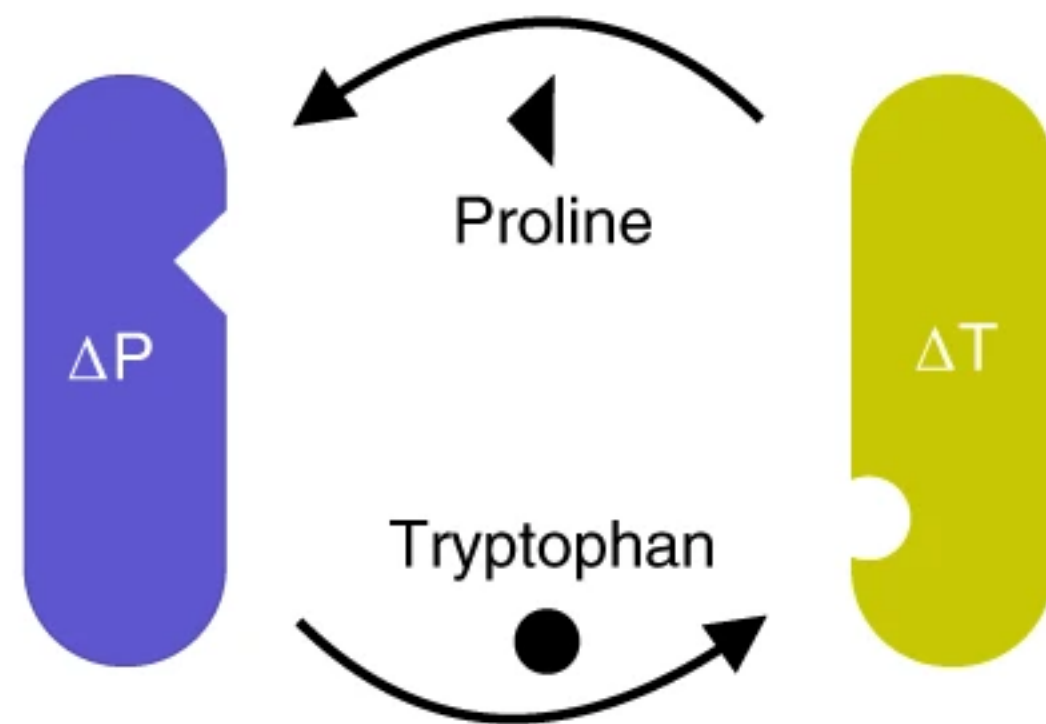
Synthetic community of *E. coli*

**b**

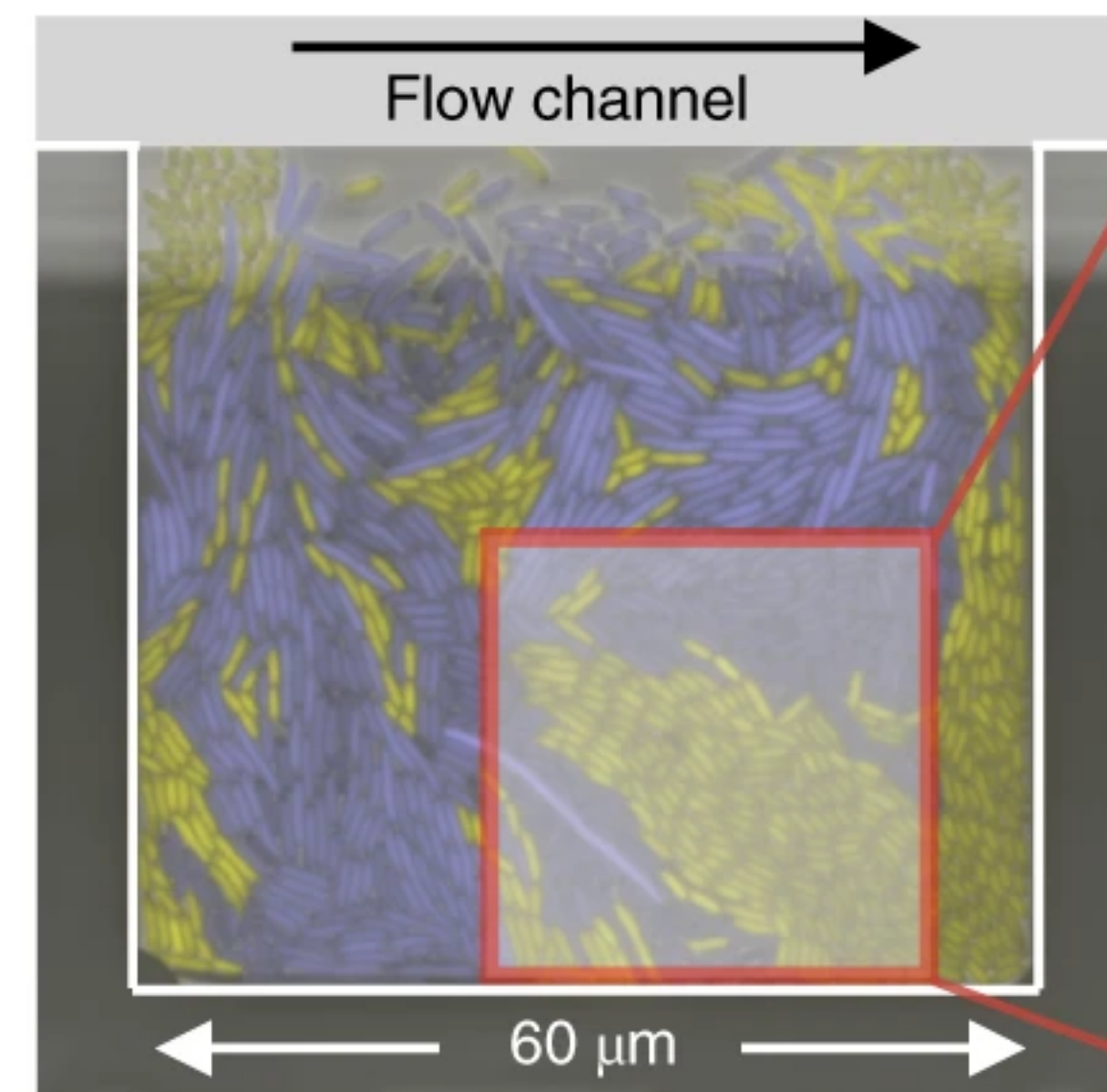
Zelfs na de groei heeft ruimte invloed: lokale interacties

a

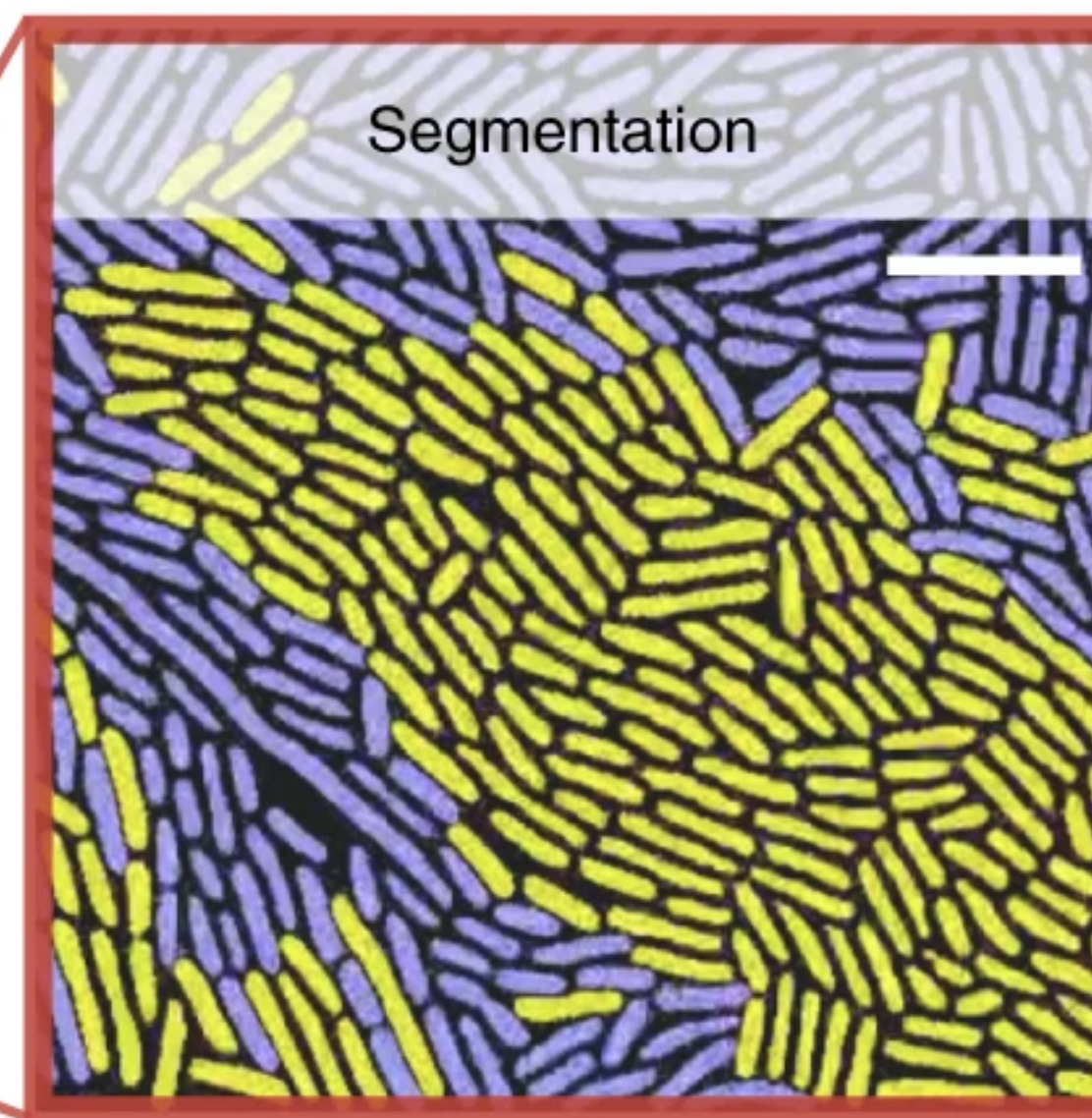
Synthetic community of *E. coli*



b



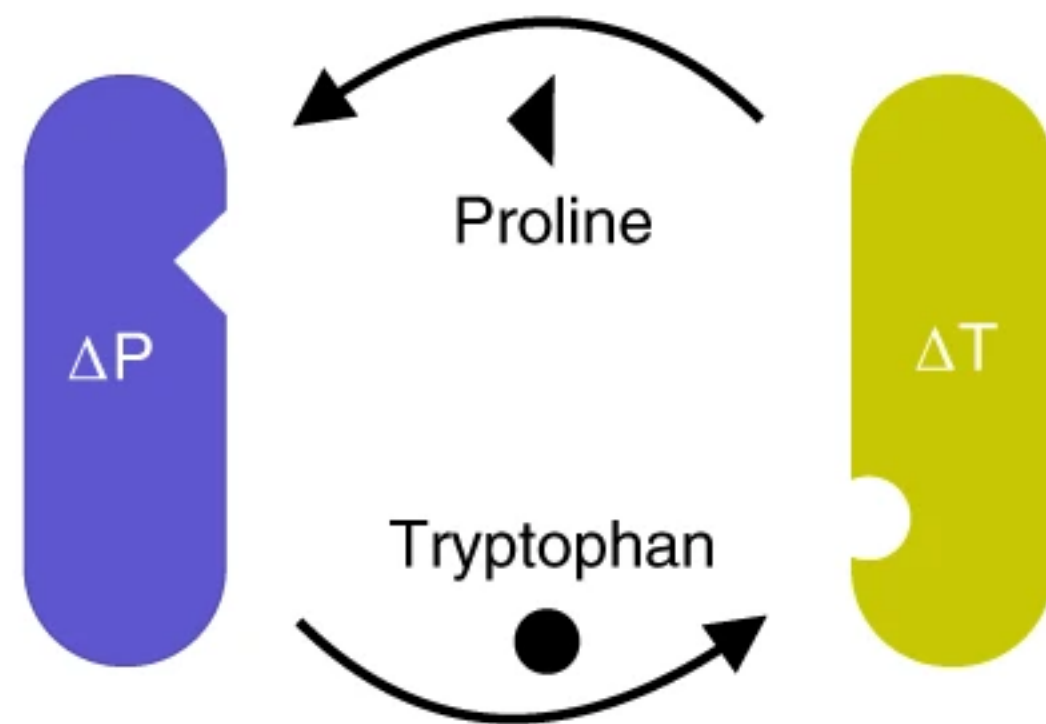
c



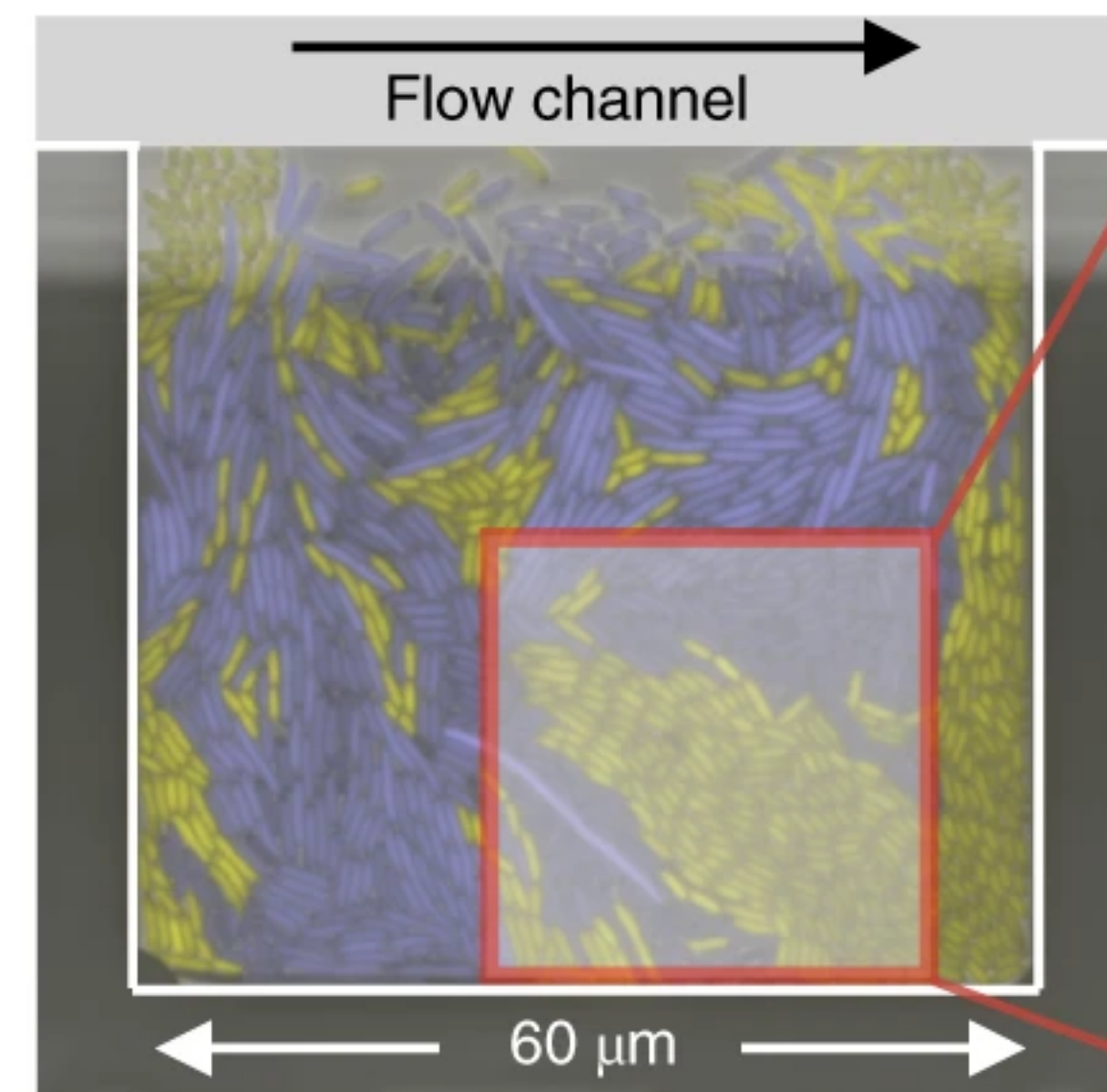
Zelfs na de groei heeft ruimte invloed: lokale interacties

a

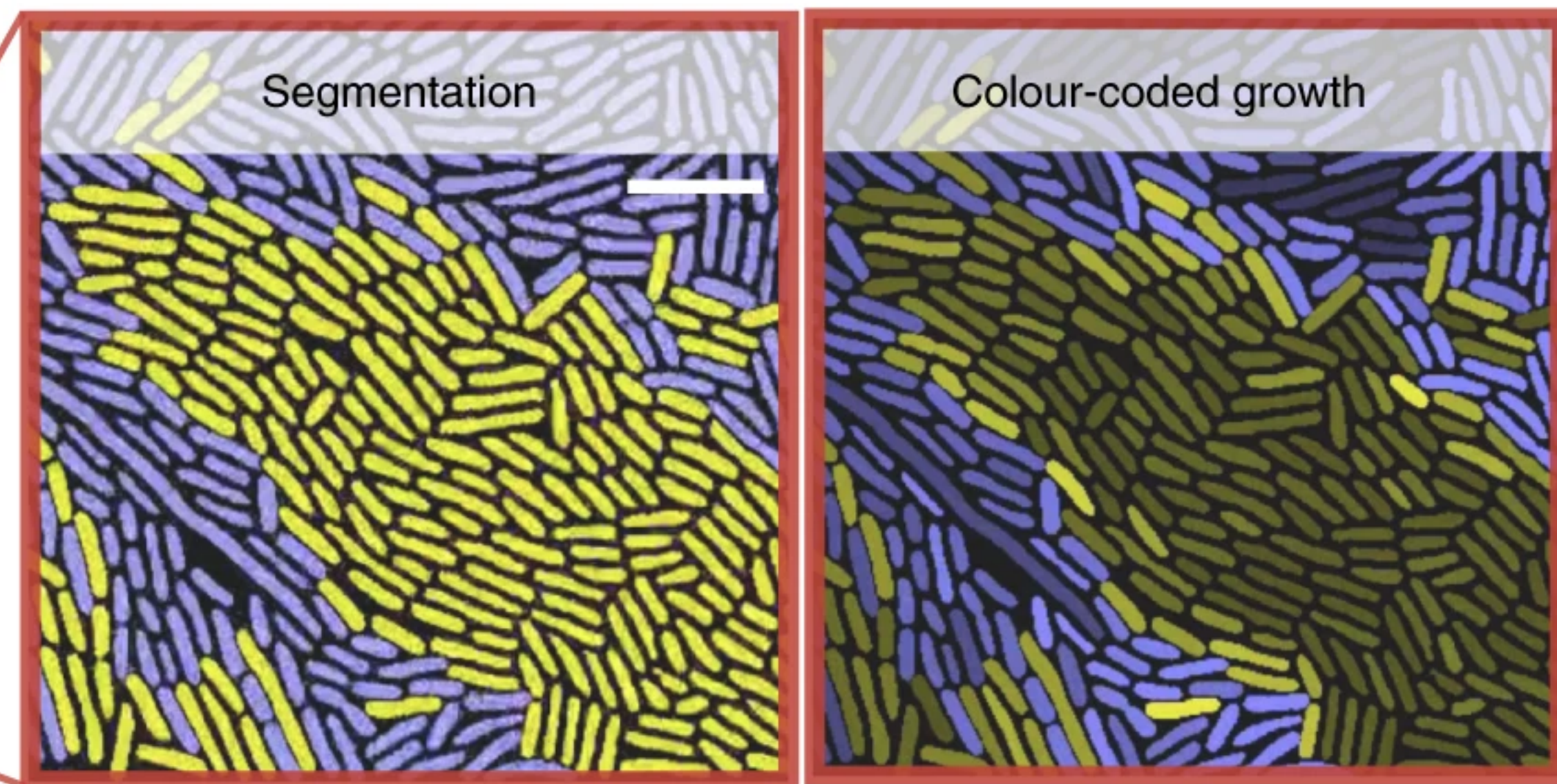
Synthetic community of *E. coli*



b



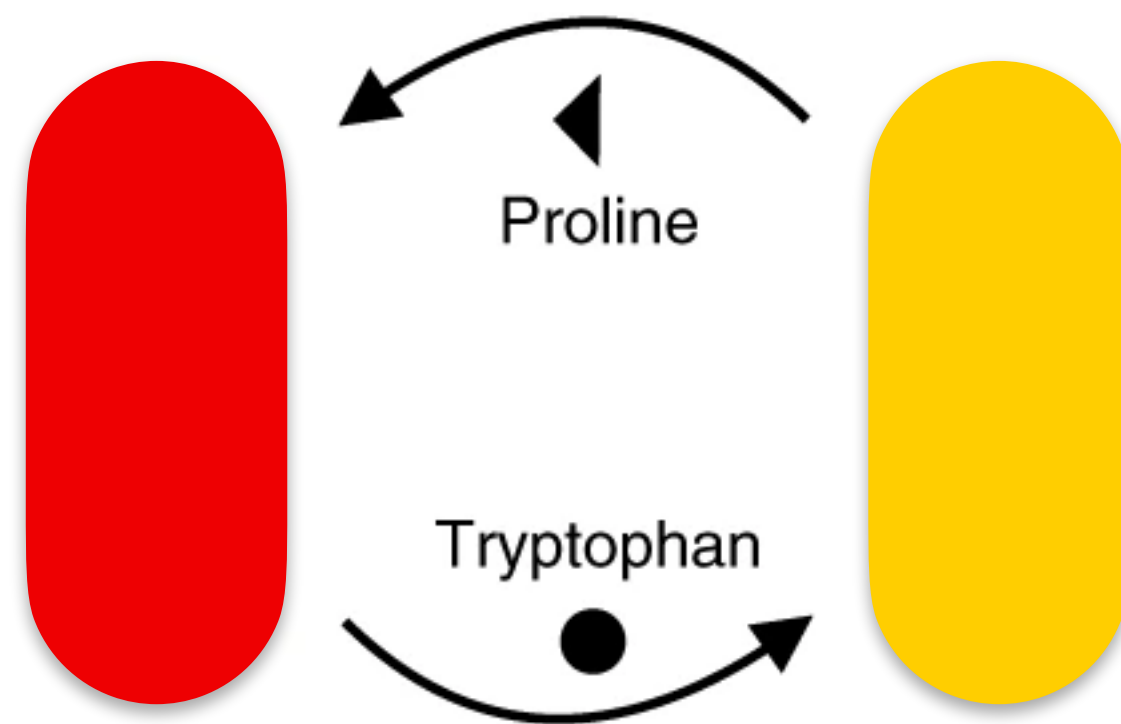
c



Samenwerken

a

Synthetic community of *E. coli*

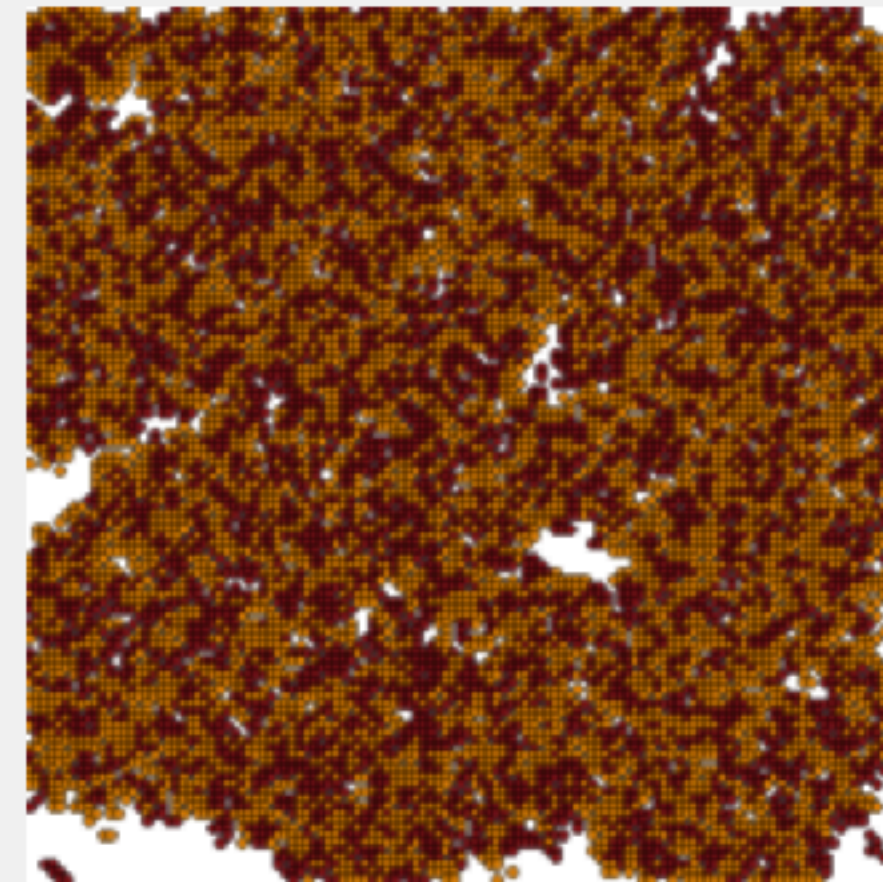


$$\text{Geboortekans}(\text{rood}) = b + c \cdot \left(\sum \text{aantal oranje buren} \right)$$

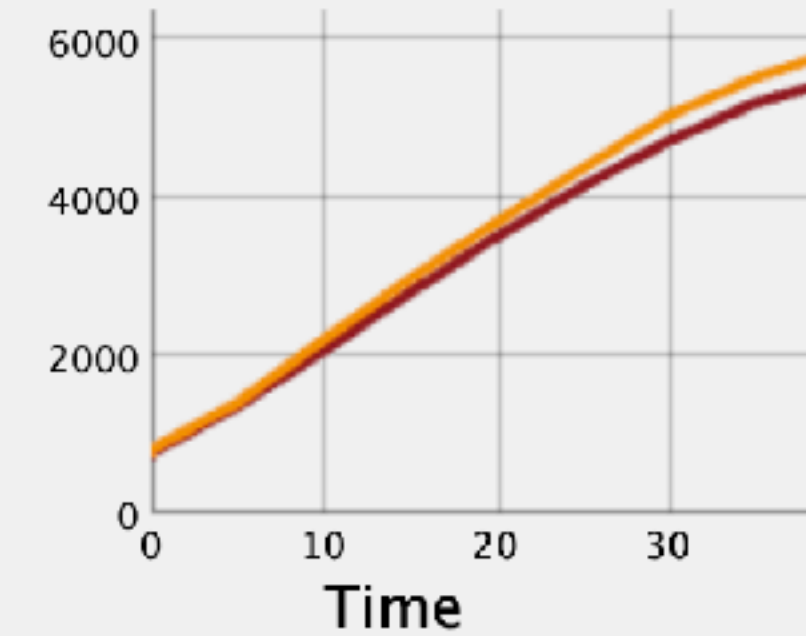
$$\text{Geboortekans}(\text{oranje}) = b + c \cdot \left(\sum \text{aantal rode buren} \right)$$

Samenwerken

Result

 Edit in JSFiddle

Population sizes



Samenwerken

1 2

Start

Reset

Mengen:



Begin-dichtheid:

0,1

b:

0,11

c:

0,3

d:

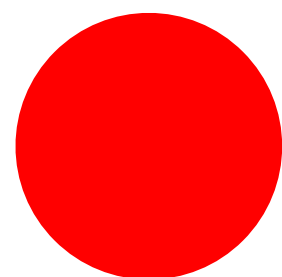
0,1



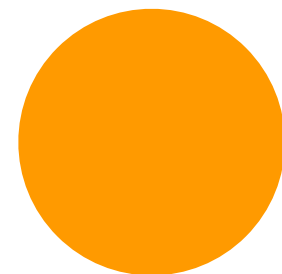
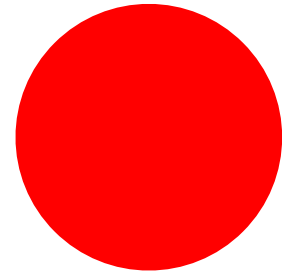
Rock, paper, scissors!



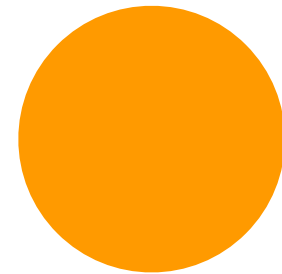
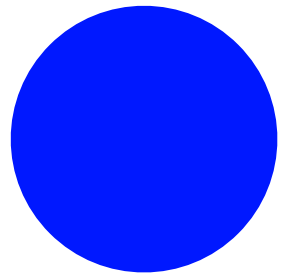
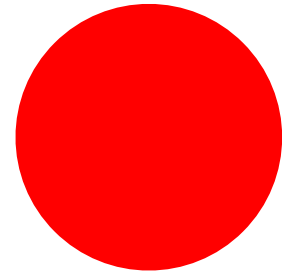
Rock, paper, scissors!



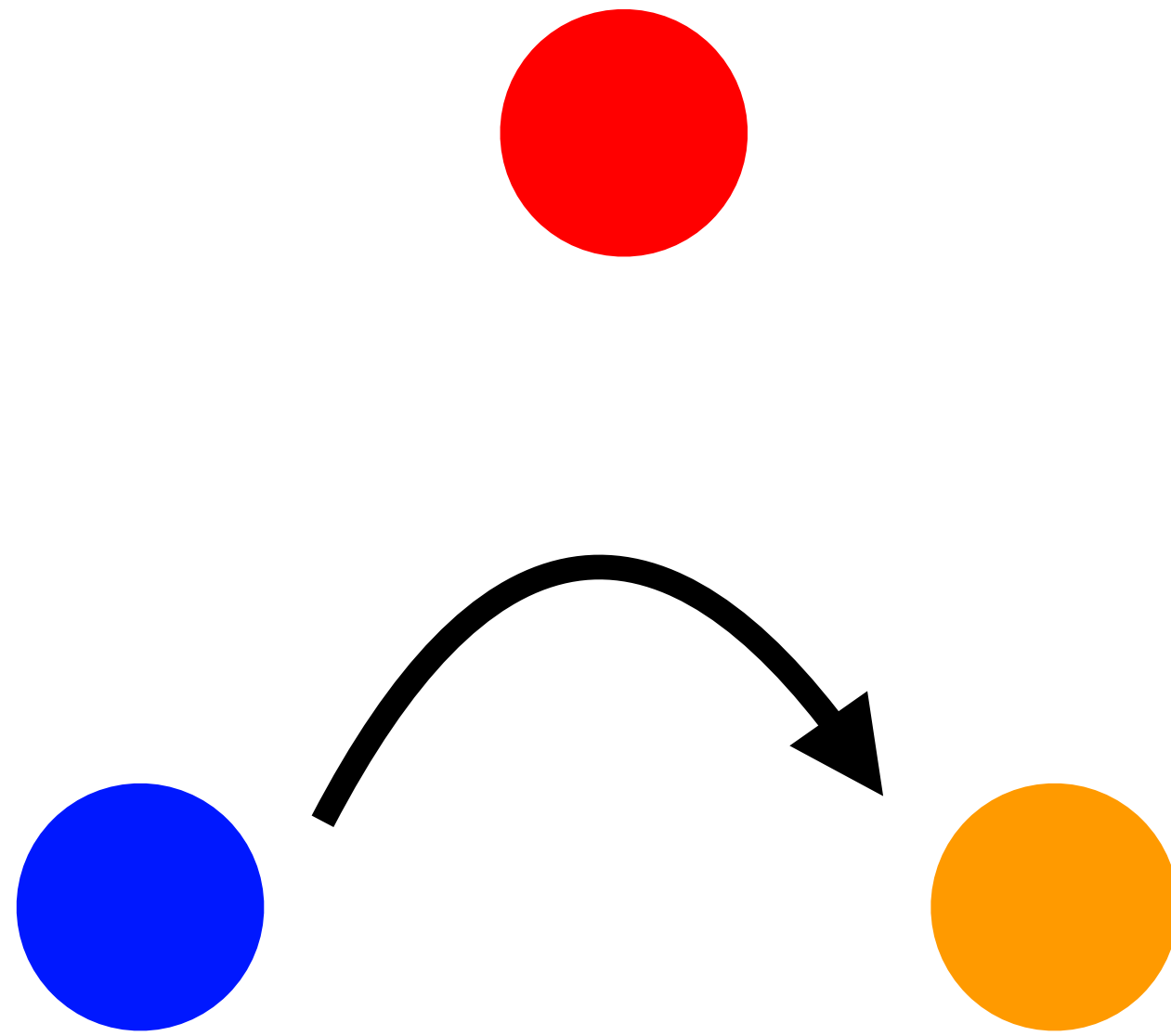
Rock, paper, scissors!



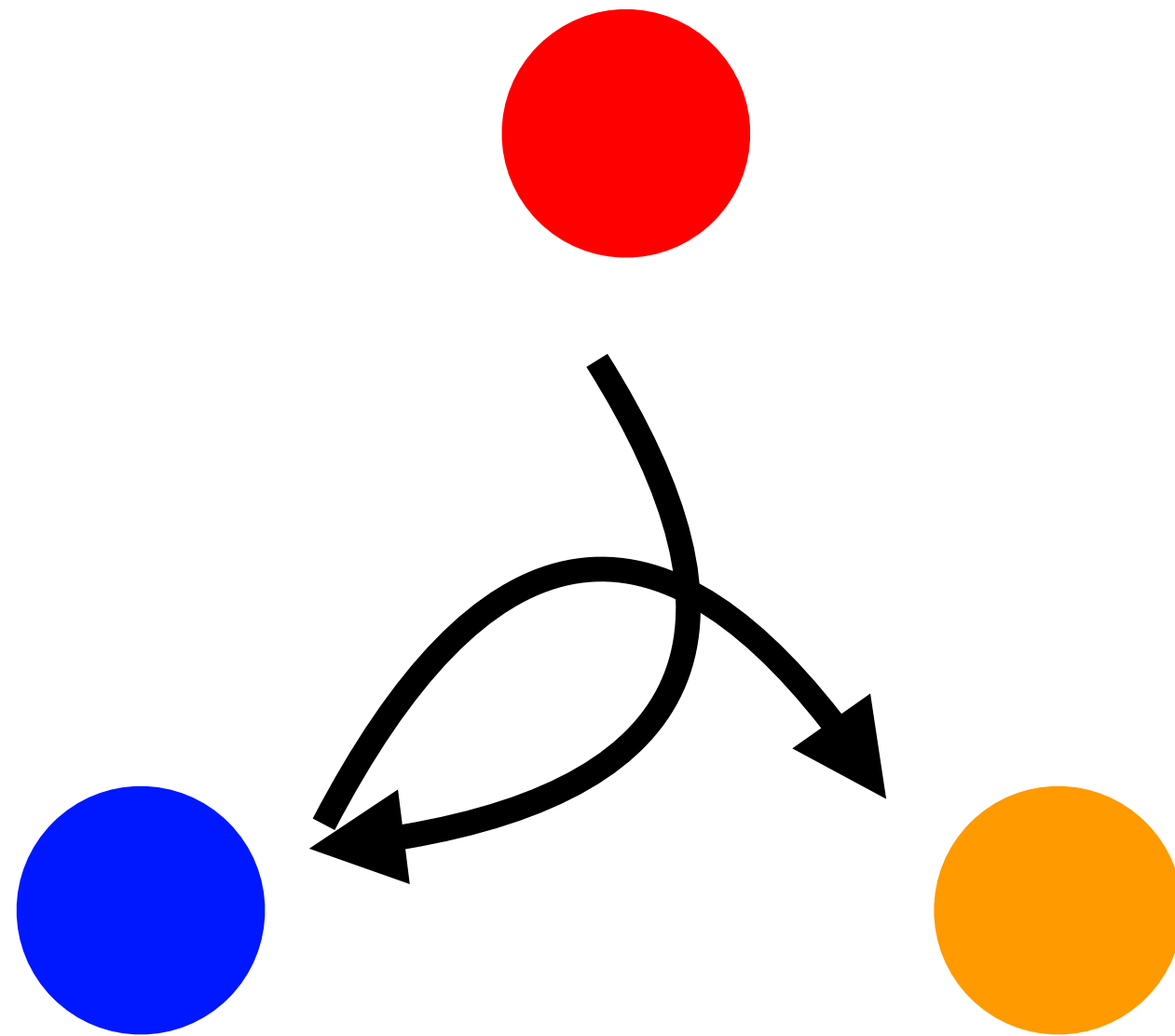
Rock, paper, scissors!



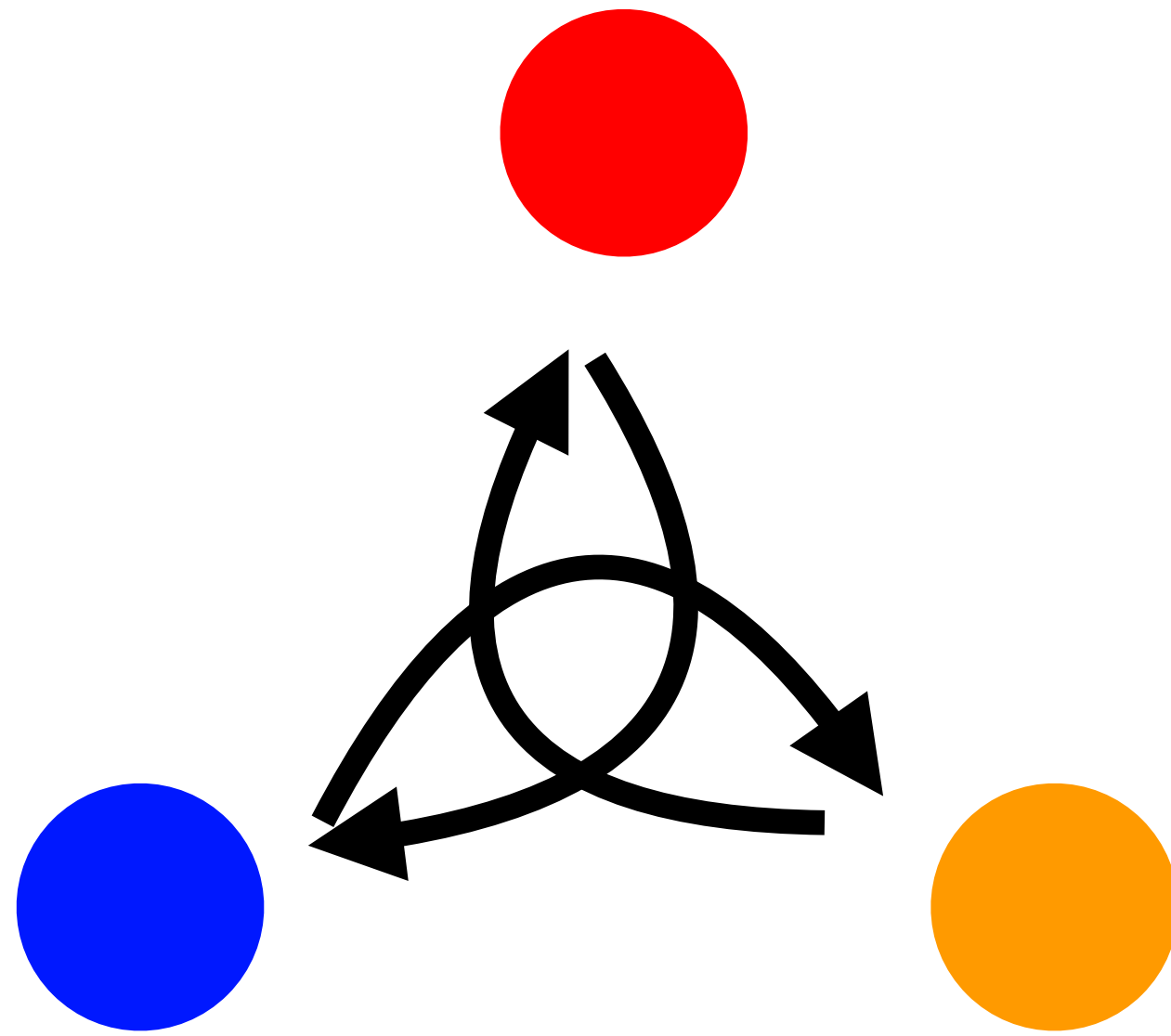
Rock, paper, scissors!



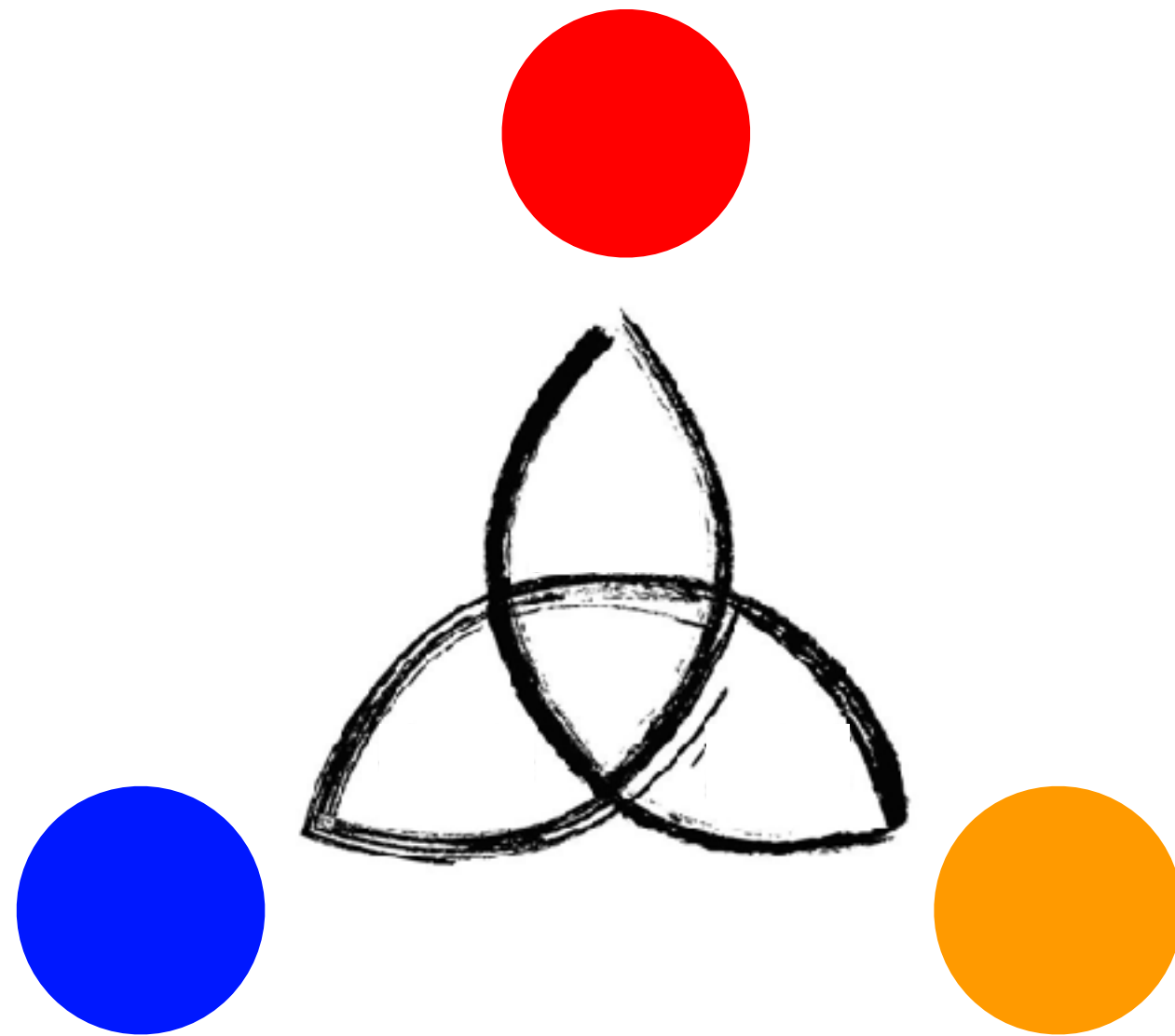
Rock, paper, scissors!



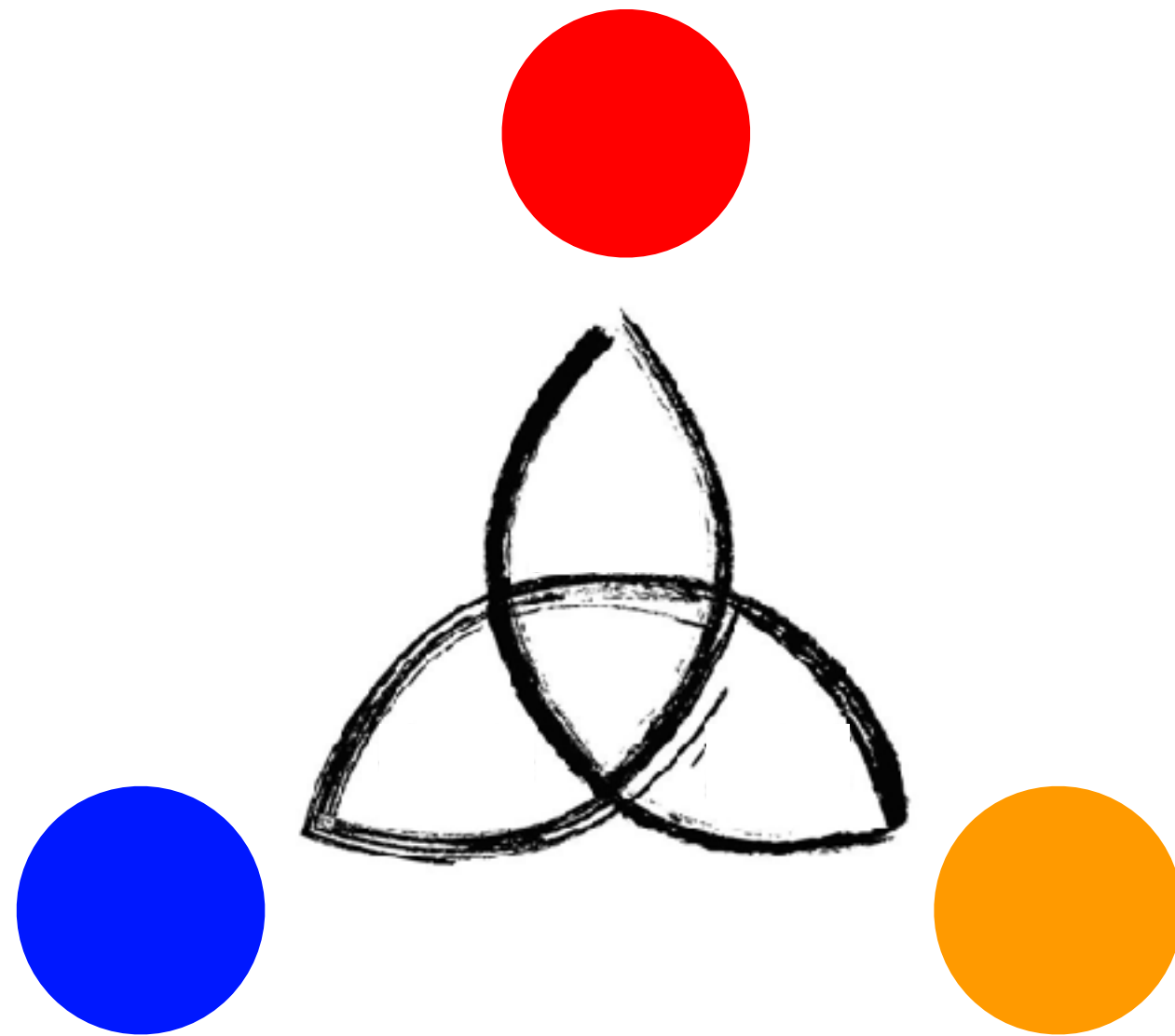
Rock, paper, scissors!



Rock, paper, scissors!

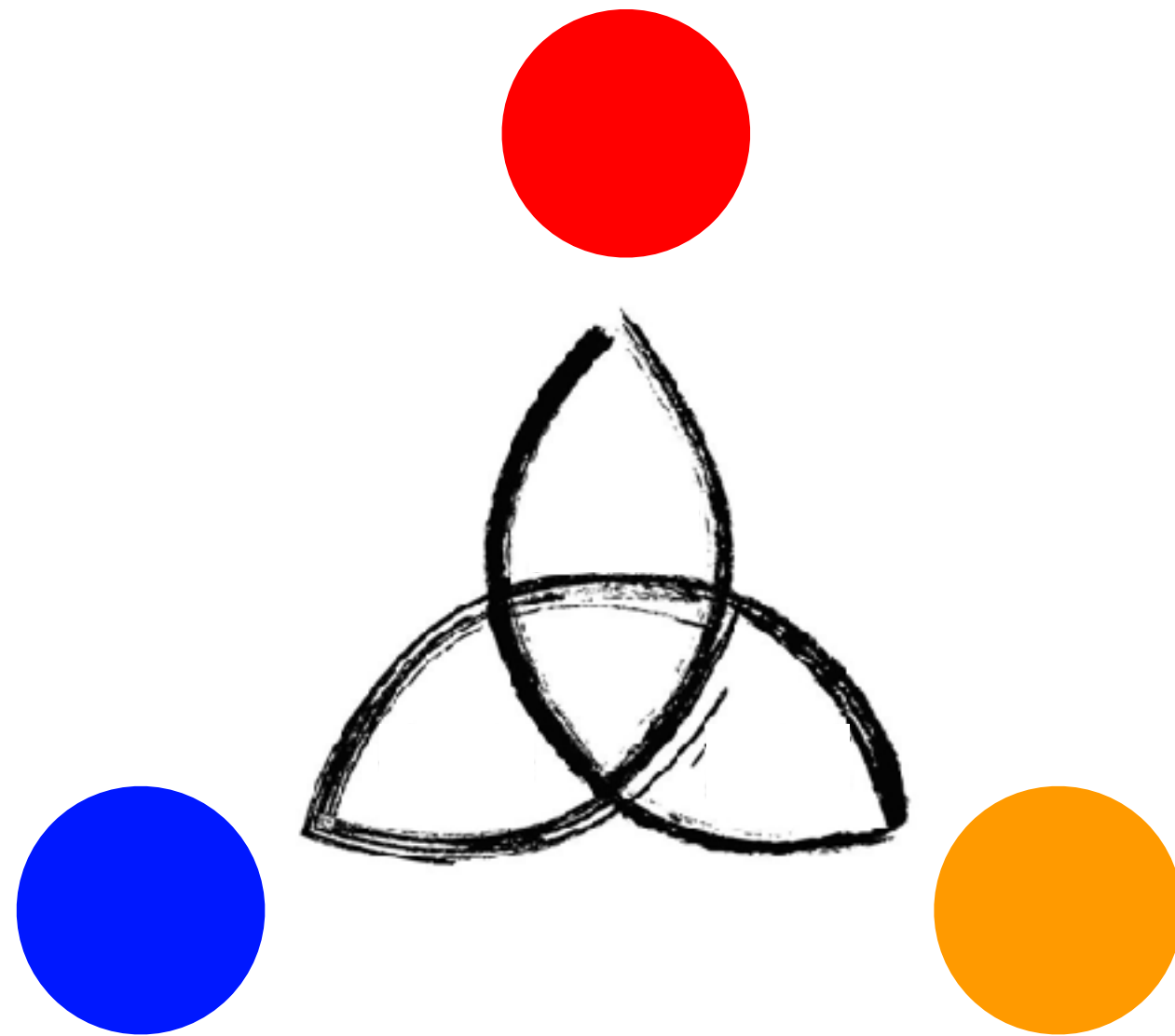


Rock, paper, scissors!



“Alles ist miteinander verbunden.”

Rock, paper, scissors!



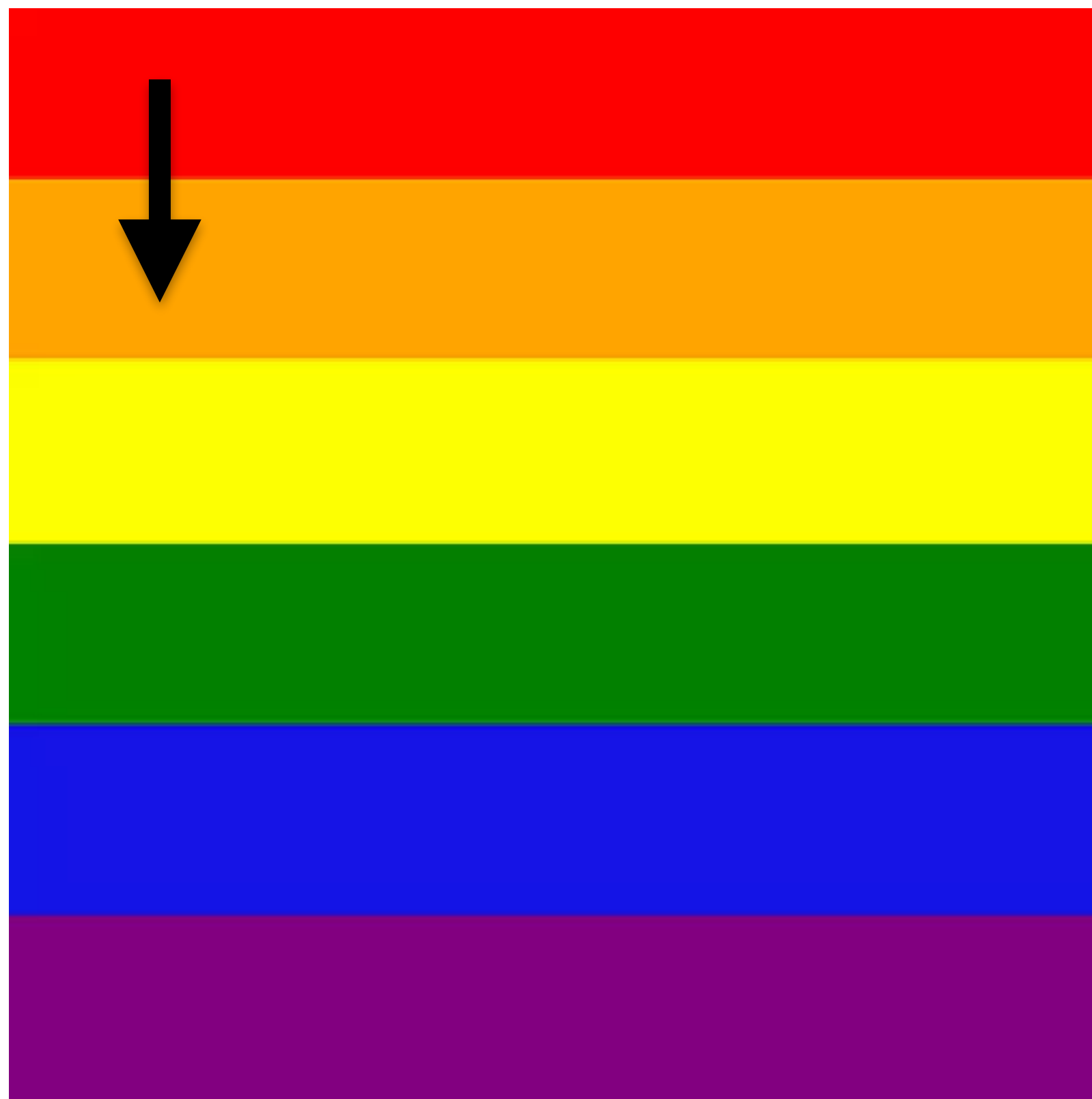
$$\begin{aligned} \text{Geboortekans}(\text{rood}) &= b + c \cdot \left(\sum \text{aantal oranje buren} \right) \\ \text{Geboortekans}(\text{blauw}) &= b + c \cdot \left(\sum \text{aantal rode buren} \right) \\ \text{Geboortekans}(\text{oranje}) &= b + c \cdot \left(\sum \text{aantal blauwe buren} \right) \end{aligned}$$

“Alles ist miteinander verbunden.”

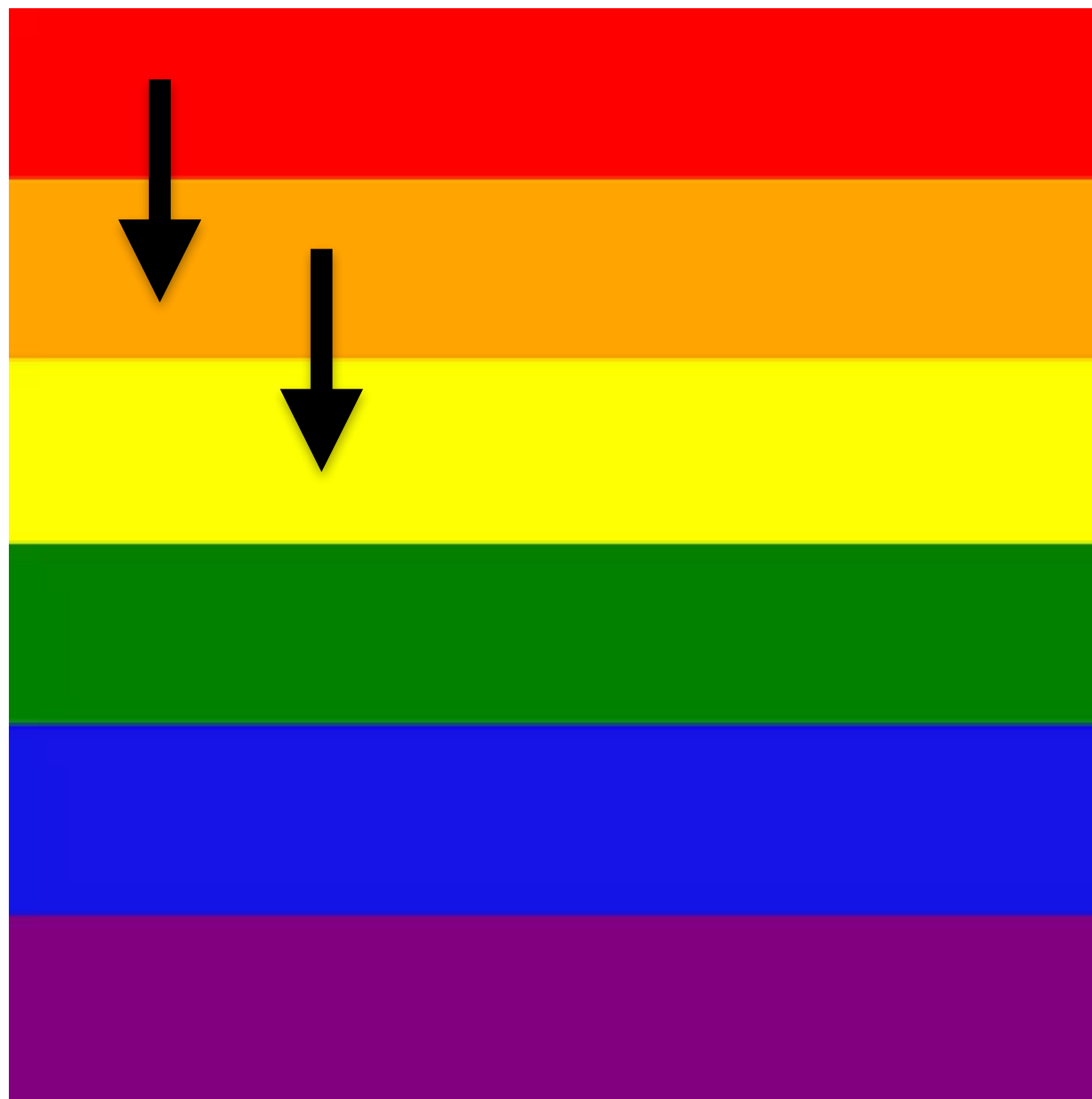
Die queere community ist auch miteinander verbunden.



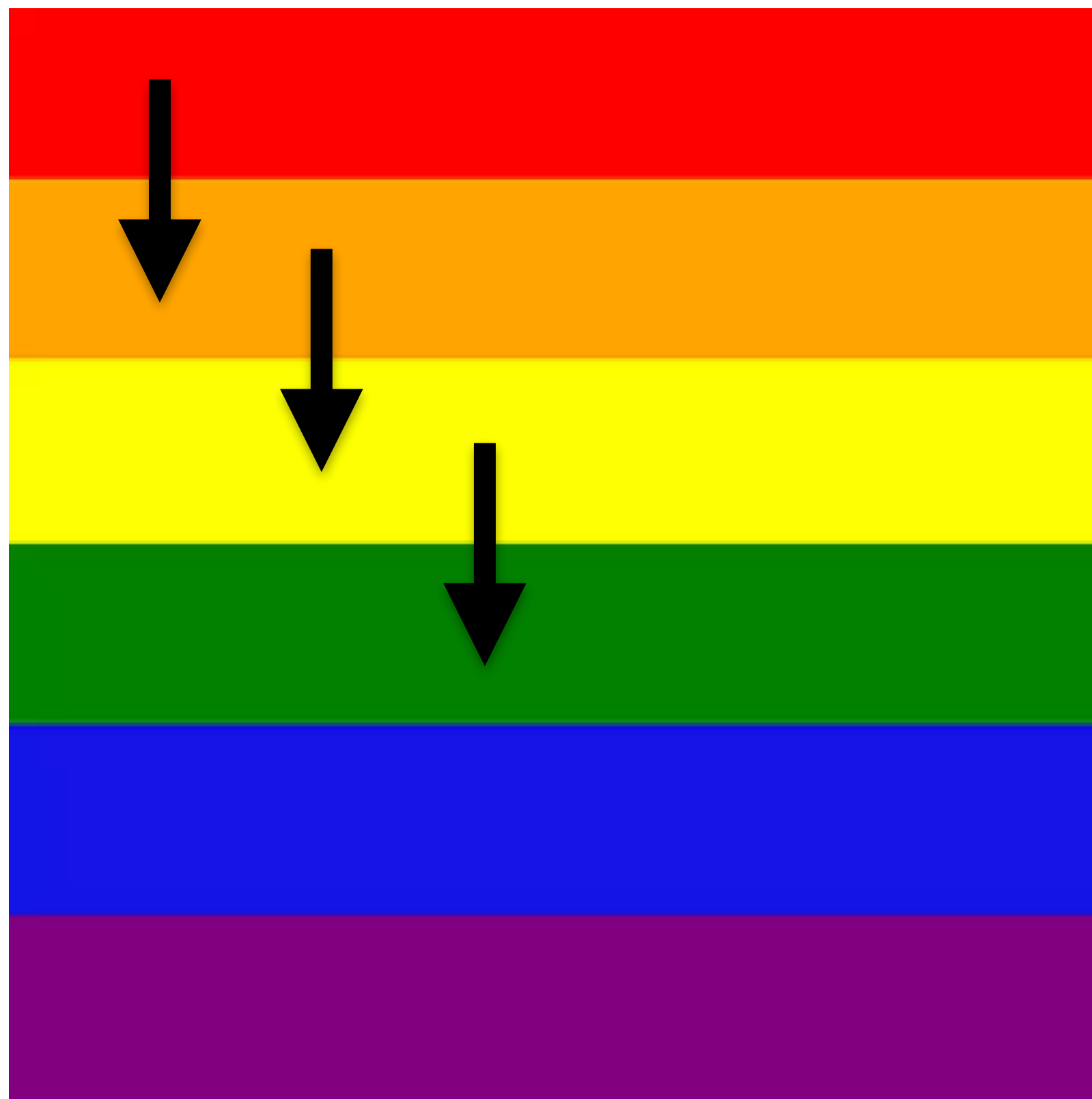
Die queere community ist auch miteinander verbunden.



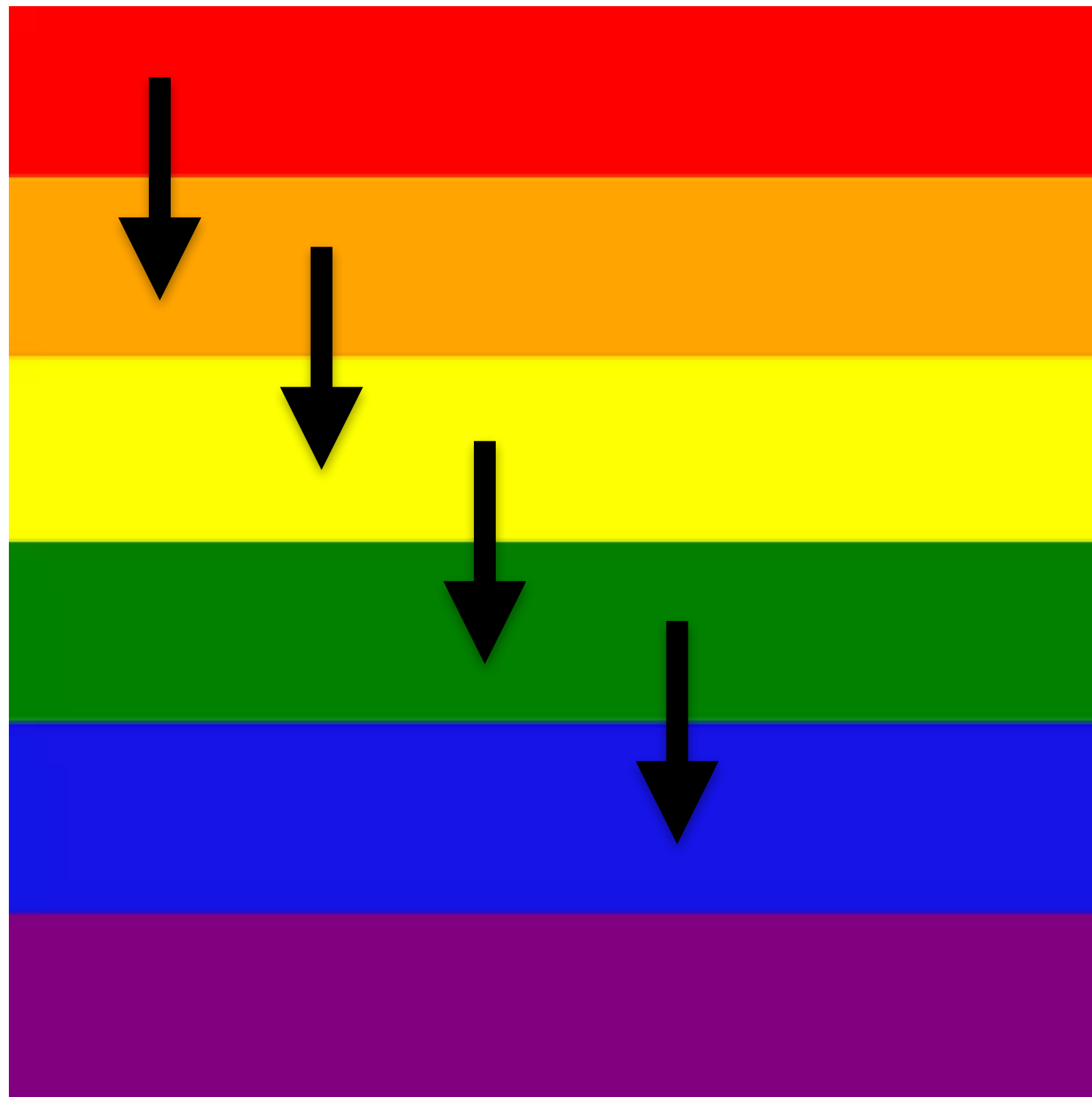
Die queere community ist auch miteinander verbunden.



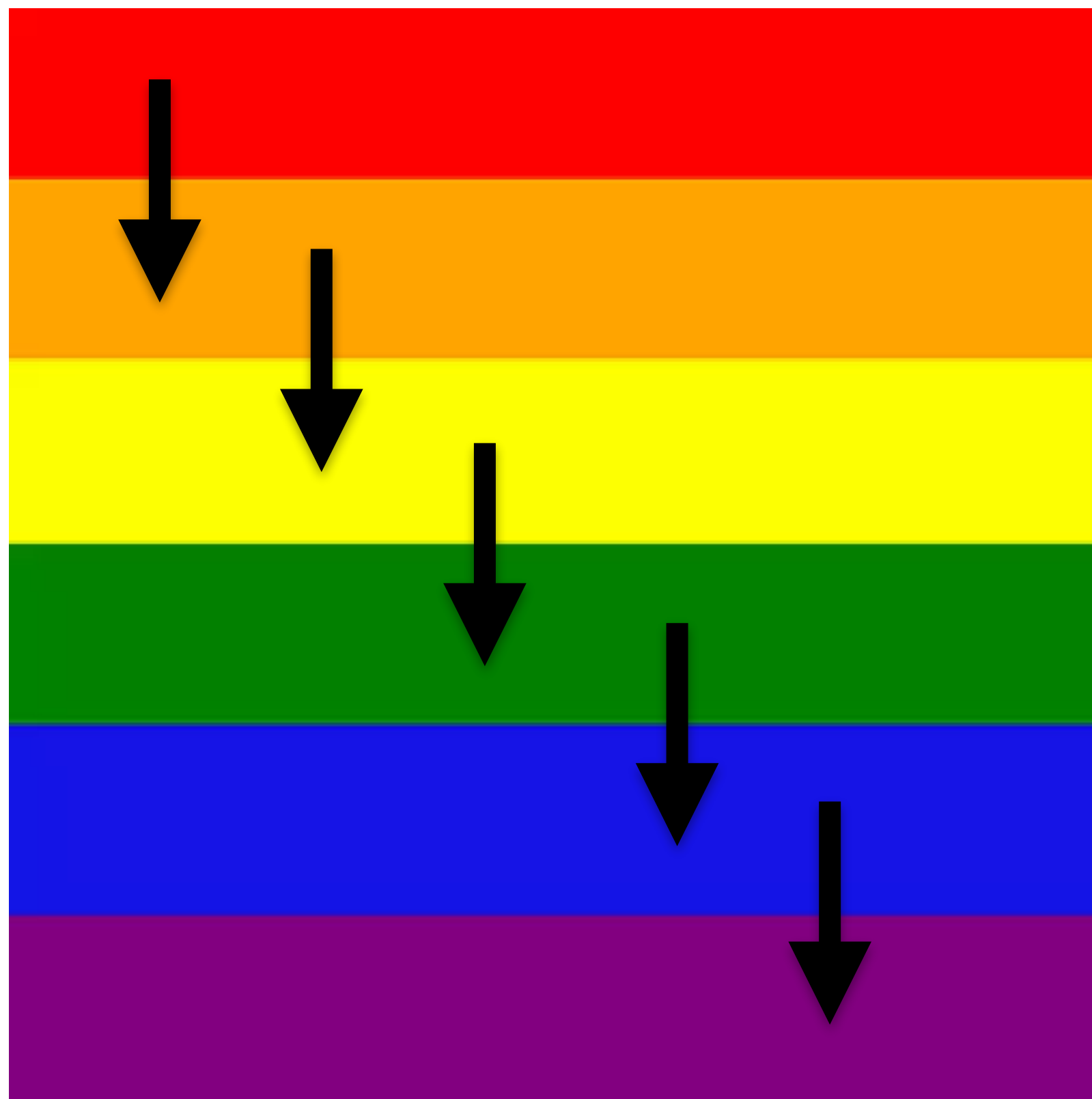
Die queere community ist auch miteinander verbunden.



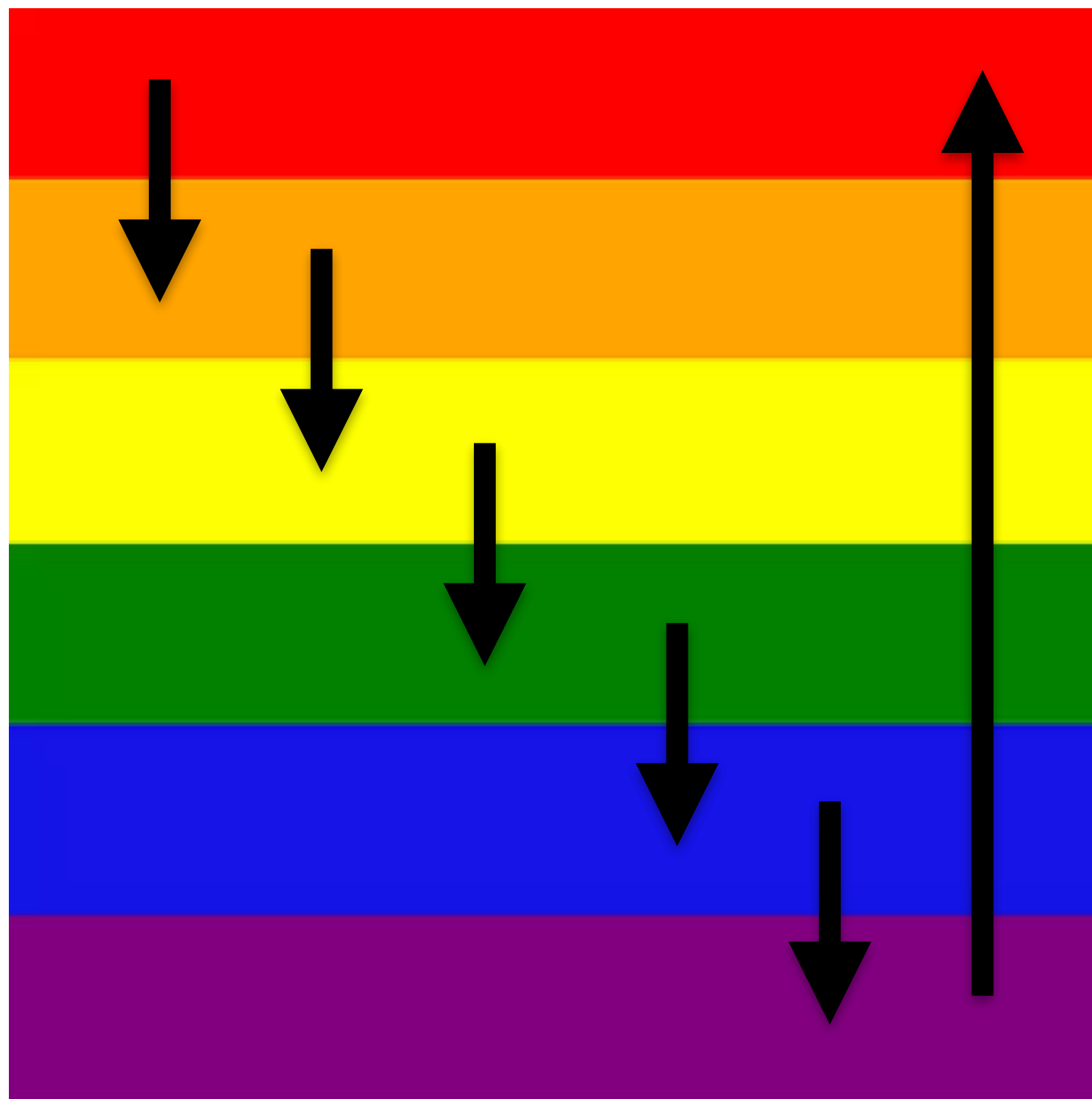
Die queere community ist auch miteinander verbunden.



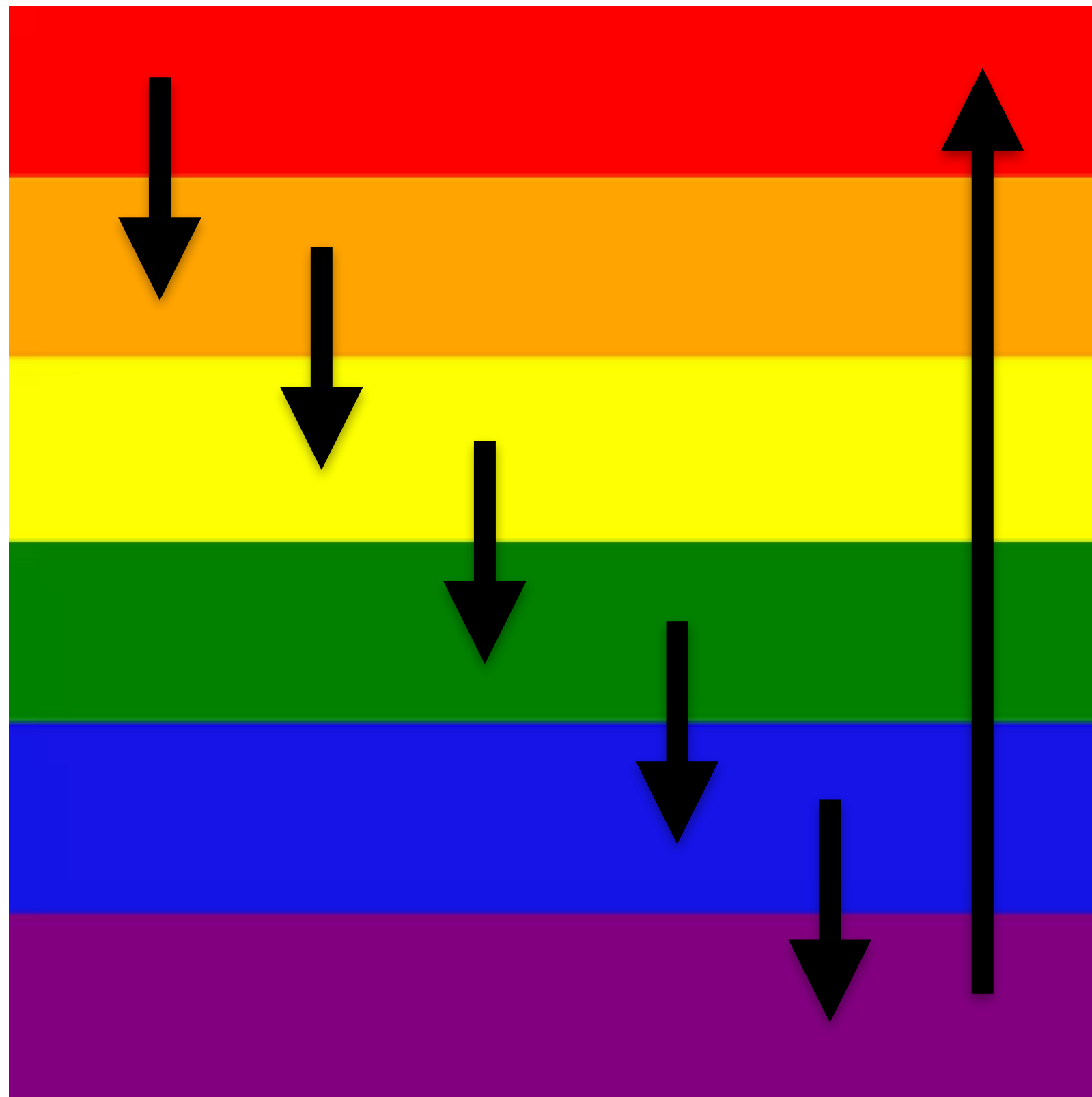
Die queere community ist auch miteinander verbunden.



Die queere community ist auch miteinander verbunden.

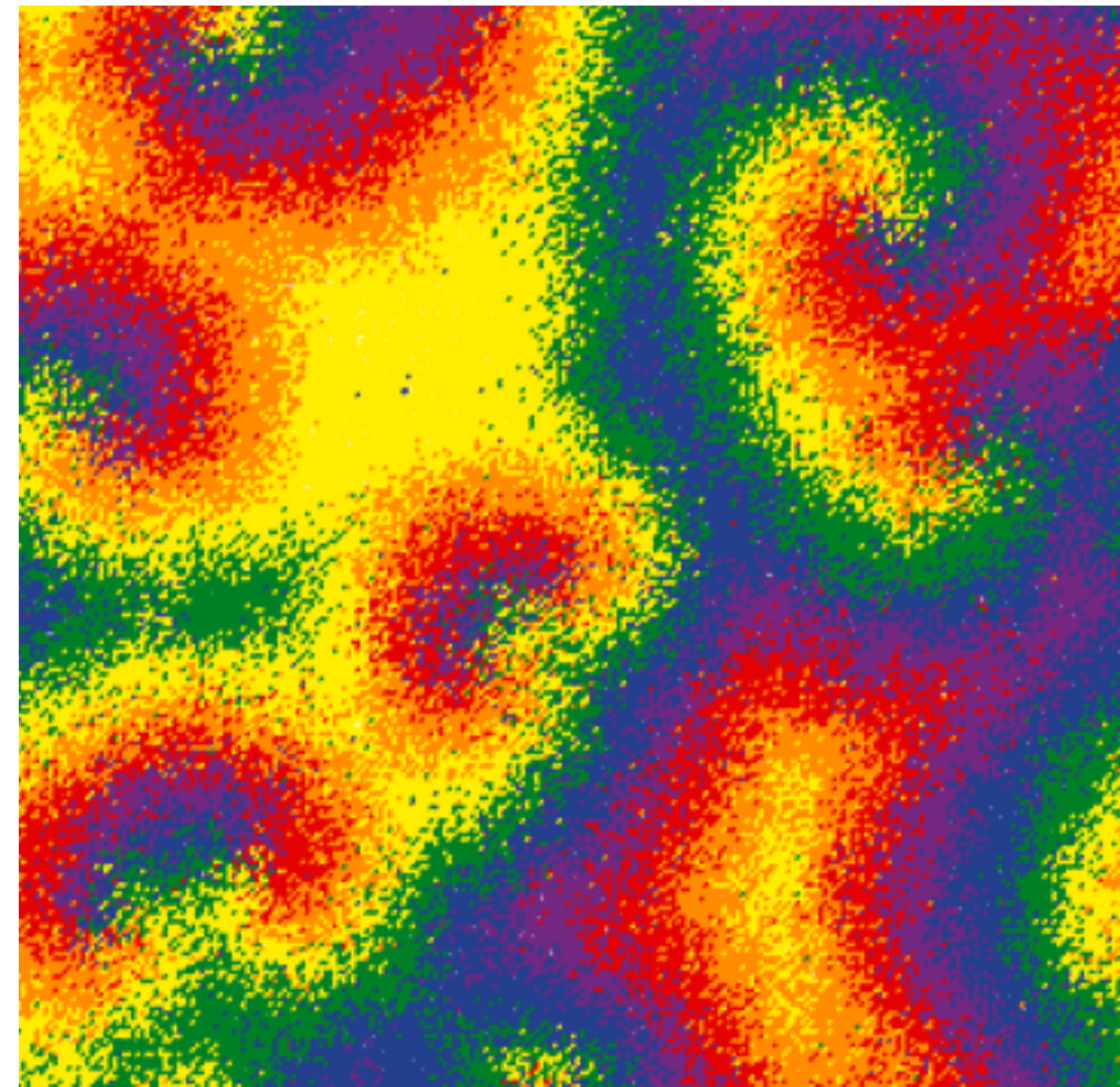
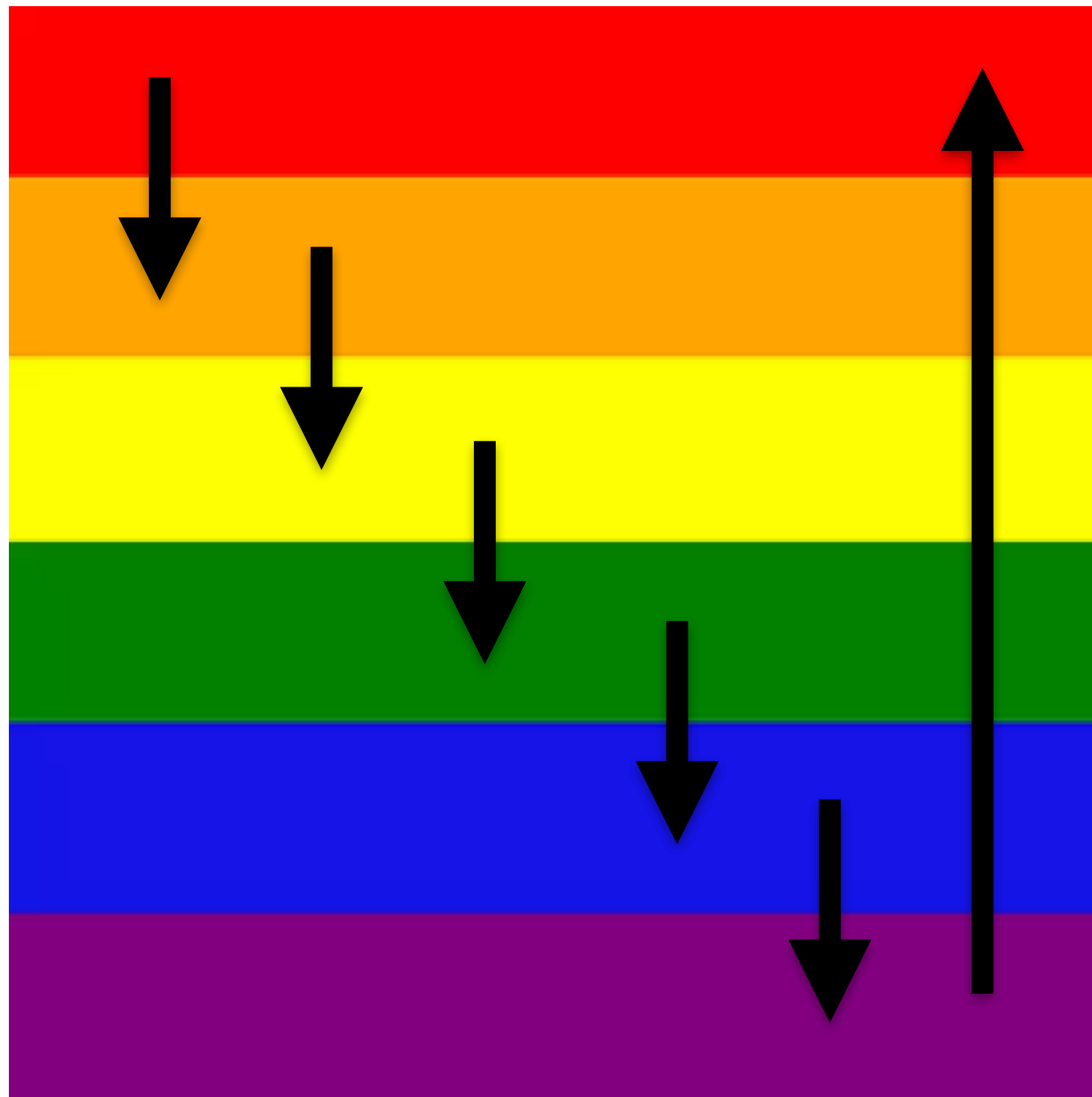


Die queere community ist auch miteinander verbunden.



<https://jsfiddle.net/bramvandijk88/c3ks1fdy/226/>

Die queere community ist auch miteinander verbunden.

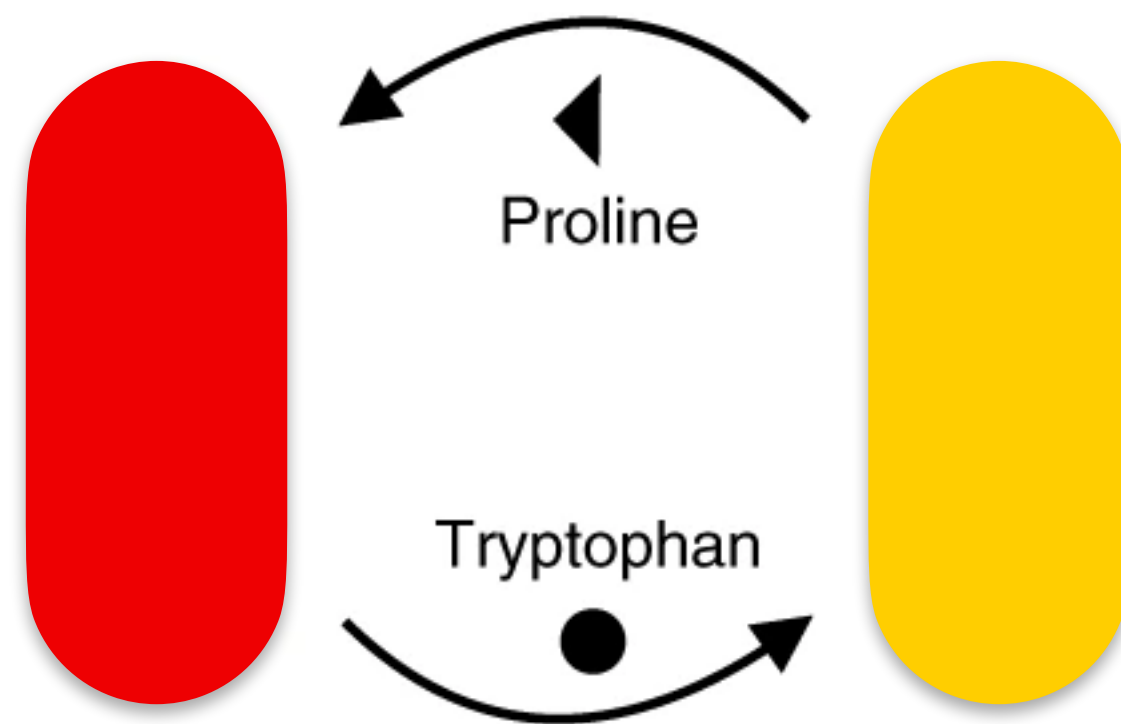


<https://jsfiddle.net/bramvandijk88/c3ks1fdy/226/>

Samenwerken + parasiet

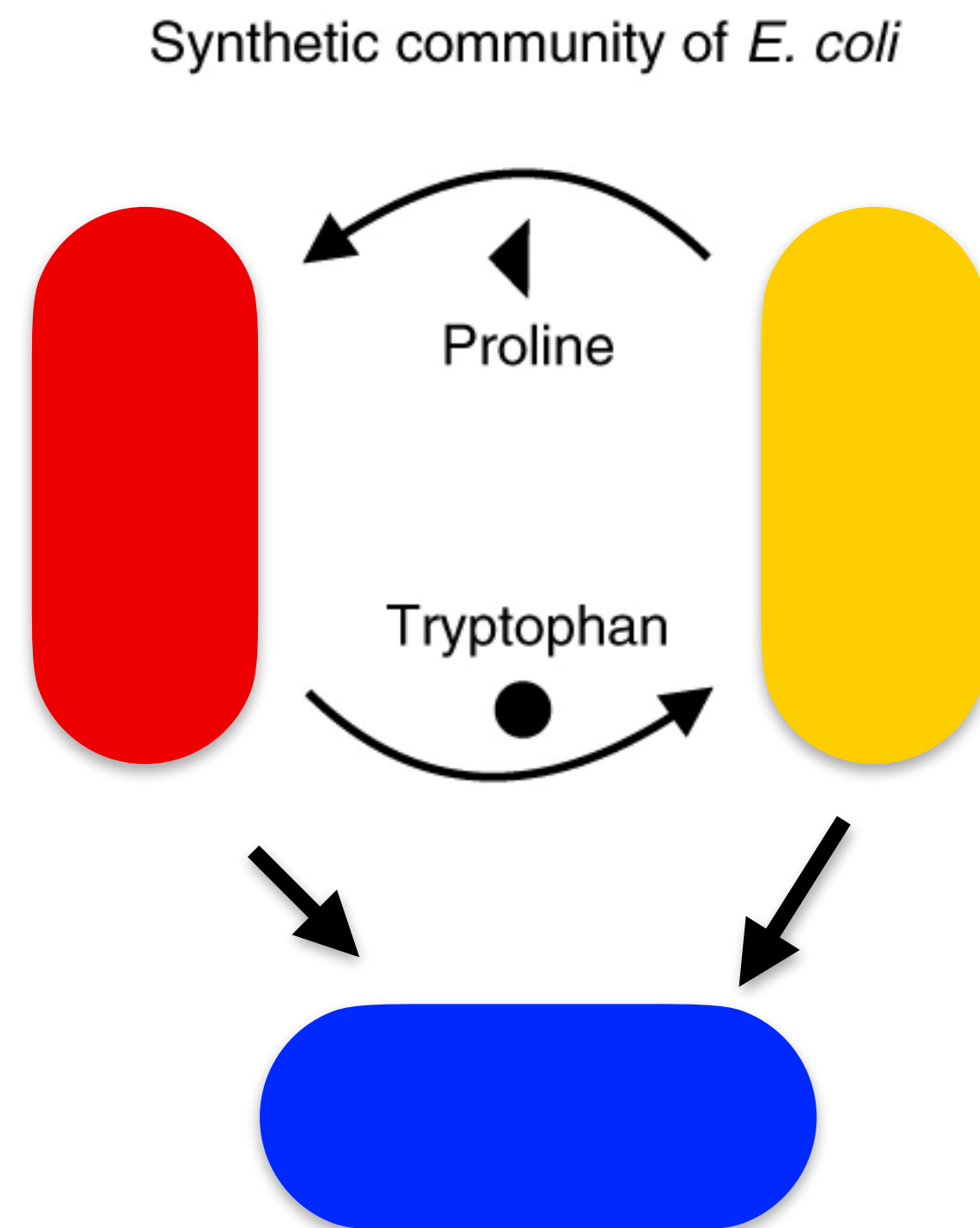
a

Synthetic community of *E. coli*

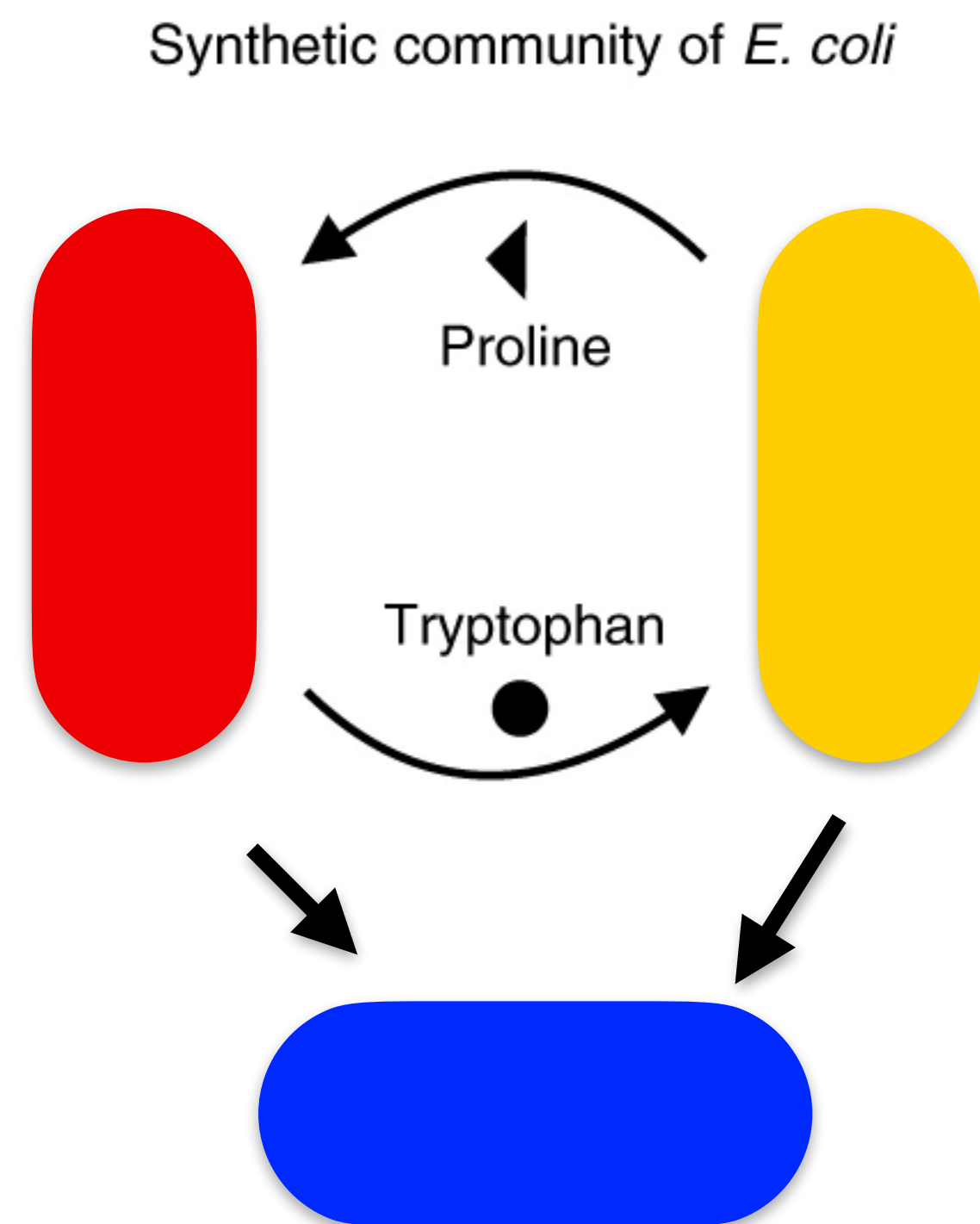


Samenwerken + parasiet

a



Samenwerken + parasiet

a

$$\text{Geboortekans}(\text{rood}) = b + c \cdot \left(\sum \text{aantal oranje buren} \right)$$

$$\text{Geboortekans}(\text{oranje}) = b + c \cdot \left(\sum \text{aantal rode buren} \right)$$

$$\text{Geboortekans}(\text{blauw}) = b + c \cdot \left(\sum \text{aantal rode plus oranje buren} \right)$$

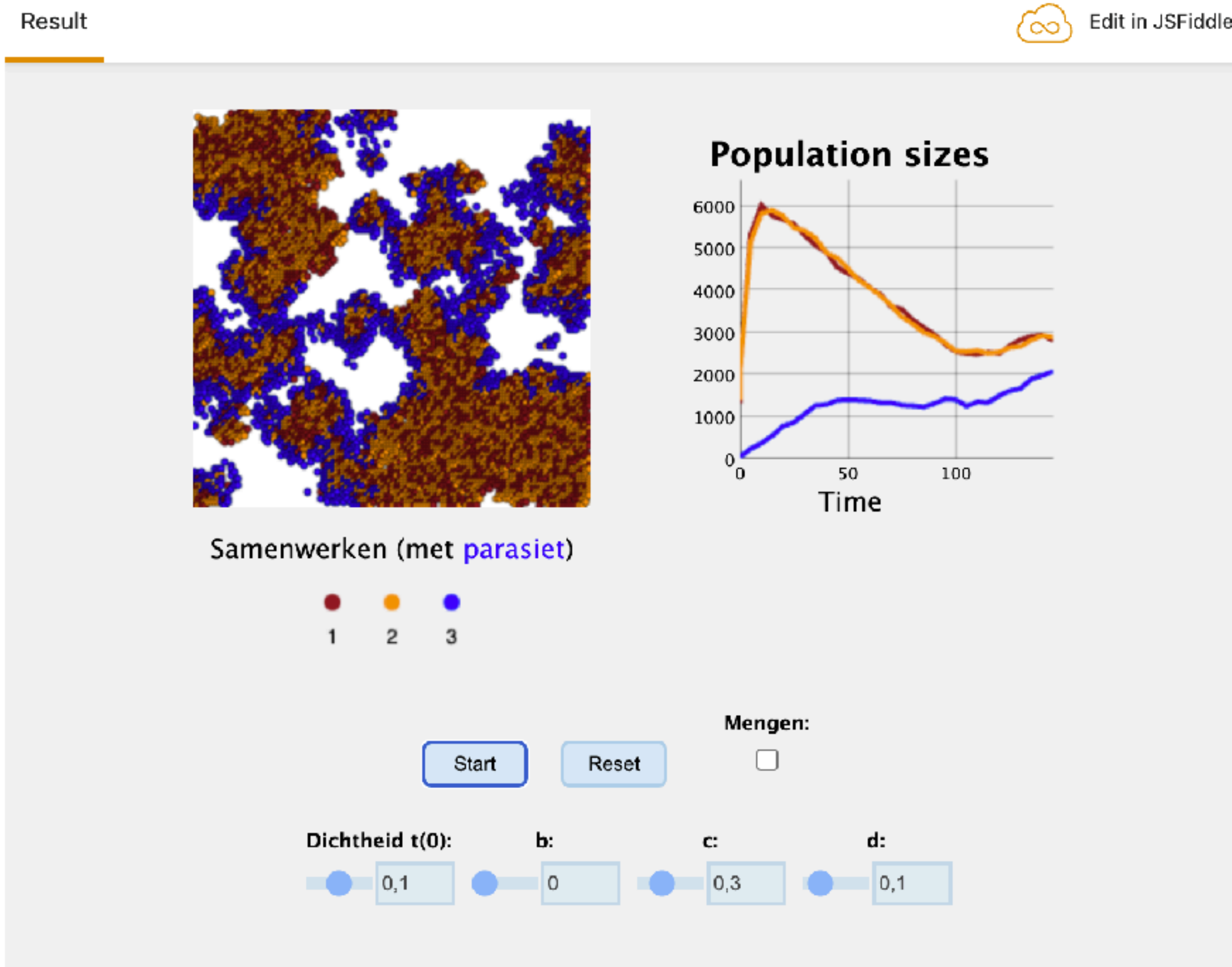


Samenwerken + parasiet

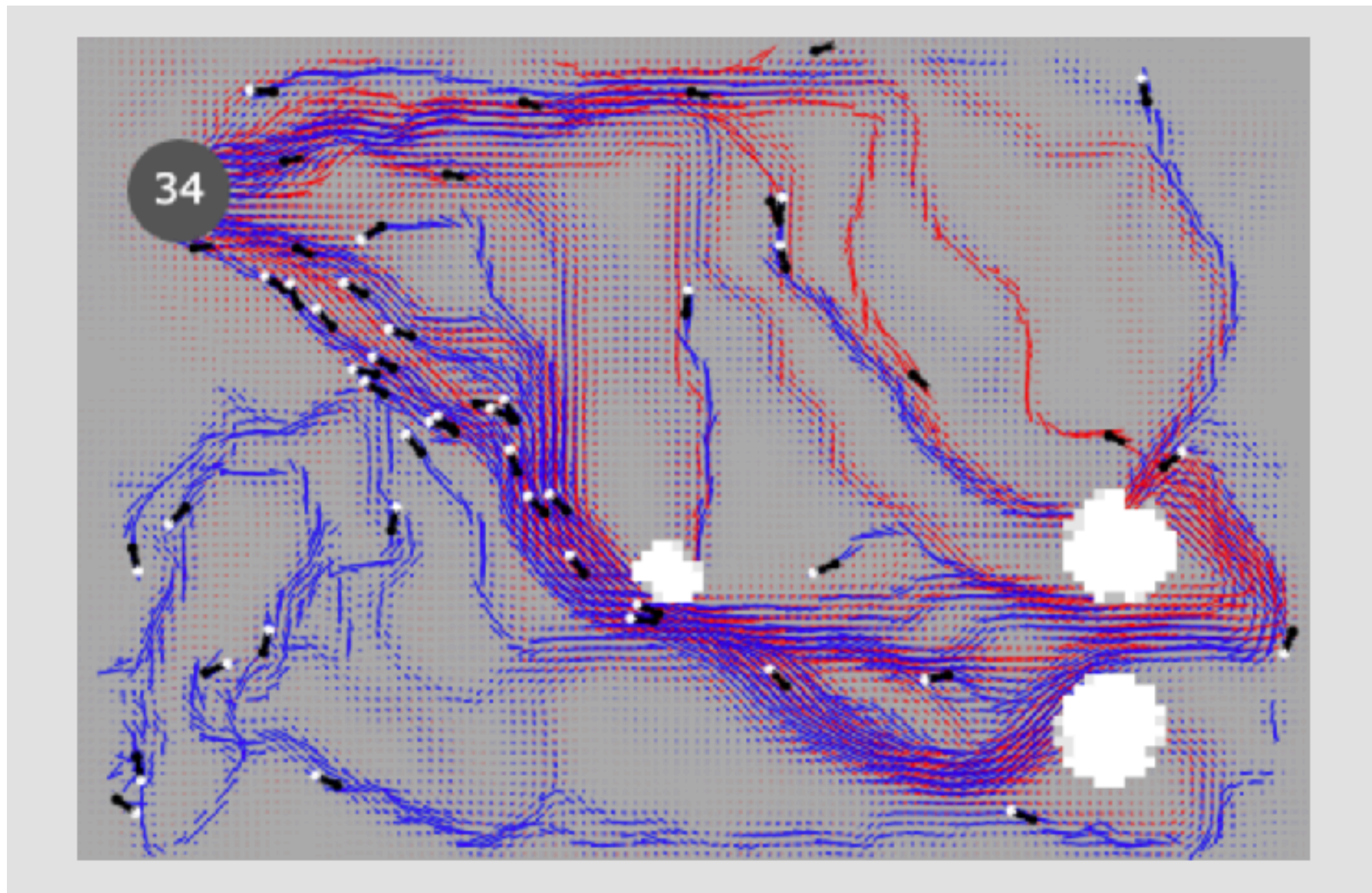
<https://jsfiddle.net/bramvandijk88/2s4h6Lqe/show>

Samenwerken + parasiet

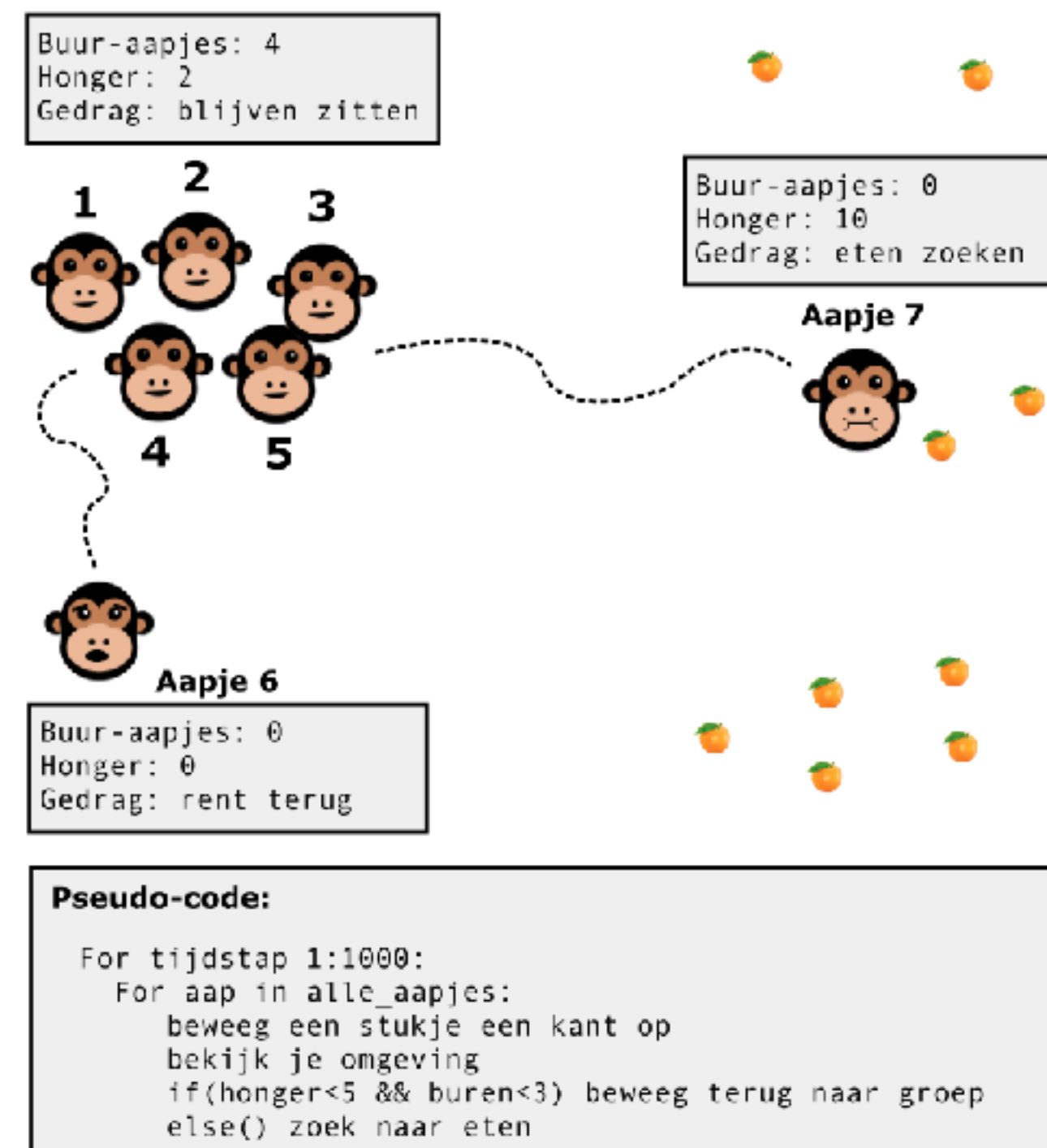
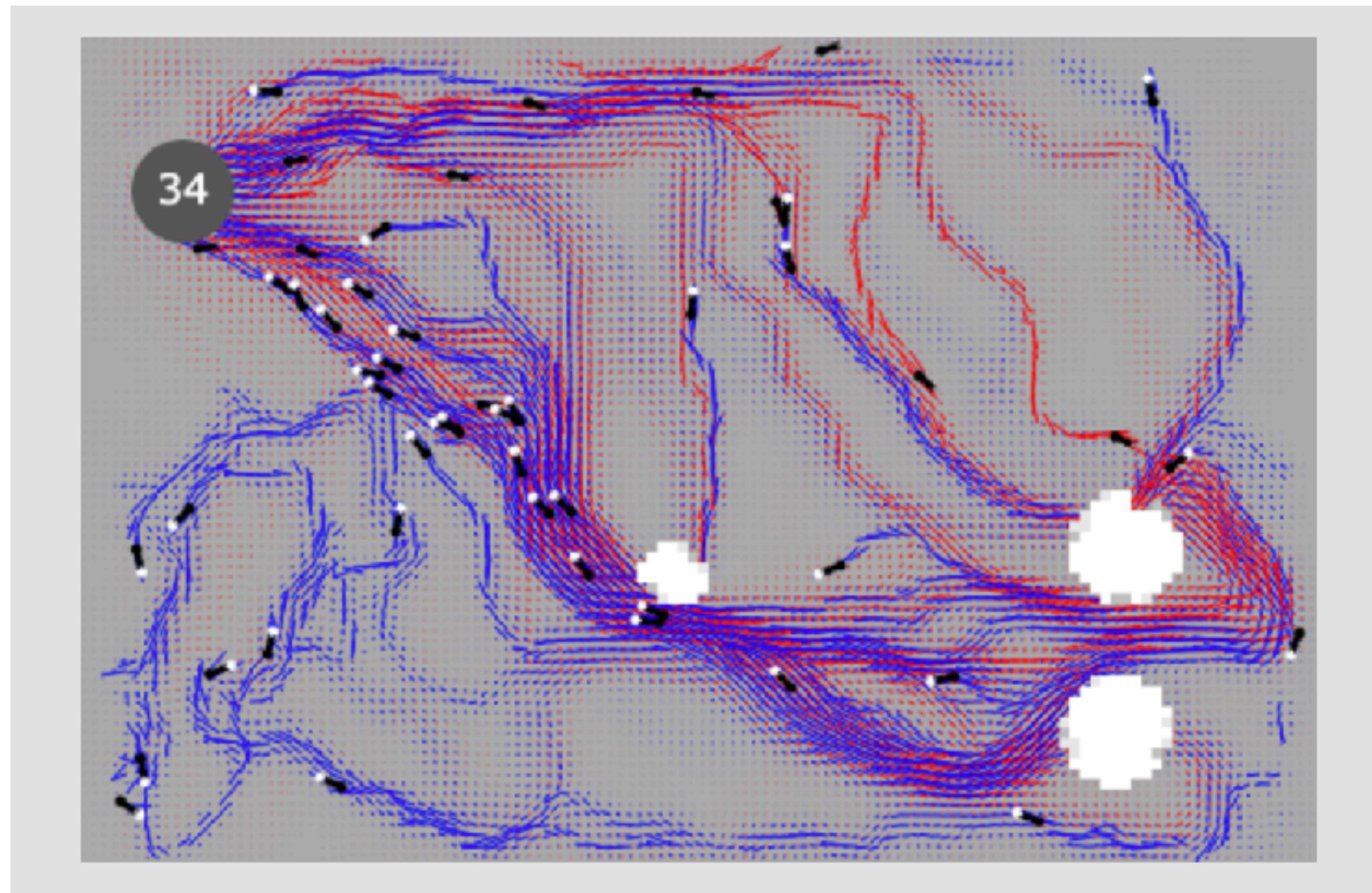
<https://jsfiddle.net/bramvandijk88/2s4h6Lqe/show>



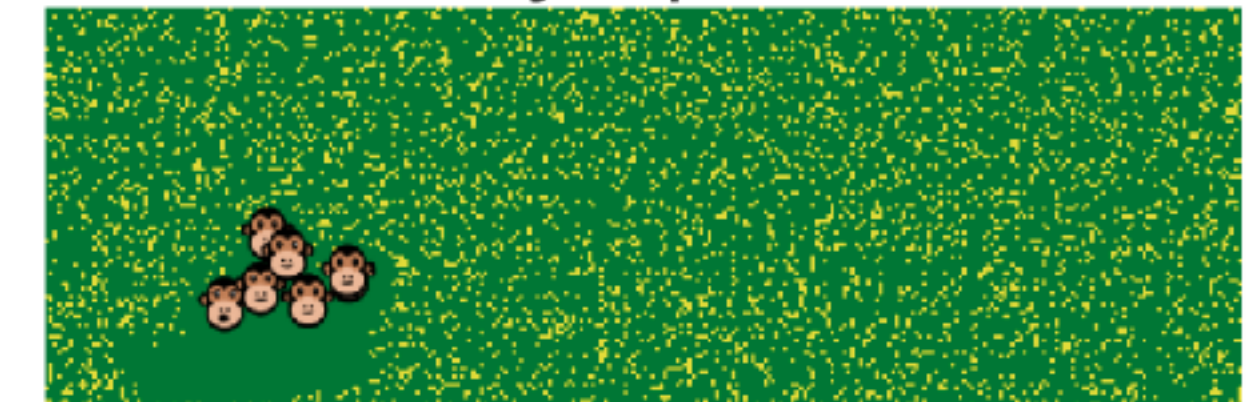
Sneak preview: IBMs kunnen meer dan groei



Sneak preview: IBMs kunnen meer dan groei



tijdstap 10



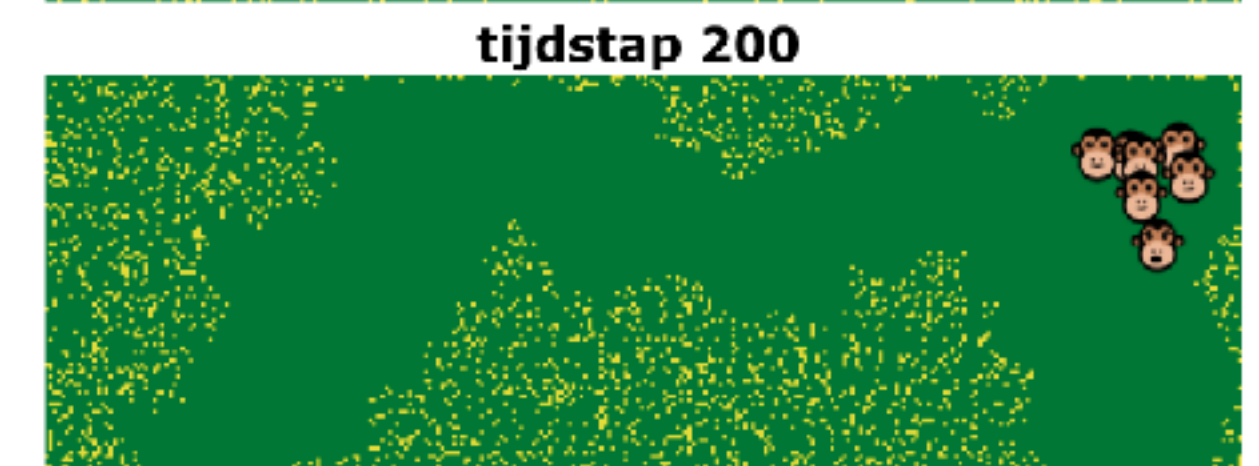
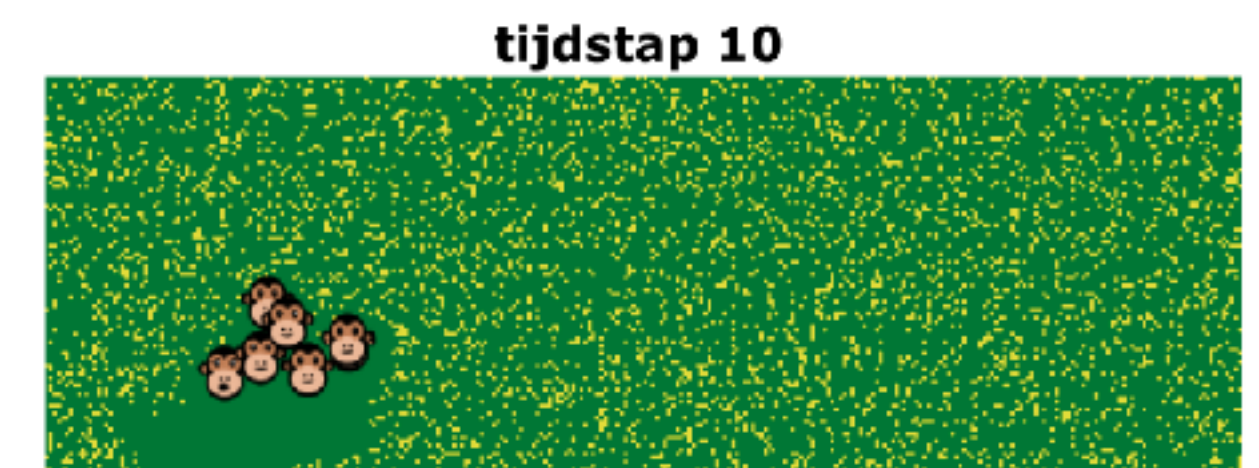
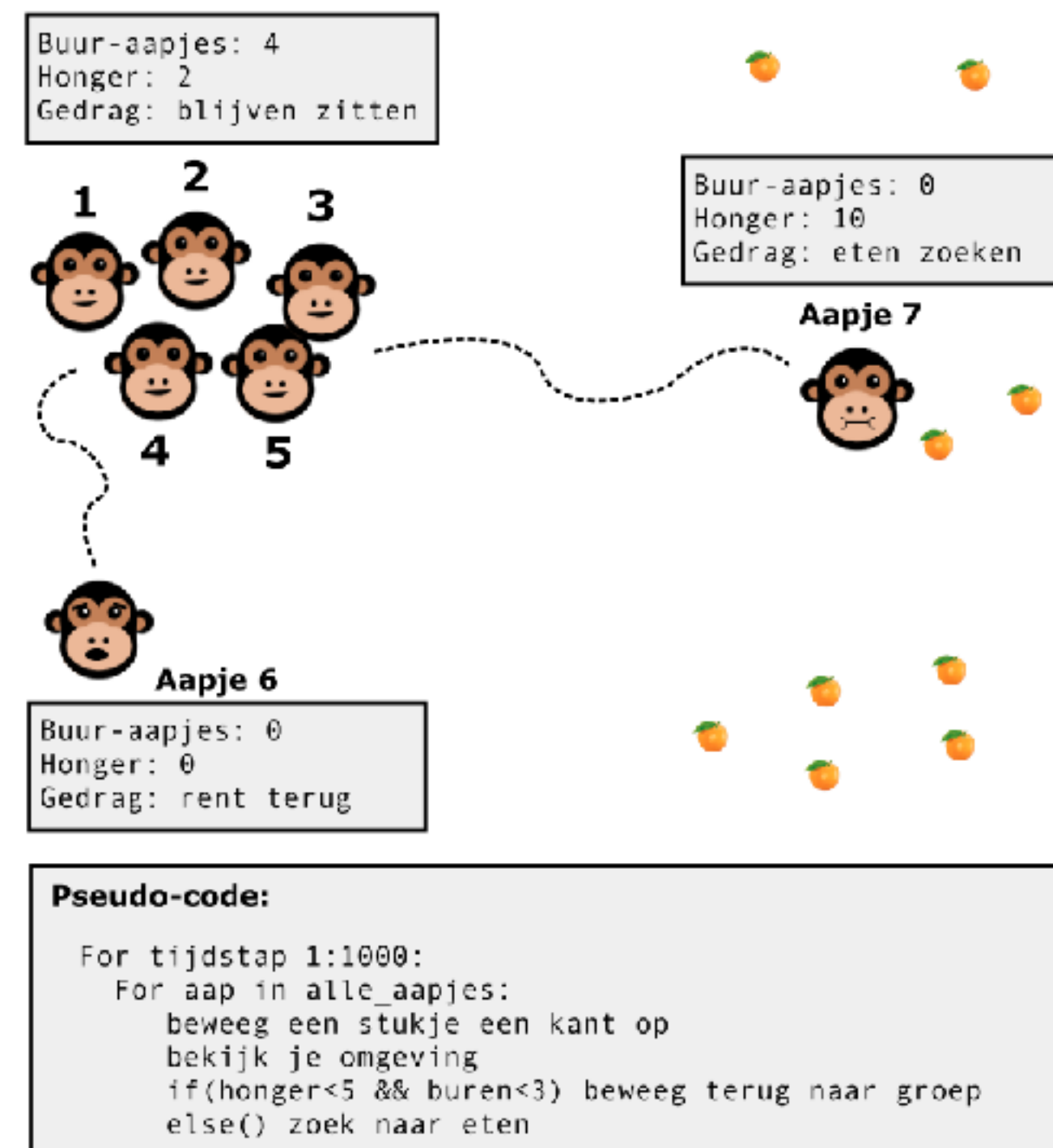
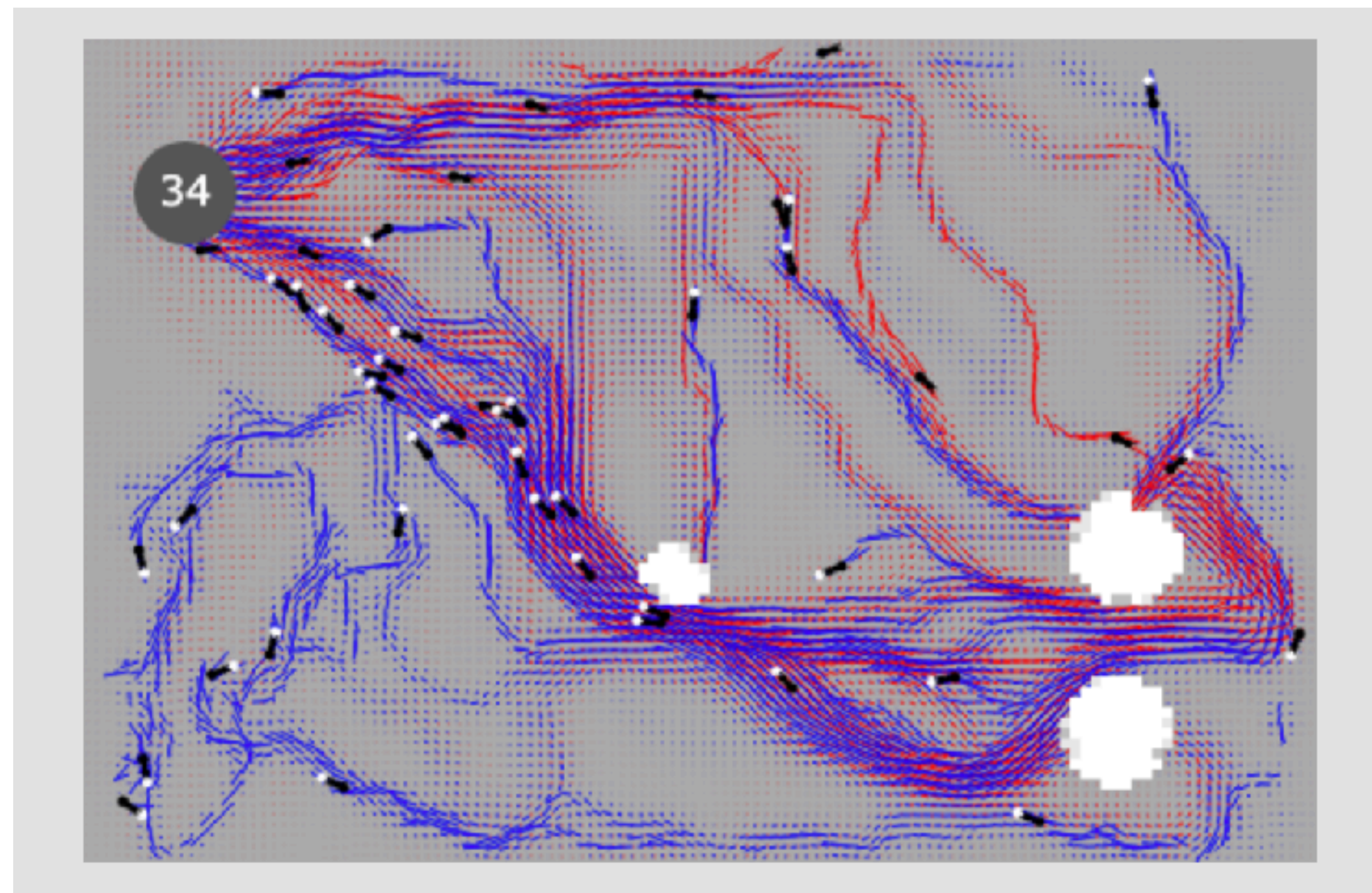
tijdstap 100



tijdstap 200

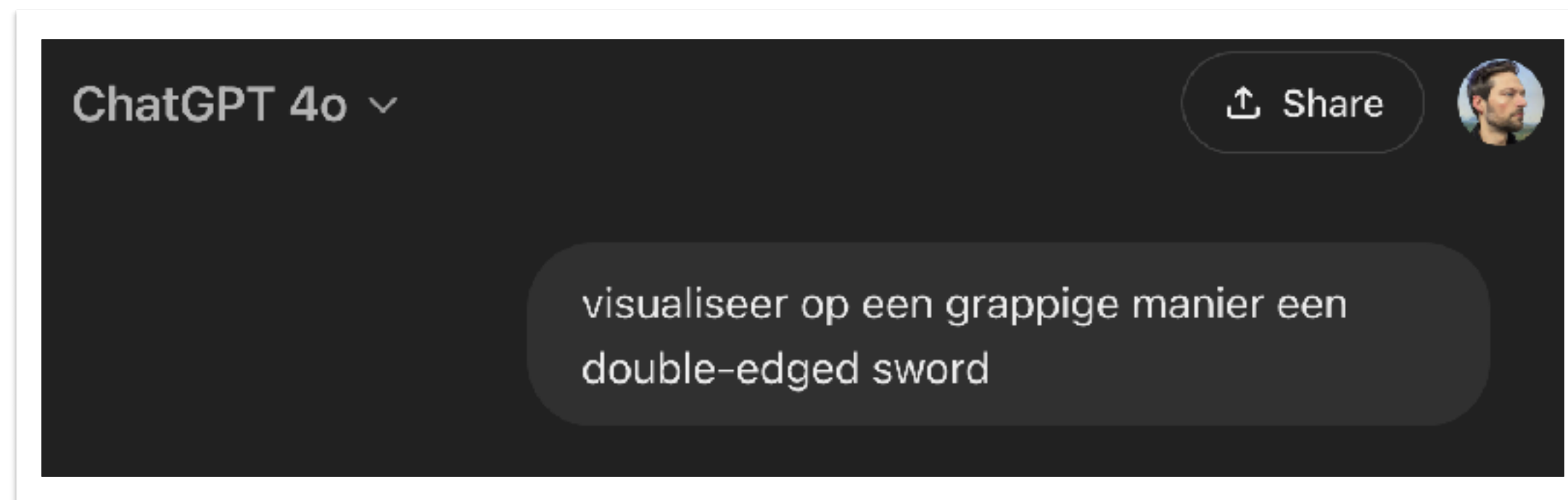


Sneak preview: IBMs kunnen meer dan groei

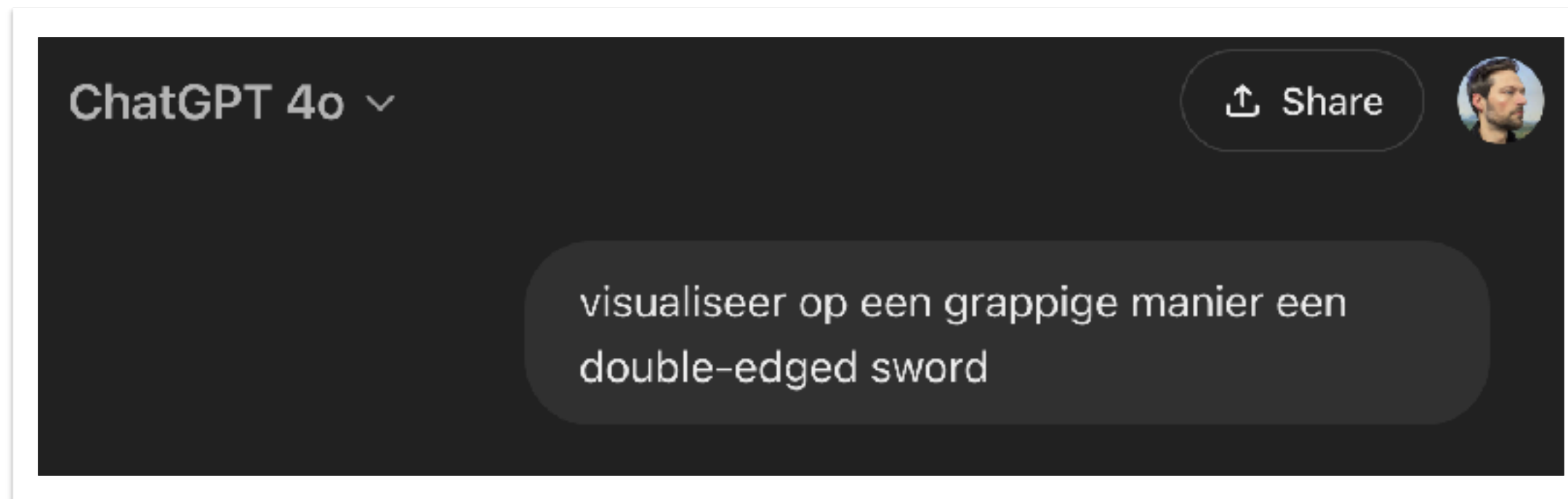


De mogelijkheden zijn eindeloos!

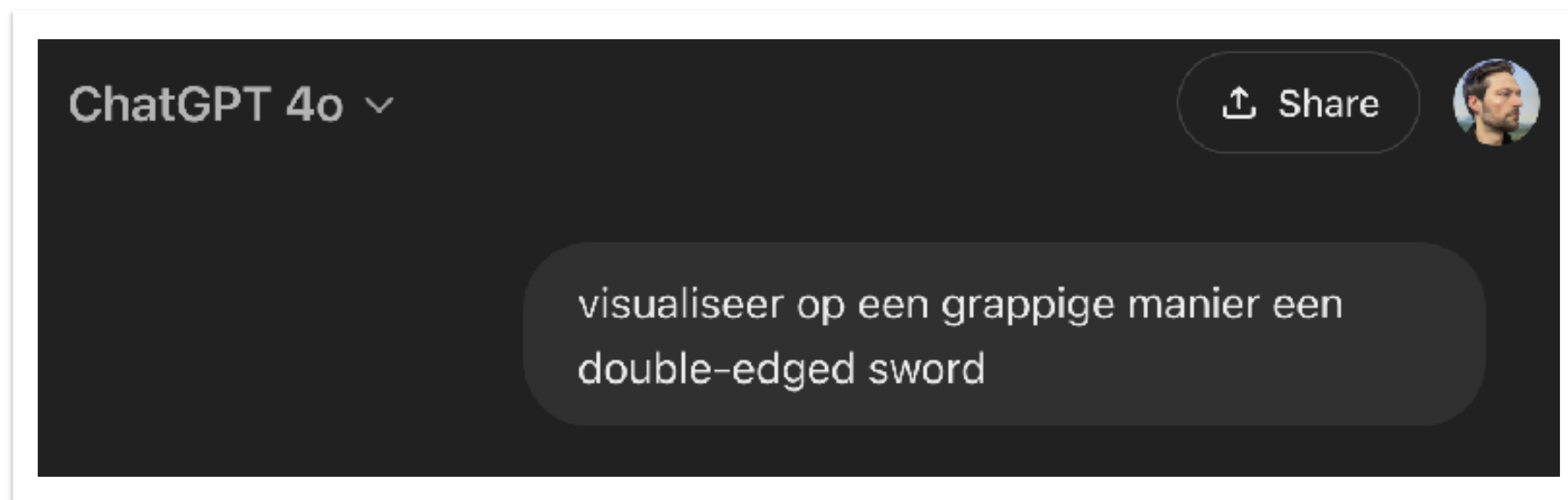
Complexiteit: een *double-edged sword*



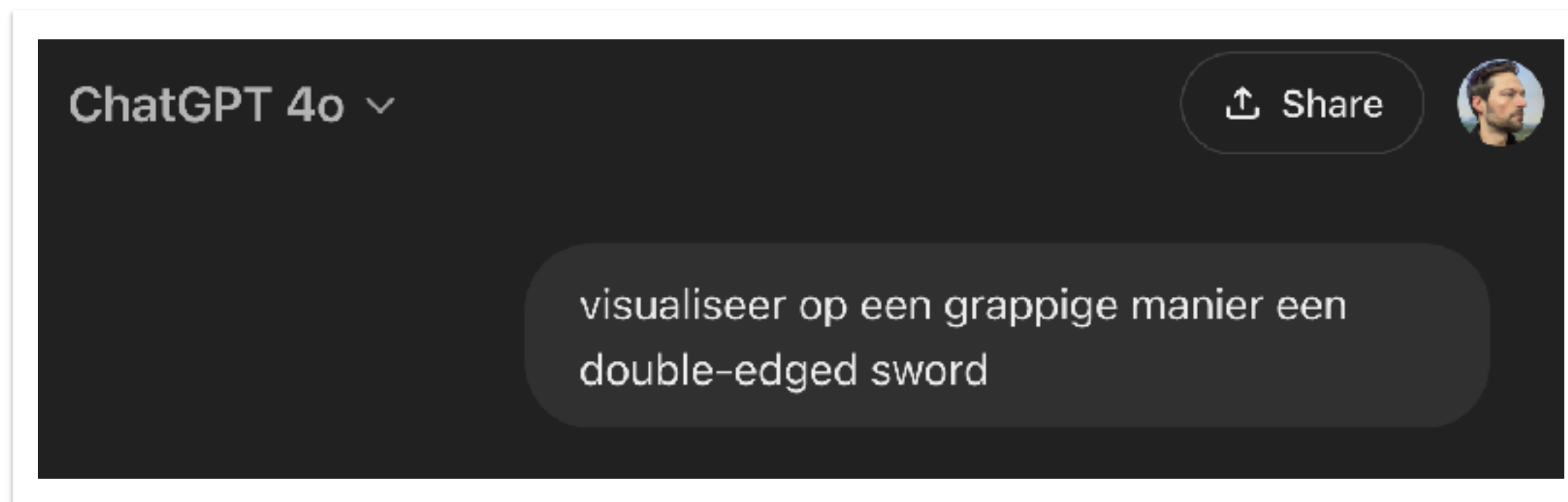
Complexiteit: een *double-edged sword*



Complexiteit: een *double-edged sword*



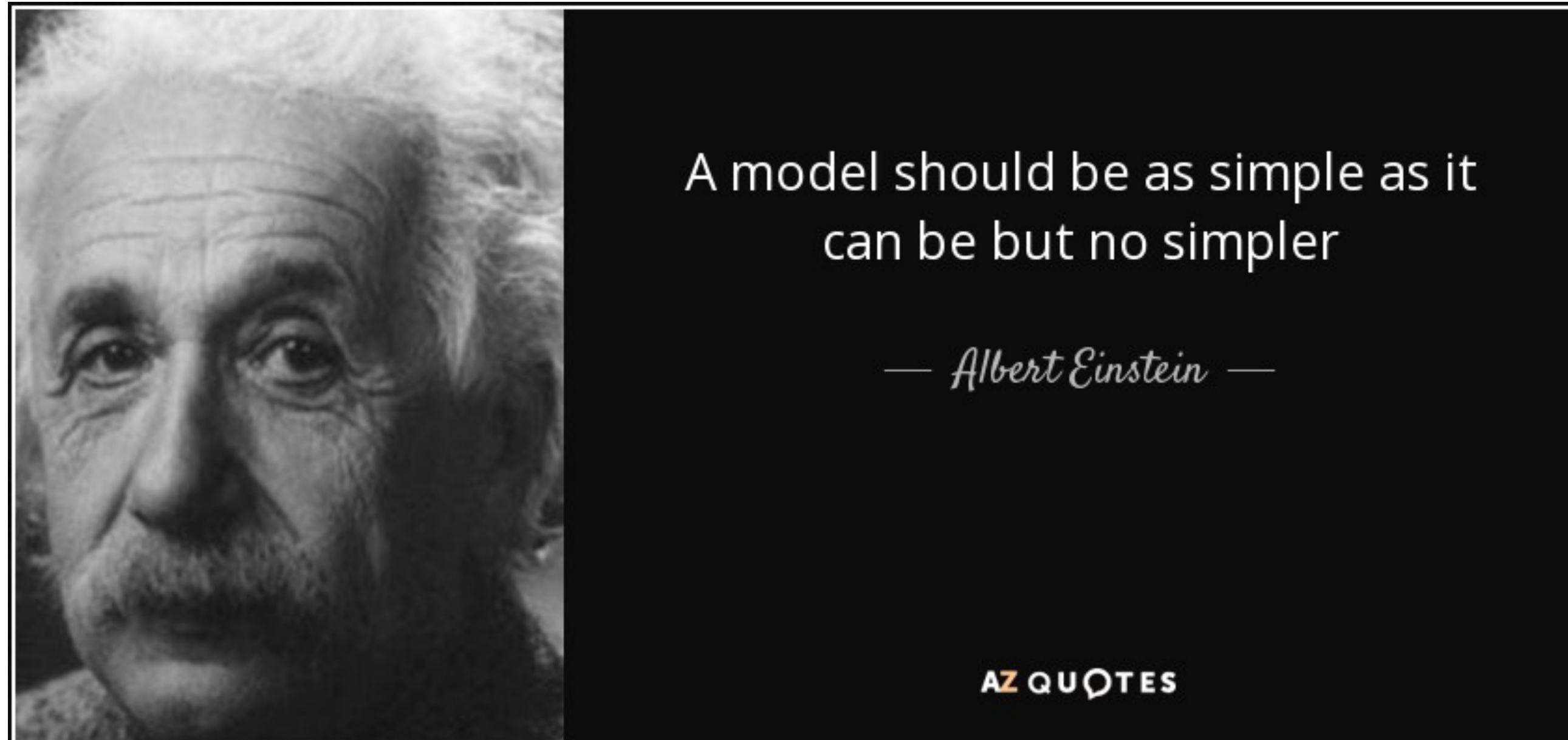
Complexiteit: een *double-edged sword*



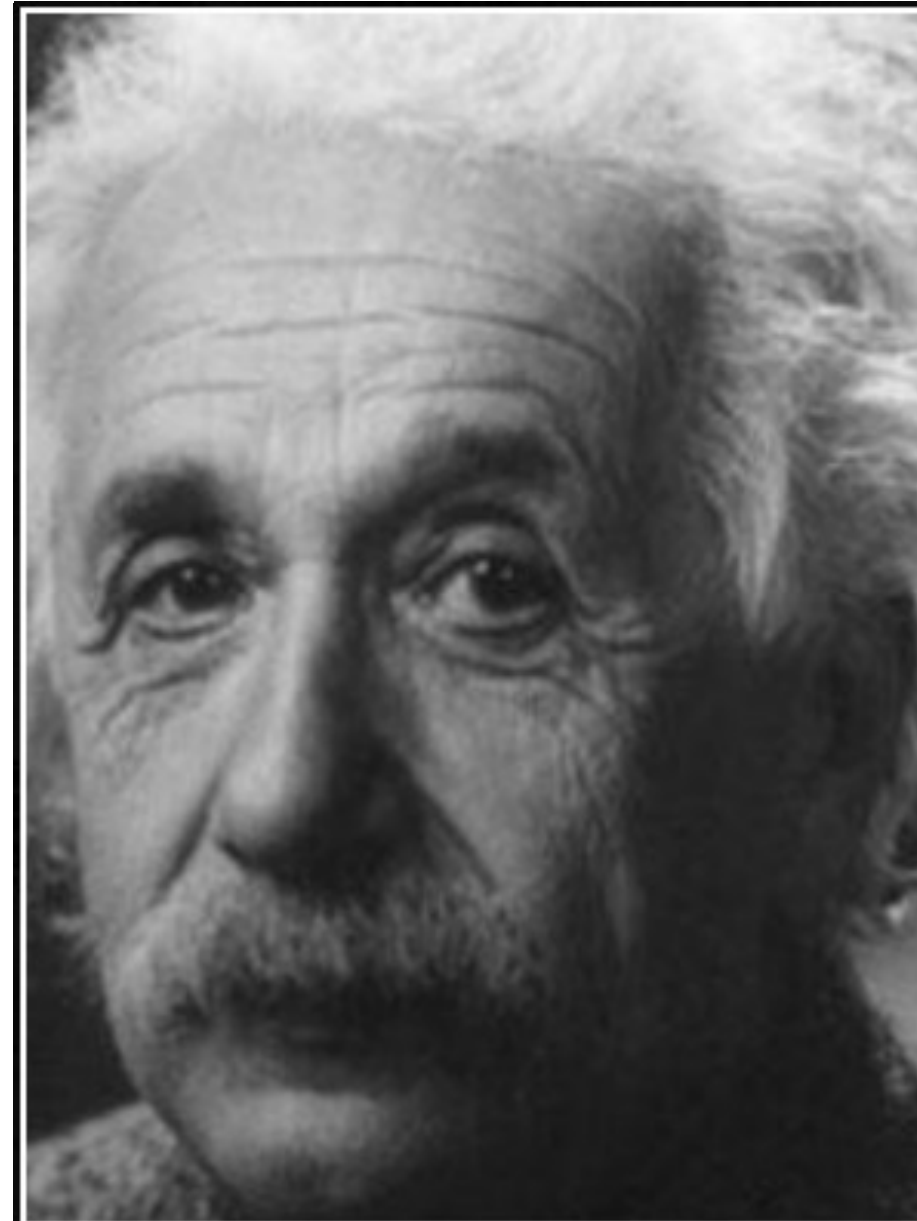
Complexiteit

Met andere woorden: met toenemende complexiteit, raken we ook het overzicht kwijt...

As simple as possible...



As simple as possible...

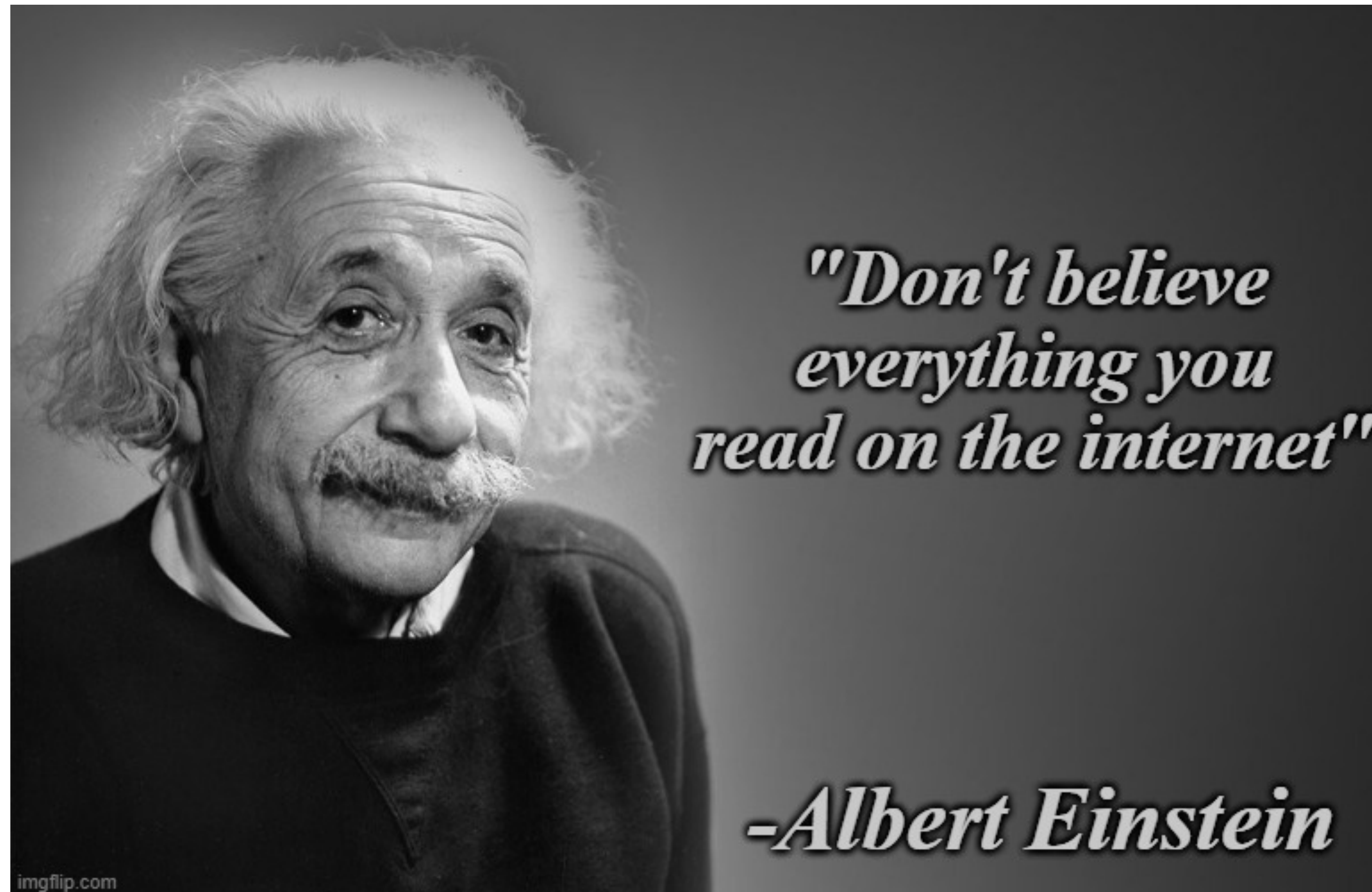


The supreme goal of all theory is to make the irreducible basic elements as simple and as few as possible without having to surrender the adequate representation of a simple datum of experience.

— *Albert Einstein* —

AZ QUOTES

As simple as possible...





Werkcollege = Vraag 13.1 t/m 13.4