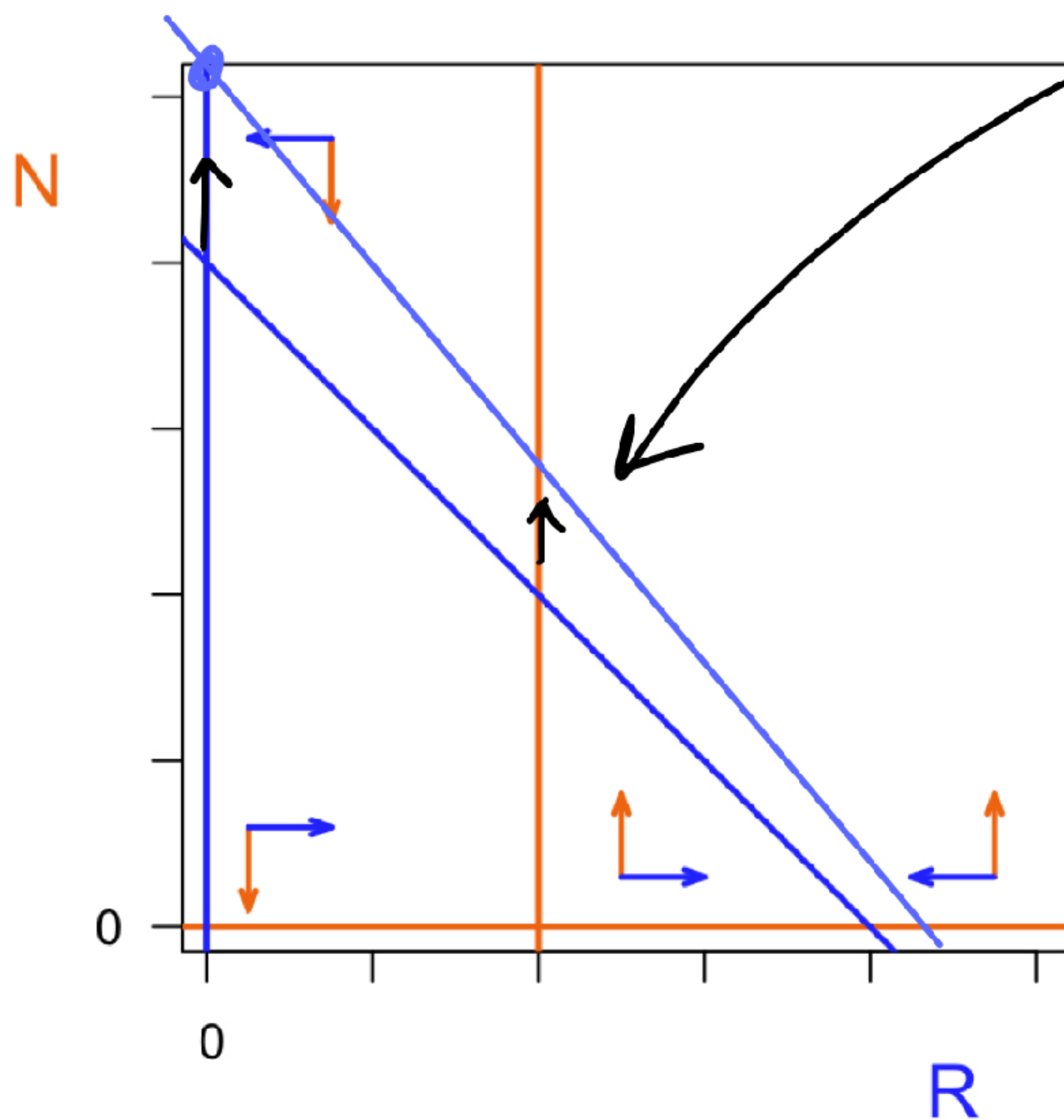


Stel je voor: we voeren de konijnen bij

$b = \text{max birth}$



$$R = 0$$

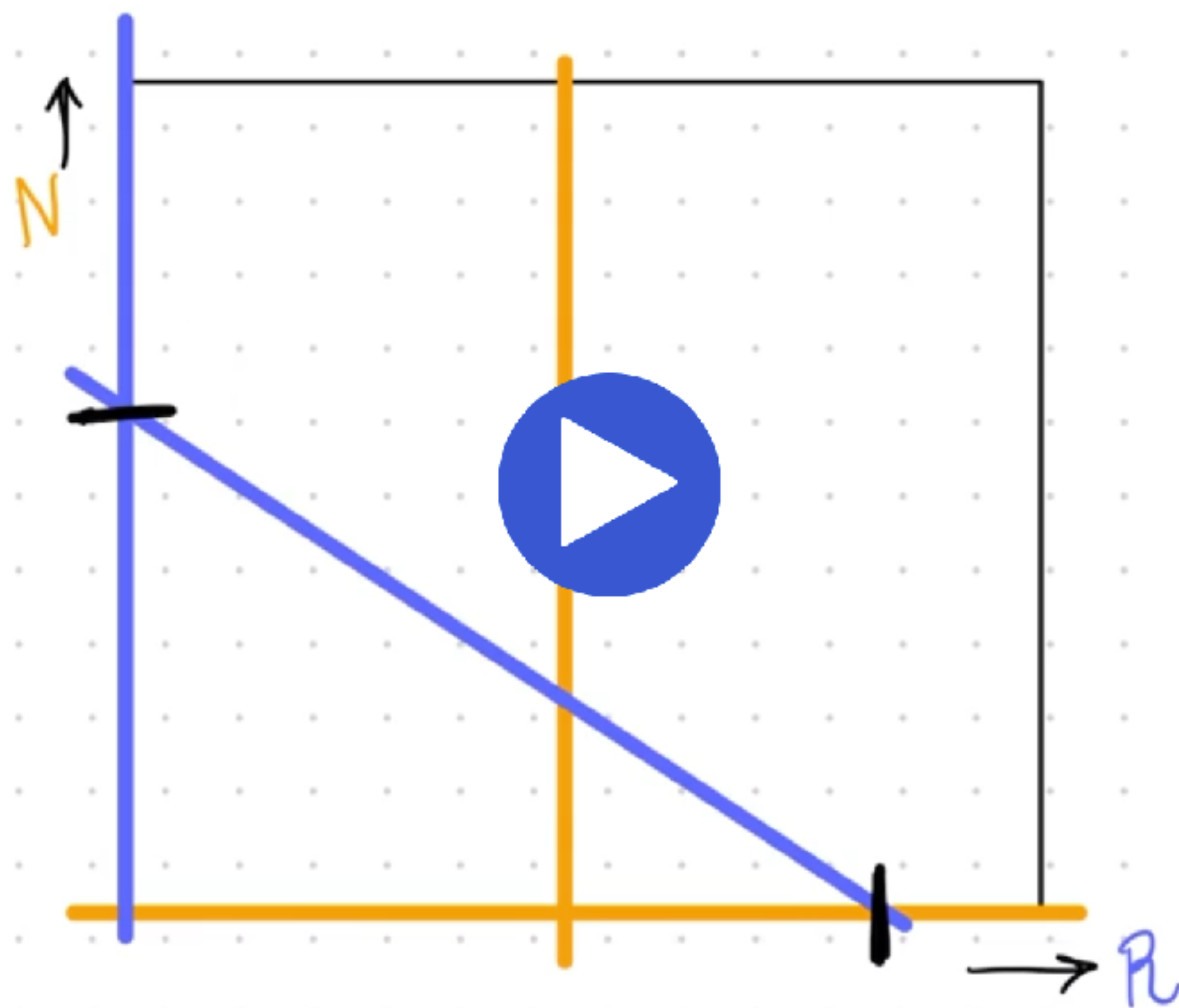
$$N = \frac{1}{a} \left(\underbrace{b - \frac{bR}{K}}_{b(1 - \frac{R}{K})} - d \right)$$

$$N = 0$$

$$R = \frac{\delta}{ca}$$

Kennisclip “konijnen bijvoeren”

Nullclines verschuiven



$$R=0$$

$$N = \frac{b(1 - \frac{R}{K}) - d}{a}$$

$$N=0$$

$$R = \frac{\delta}{ca}$$

Werkcollege Hfst 14 (predator-prooi)

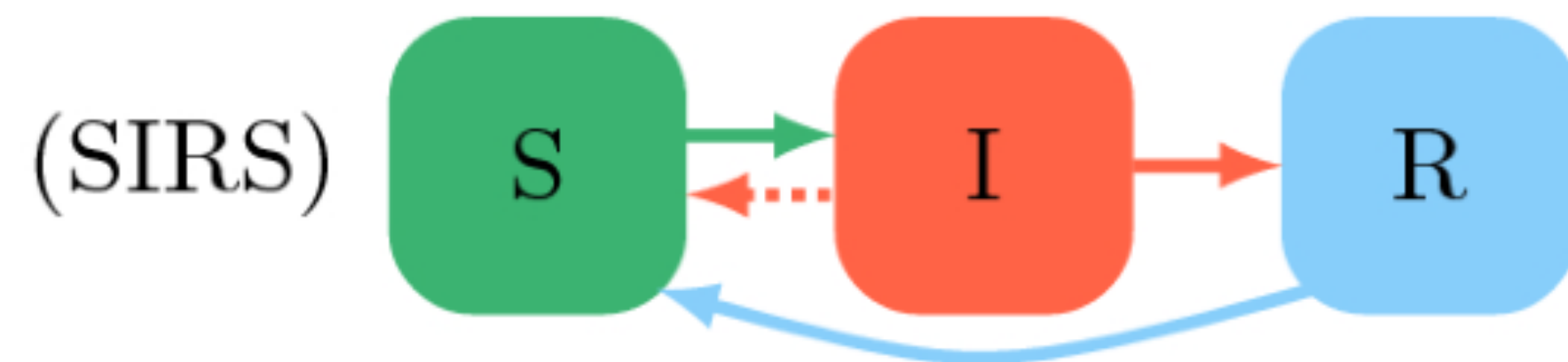
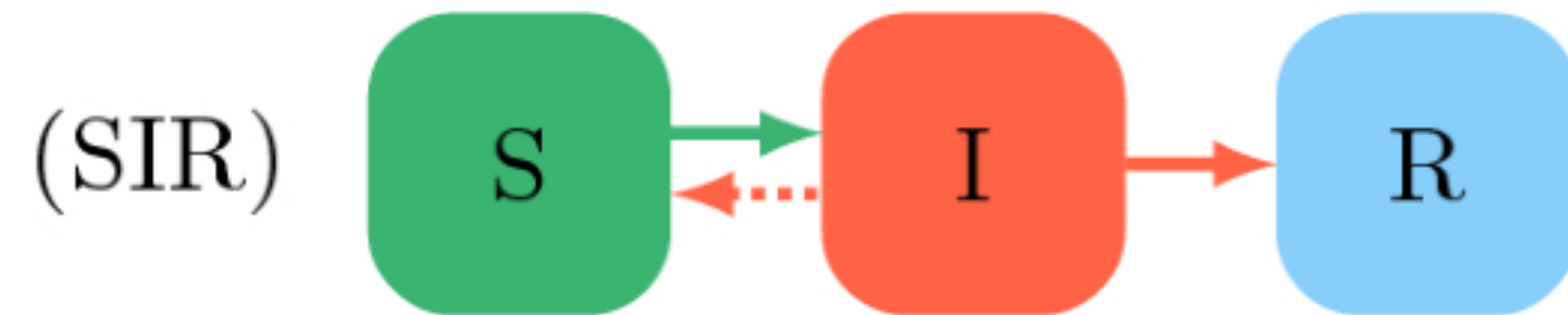


$$\begin{aligned}\frac{dZ}{dt} &= bZ(1 - Z/k) - dZ - \beta ZI, \\ \frac{dI}{dt} &= \beta ZI - \delta I \quad \text{met } \delta \gg d\end{aligned}$$

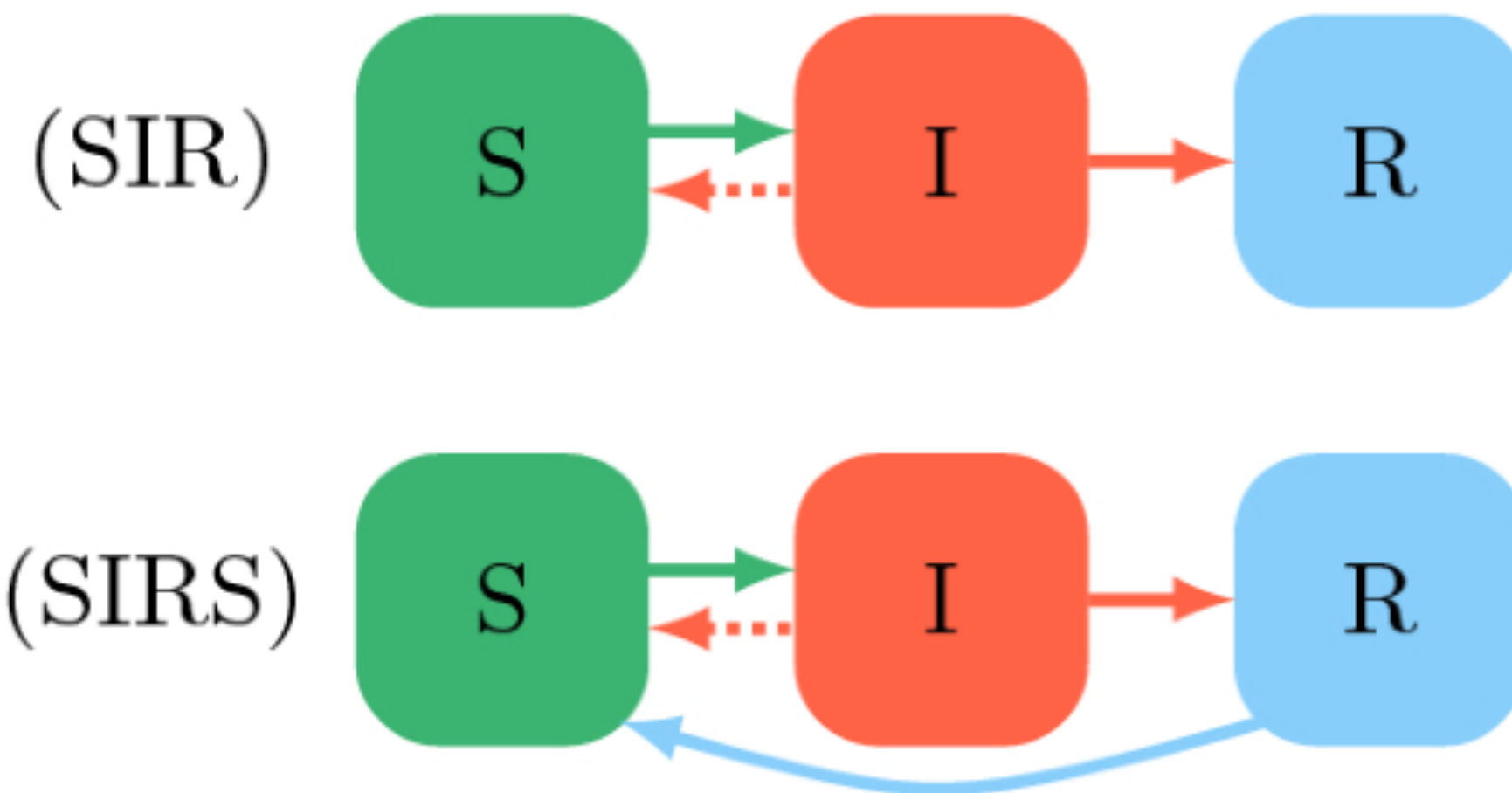
- h. Ga er opnieuw vanuit dat PCB's de geboorte van gezonde zeehonden (b) halveren, en schets de nieuwe nullcline samen met de oude nullcline in 1 faseruimte.
- i. Hoeveel kleiner wordt de gezonde zeehondenpopulatie in evenwicht?

SIR modellen

SIR modellen



SIR modellen



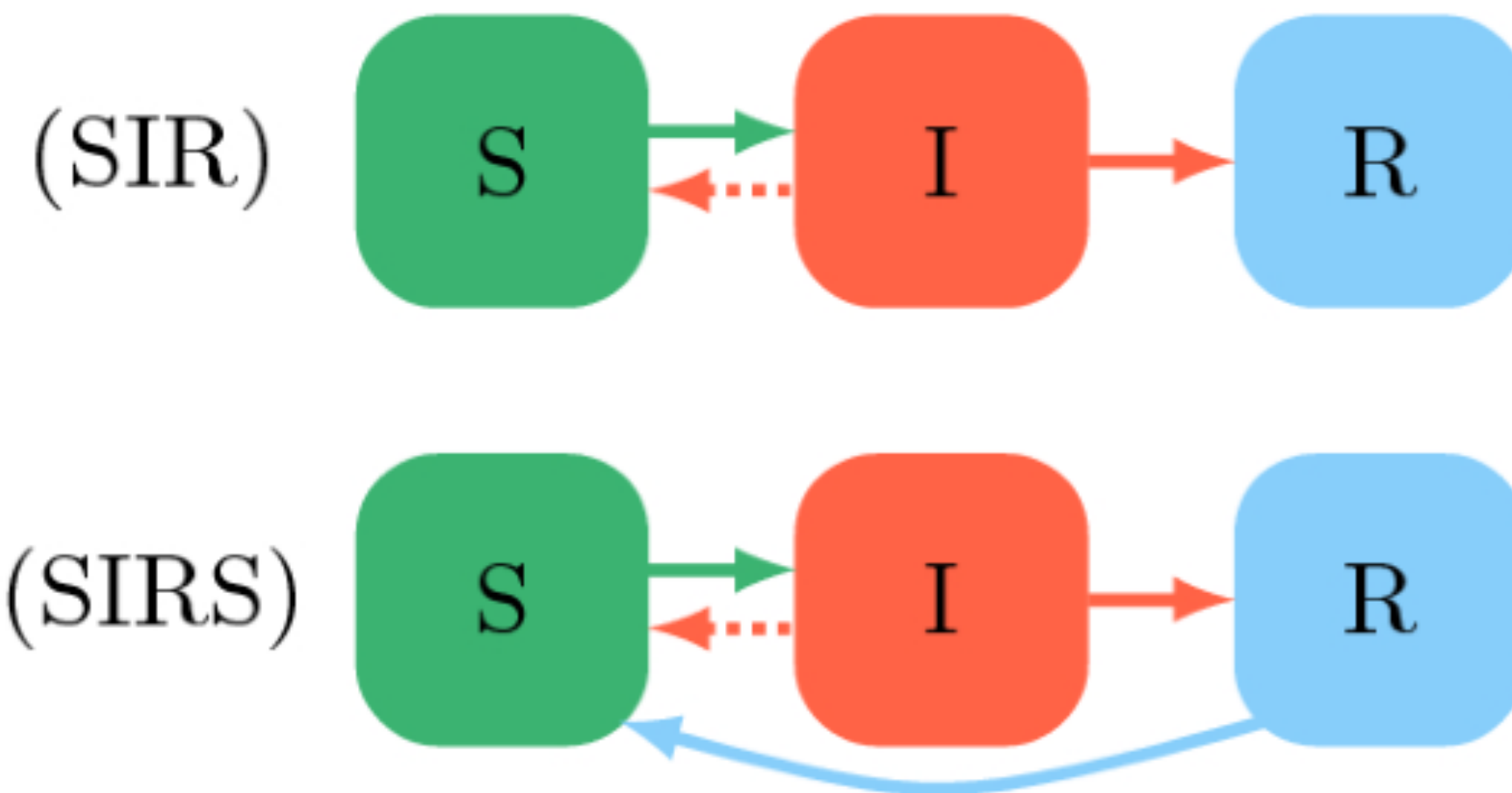
$$N = S + I + R$$

$$\frac{dS}{dt} = b\left(1 - \frac{N}{K}\right)S - dS - \beta SI$$

$$\frac{dI}{dt} = \beta SI - (d + \delta)I - rI$$

$$\frac{dR}{dt} = rI - dR$$

SIR modellen



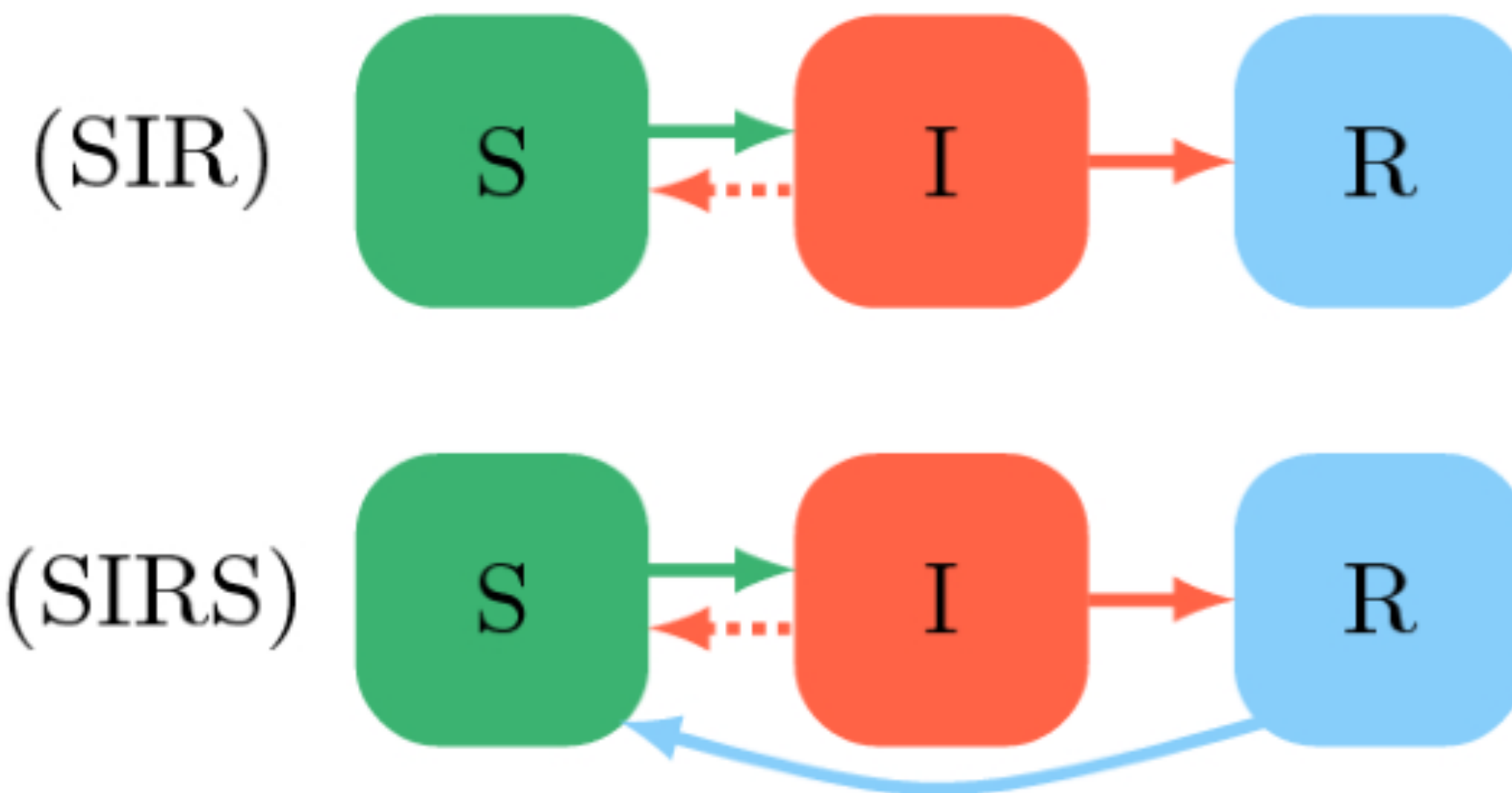
$$N = S + I + R$$

$$\frac{dS}{dt} = b\left(1 - \frac{N}{K}\right)S - dS - \beta SI$$

$$\frac{dI}{dt} = \beta SI - (d + \delta)I - rI$$

$$\frac{dR}{dt} = rI - dR$$

SIR modellen



$$\begin{aligned} N &= S + I + R \\ \frac{dS}{dt} &= b\left(1 - \frac{N}{K}\right)S - dS - \beta SI + dR \\ \frac{dI}{dt} &= \beta SI - (d + \delta)I - rI \\ \frac{dR}{dt} &= rI - dR \end{aligned}$$

Faseruimtes...?

$$\begin{aligned} N &= S + I + R \\ \frac{dS}{dt} &= b\left(1 - \frac{N}{K}\right)S - dS - \beta SI \\ \frac{dI}{dt} &= \beta SI - (d + \delta)I - rI \\ \frac{dR}{dt} &= rI - dR \end{aligned}$$

Faseruimtes...?

$$\begin{aligned} N &= S + I + R \\ \frac{dS}{dt} &= b\left(1 - \frac{N}{K}\right)S - dS - \beta SI \\ \frac{dI}{dt} &= \beta SI - (d + \delta)I - rI \\ \frac{dR}{dt} &= rI - dR \end{aligned}$$



Faseruimtes...?

$$\begin{aligned} N &= S + I + R \\ \frac{dS}{dt} &= b\left(1 - \frac{N}{K}\right)S - dS - \beta SI \\ \frac{dI}{dt} &= \beta SI - (d + \delta)I - rI \\ \frac{dR}{dt} &= rI - dR \end{aligned}$$



- Hier kunnen we niet een 2D faseruimte van schetsen...

Faseruimtes...?

$$\begin{aligned} N &= S + I + R \\ \frac{dS}{dt} &= b\left(1 - \frac{N}{K}\right)S - dS - \beta SI \\ \frac{dI}{dt} &= \beta SI - (d + \delta)I - rI \\ \frac{dR}{dt} &= rI - dR \end{aligned}$$



- Hier kunnen we niet een 2D faseruimte van schetsen...
- 3D faseruimte...

Faseruimtes...?

$$\begin{aligned} N &= S + I + R \\ \frac{dS}{dt} &= b\left(1 - \frac{N}{K}\right)S - dS - \beta SI \\ \frac{dI}{dt} &= \beta SI - (d + \delta)I - rI \\ \frac{dR}{dt} &= rI - dR \end{aligned}$$



- Hier kunnen we niet een 2D faseruimte van schetsen...
- 3D faseruimte...
- 4D faseruimte... ?

Faseruimtes...?

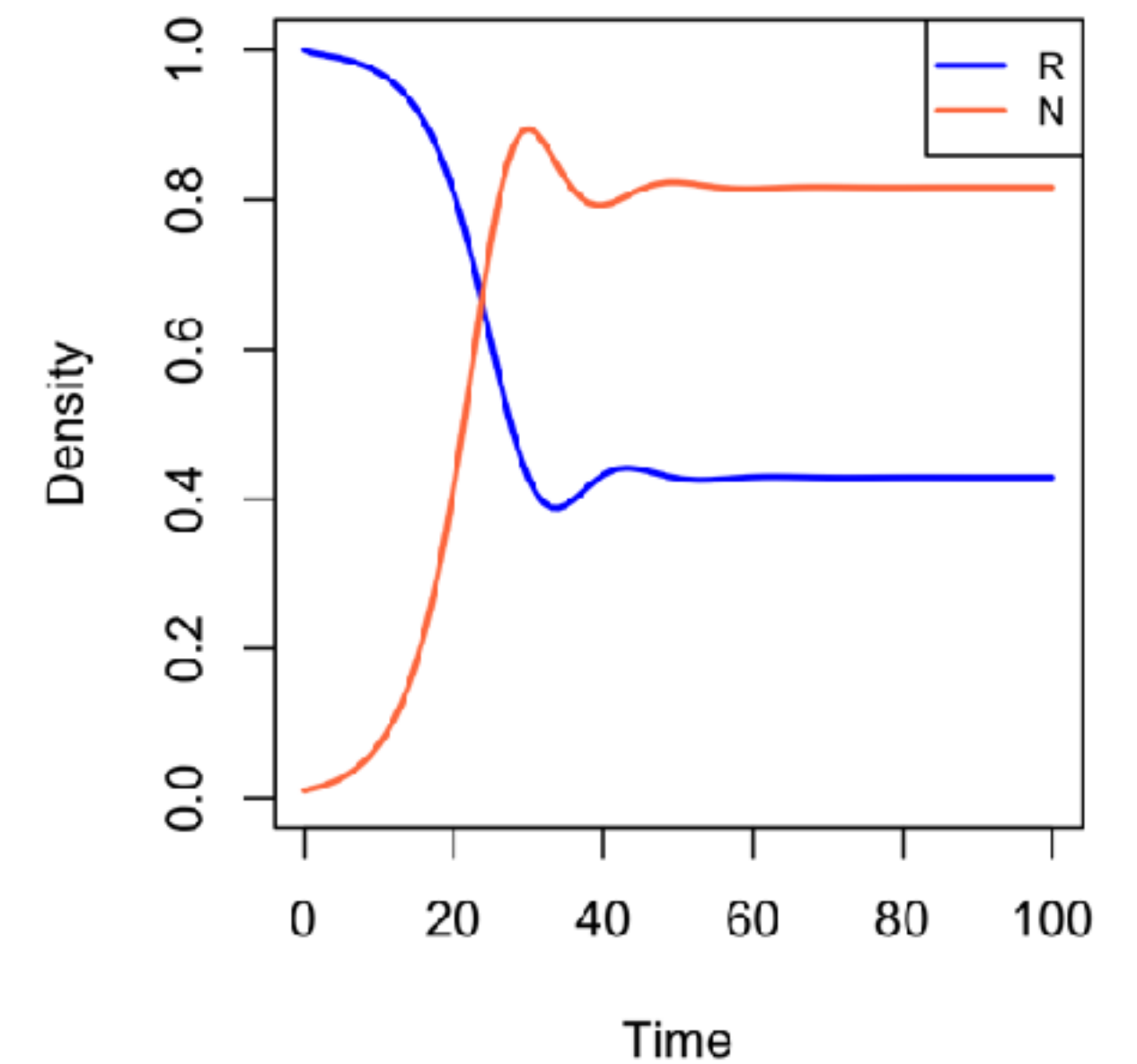
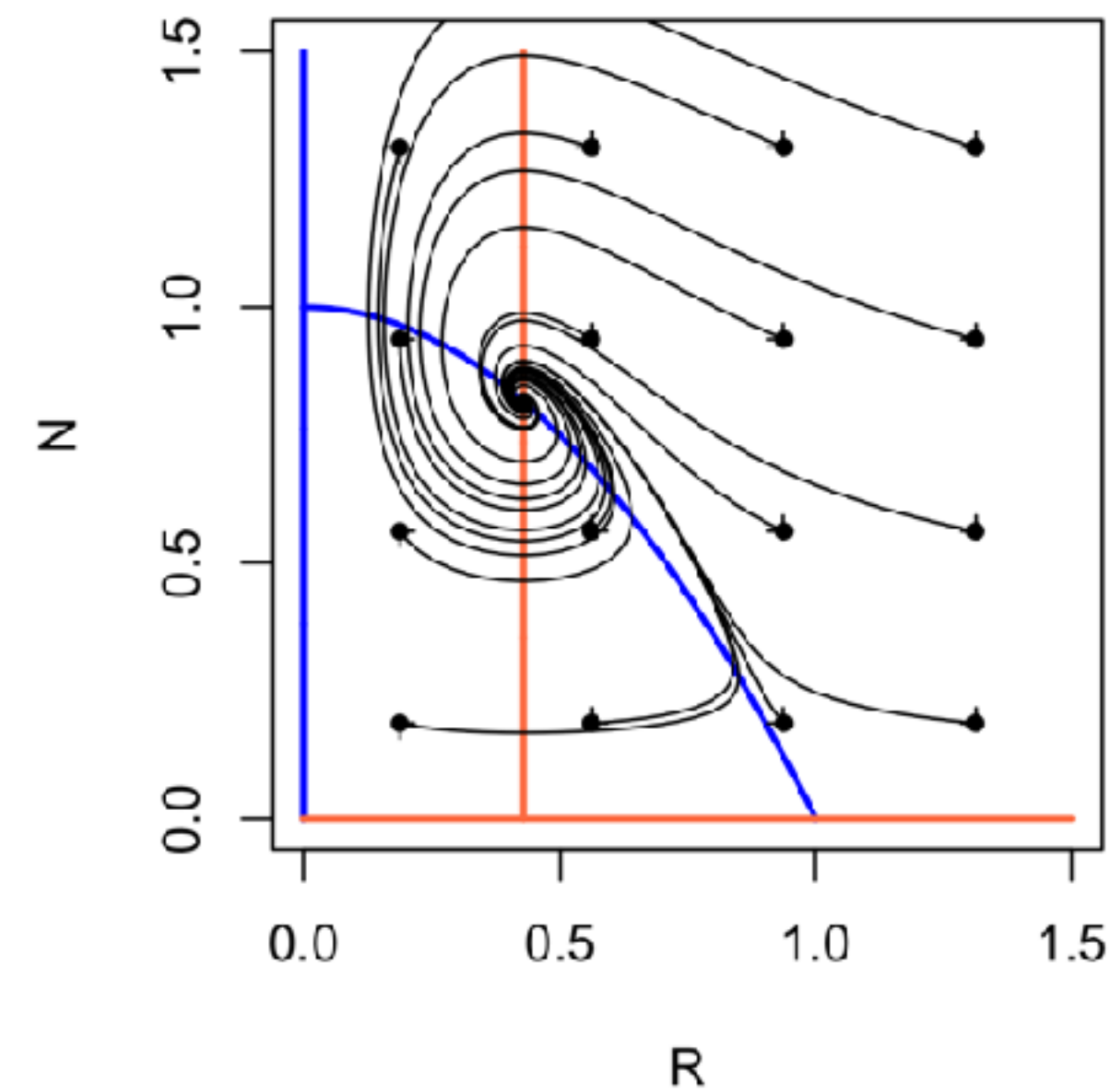
$$\begin{aligned} N &= S + I + R \\ \frac{dS}{dt} &= b\left(1 - \frac{N}{K}\right)S - dS - \beta SI \\ \frac{dI}{dt} &= \beta SI - (d + \delta)I - rI \\ \frac{dR}{dt} &= rI - dR \end{aligned}$$



- Hier kunnen we niet een 2D faseruimte van schetsen...
- 3D faseruimte...
- 4D faseruimte... ?
- Op dit punt wordt het handiger om de computer het rekenwerk te laten doen

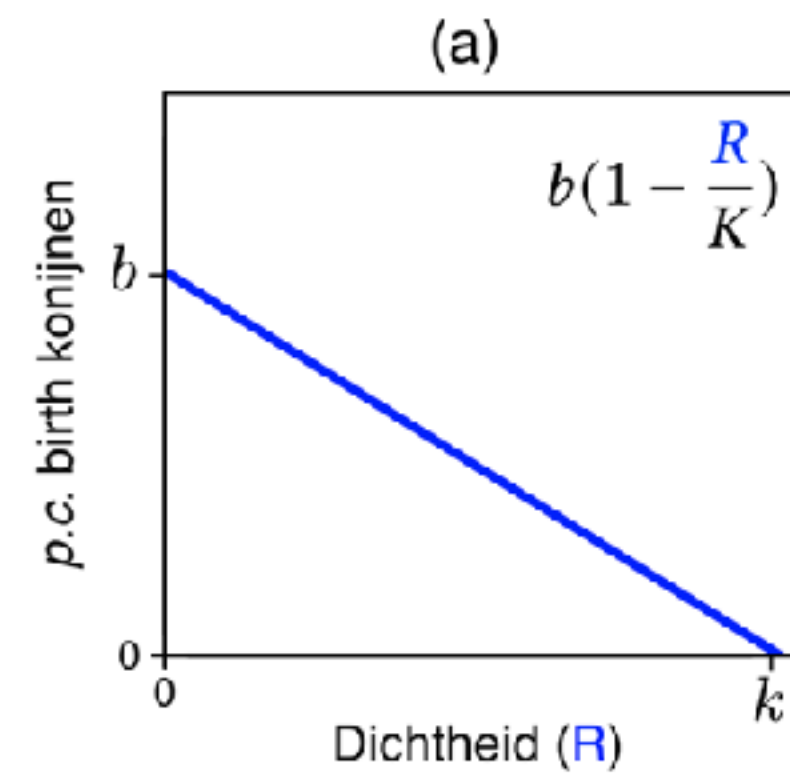
grind.R, een R-script om ODEs te bestuderen

Bram van Dijk (hij/hem)

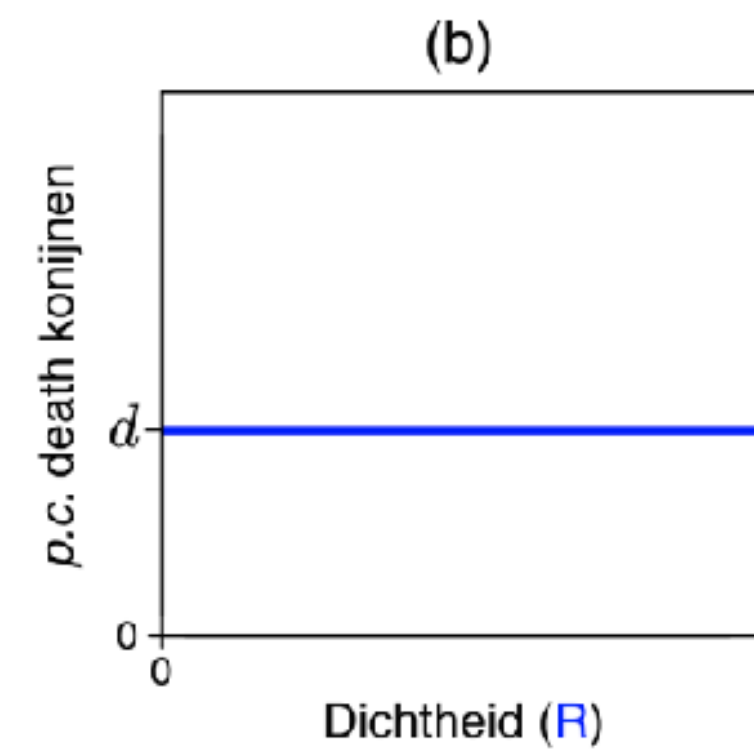


Wat is er vreemd aan de predatieterm?

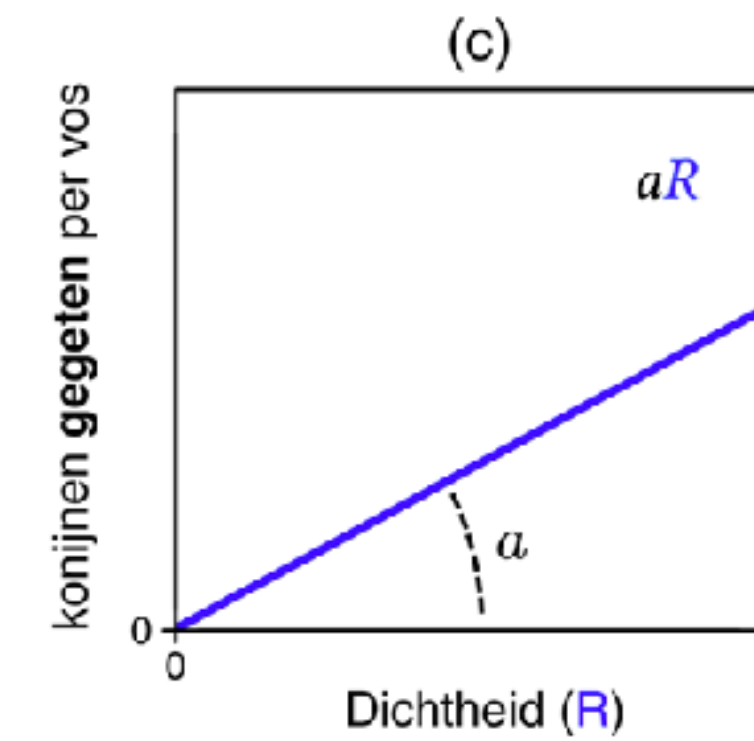
$$\frac{dR}{dt} =$$



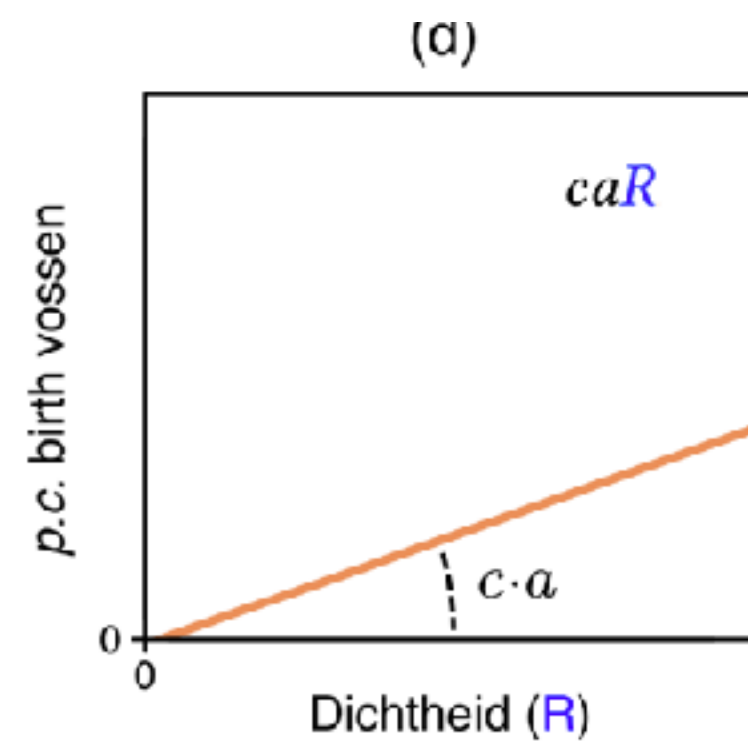
—



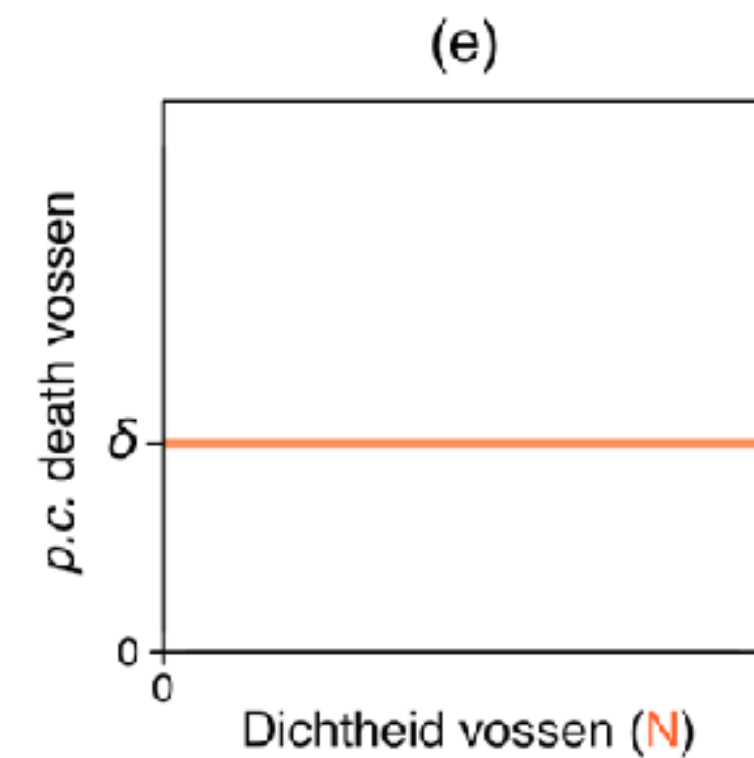
—



$$\frac{dN}{dt} =$$



—



Predatoren raken wel een keer vol...!

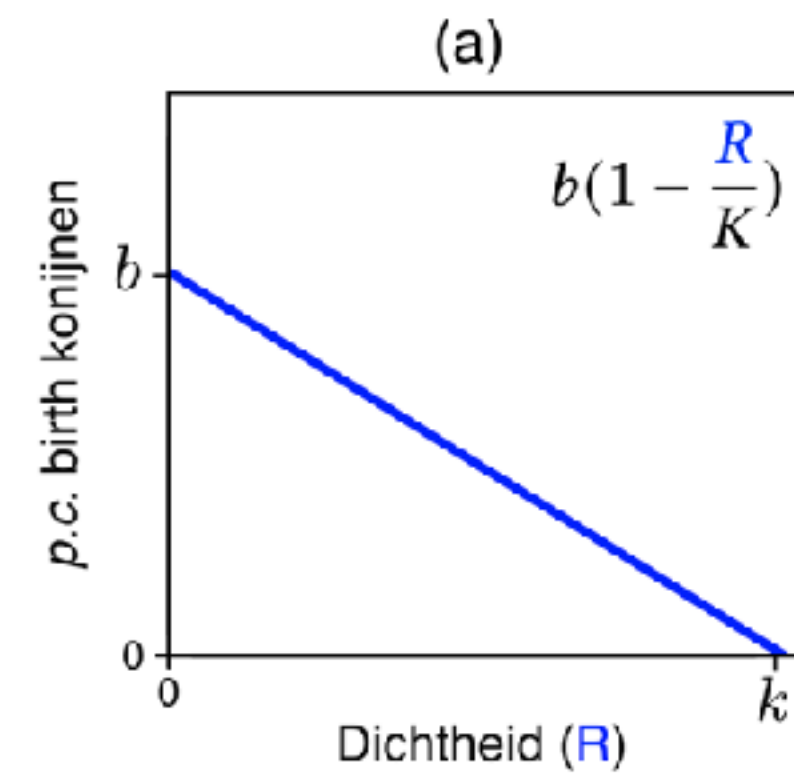
Predatoren raken wel een keer vol...!

(Picture copyright: Vince Burton, SWNS)

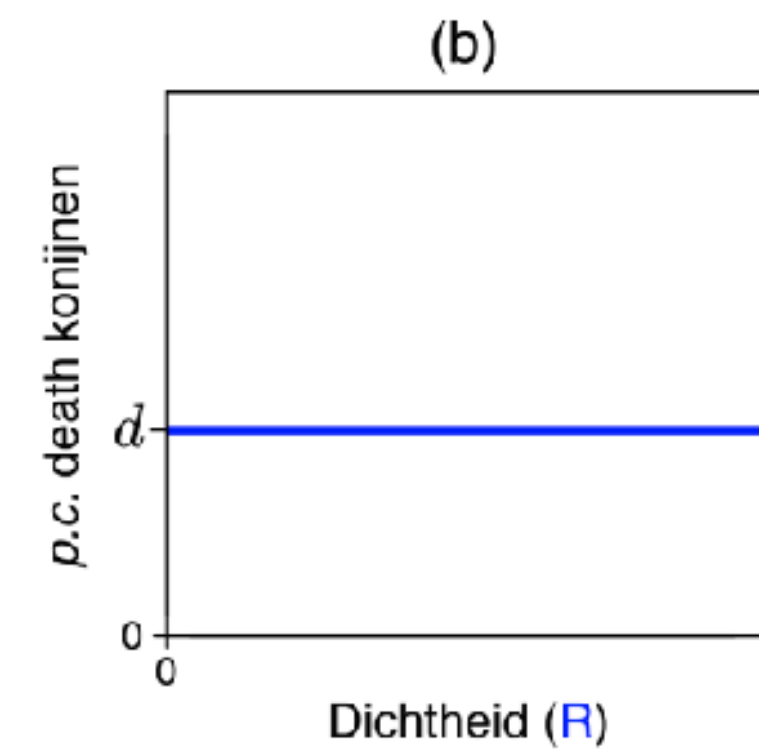


Zouden we niet willen dat het misschien zo loopt?

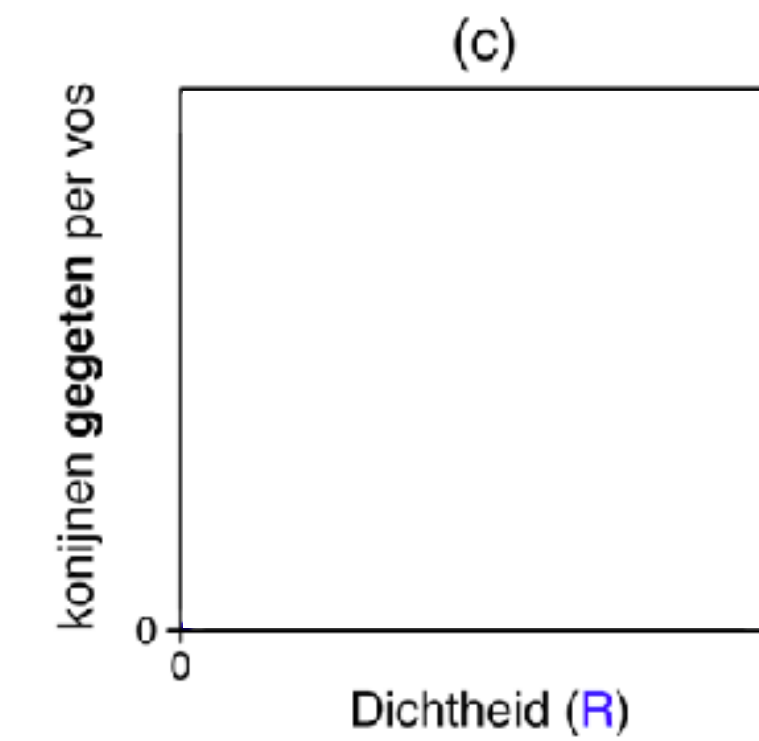
$$\frac{dR}{dt} =$$



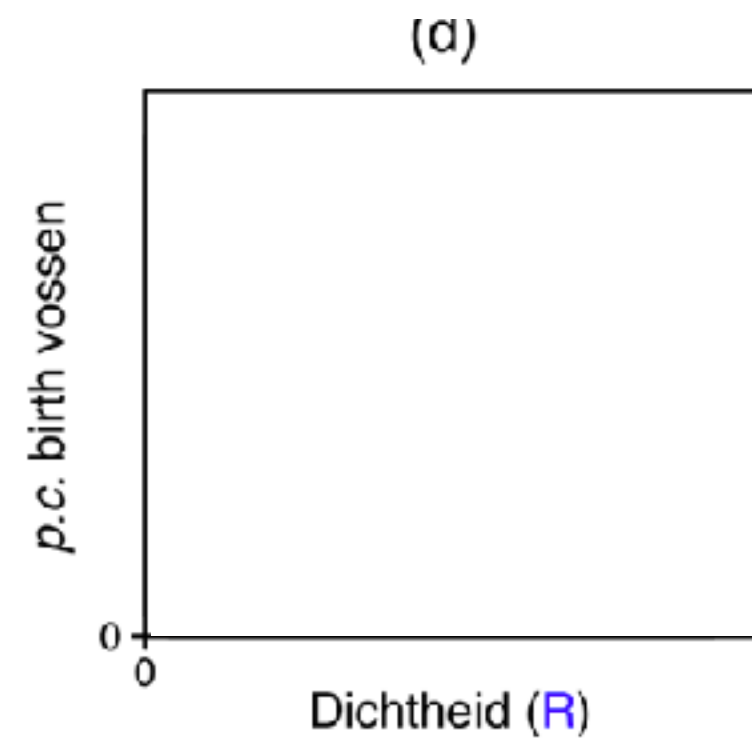
—



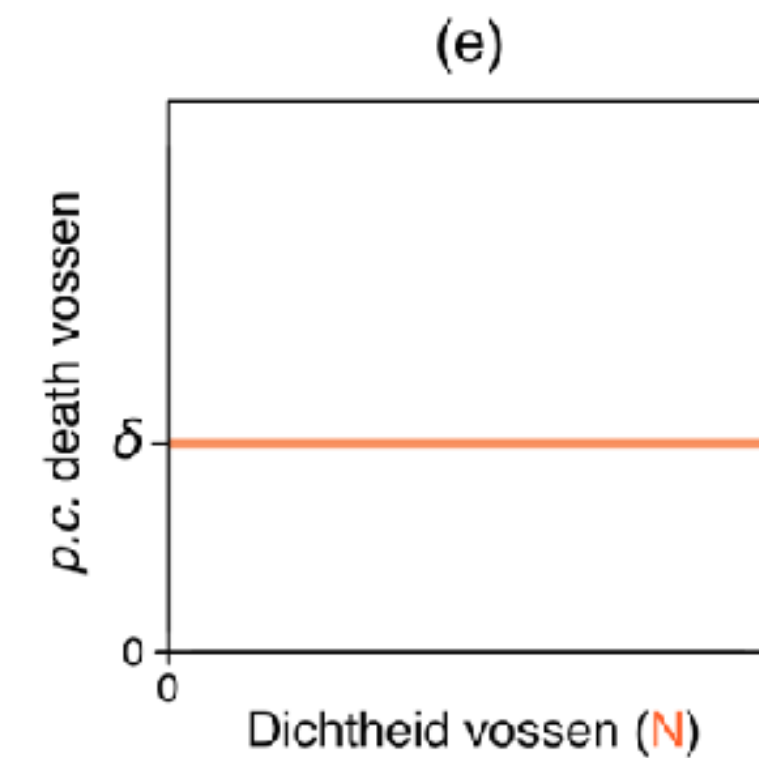
—



$$\frac{dN}{dt} =$$



—



Hoe kunnen we zo'n kromme ook alweer maken?

Hoe kunnen we zo'n kromme ook alweer maken?

$$\frac{x}{x+h}$$

Hoe kunnen we zo'n kromme ook alweer maken?

$$\frac{x}{x+h} \rightarrow$$

Het vernieuwde Lotka-Volterra predator-prooi model

$$\begin{aligned}\frac{dR}{dt} &= \underbrace{b\left(1 - \frac{R}{K}\right)R}_{\text{geboorte prooi}} - \underbrace{dR}_{\text{sterfte prooi}} - \underbrace{\frac{aRN}{h + R}}_{\text{nieuwe predatieterm}} \\ \frac{dN}{dt} &= \underbrace{\frac{aRN}{h + R}}_{\text{geboorte predator}} - \underbrace{\delta N}_{\text{sterfte predator}}\end{aligned}$$

Het Rscript “grind.R”

Het Rscript “grind.R”

- Grind is **geen package** (zoals jullie eerder gezien hebben), maar een “los” R-script

Het Rscript “grind.R”

- Grind is **geen package** (zoals jullie eerder gezien hebben), maar een “los” R-script
- Grind is op zijn beurt wel afhankelijk van een paar packages:

Het Rscript “grind.R”

- Grind is **geen package** (zoals jullie eerder gezien hebben), maar een “los” R-script
- Grind is op zijn beurt wel afhankelijk van een paar packages:

Voordat je Grind kan gebruiken, moet je eenmalig een paar “packages” in R installeren:

```
# Installeer de packages (hoeft maar 1 keer!)  
install.packages("FME", "deSolve", "coda", "rootSolve")
```

Het Rscript “grind.R”

- Grind is **geen package** (zoals jullie eerder gezien hebben), maar een “los” R-script
- Grind is op zijn beurt wel afhankelijk van een paar packages:

Voordat je Grind kan gebruiken, moet je eenmalig een paar “packages” in R installeren:

```
# Installeer de packages (hoeft maar 1 keer!)  
install.packages("FME", "deSolve", "coda", "rootSolve")
```

} dit doe je maar 1 keer!

Het Rscript “grind.R”

- Grind is **geen package** (zoals jullie eerder gezien hebben), maar een “los” R-script
- Grind is op zijn beurt wel afhankelijk van een paar packages:

Voordat je Grind kan gebruiken, moet je eenmalig een paar “packages” in R installeren:

```
# Installeer de packages (hoeft maar 1 keer!)  
install.packages("FME", "deSolve", "coda", "rootSolve")
```

} dit doe je maar 1 keer!

Nadat deze packages zijn geïnstalleerd, moeten we het grind.R script inladen. Dit kan je vanaf de website doen:

```
source("https://tbb.bio.uu.nl/rdb/grindR/grind.R")
```

Het Rscript “grind.R”

- Grind is **geen package** (zoals jullie eerder gezien hebben), maar een “los” R-script
- Grind is op zijn beurt wel afhankelijk van een paar packages:

Voordat je Grind kan gebruiken, moet je eenmalig een paar “packages” in R installeren:

```
# Installeer de packages (hoeft maar 1 keer!)  
install.packages("FME", "deSolve", "coda", "rootSolve")
```

} dit doe je maar 1 keer!

Nadat deze packages zijn geïnstalleerd, moeten we het grind.R script inladen. Dit kan je vanaf de website doen:

```
source("https://tbb.bio.uu.nl/rdb/grindR/grind.R")
```

} dit doe je elke keer dat je grind wil gaan gebruiken

Het Rscript “grind.R”

- Grind is **geen package** (zoals jullie eerder gezien hebben), maar een “los” R-script
- Grind is op zijn beurt wel afhankelijk van een paar packages:

Voordat je Grind kan gebruiken, moet je eenmalig een paar “packages” in R installeren:

```
# Installeer de packages (hoeft maar 1 keer!)  
install.packages("FME", "deSolve", "coda", "rootSolve")
```

} dit doe je maar 1 keer!

Nadat deze packages zijn geïnstalleerd, moeten we het grind.R script inladen. Dit kan je vanaf de website doen:

```
source("https://tbb.bio.uu.nl/rdb/grindR/grind.R")
```

} dit doe je elke keer dat je grind wil gaan gebruiken

Als het laden van het script goed is gegaan, krijg je een melding:

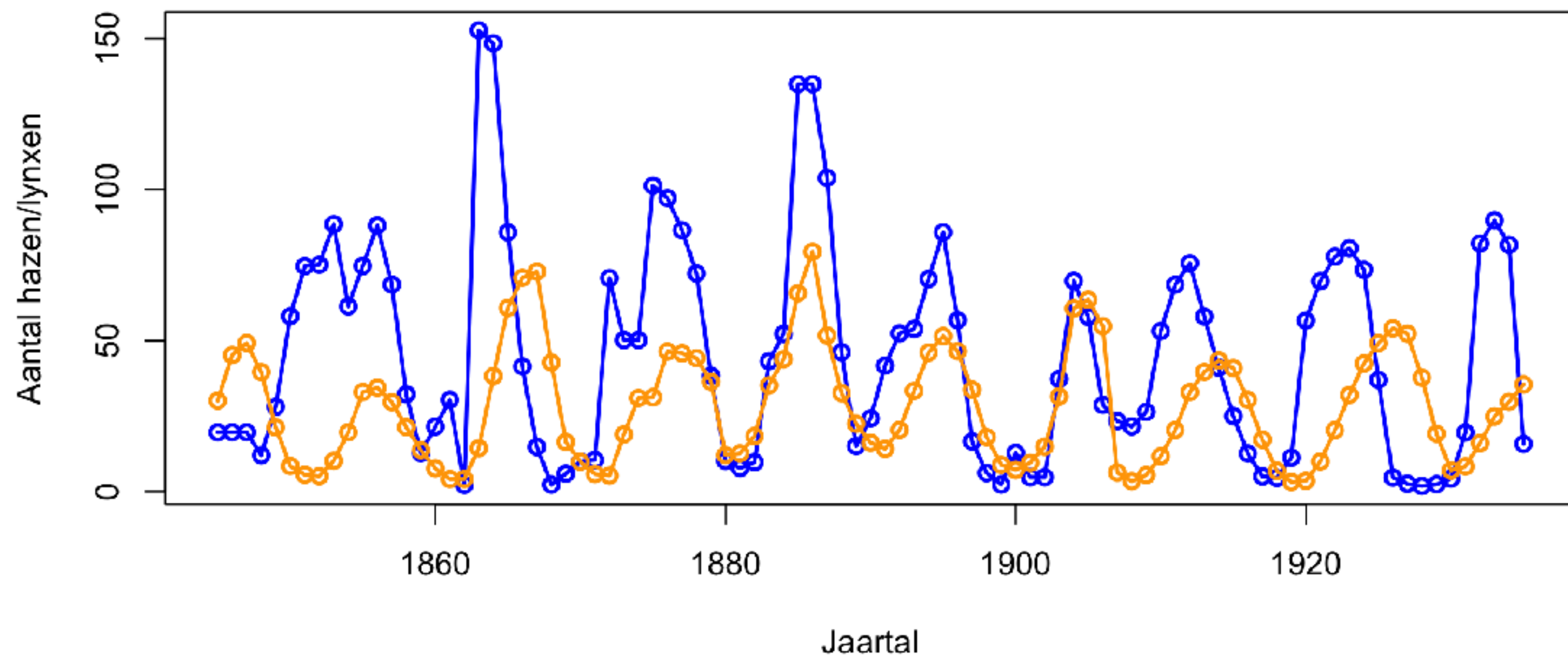
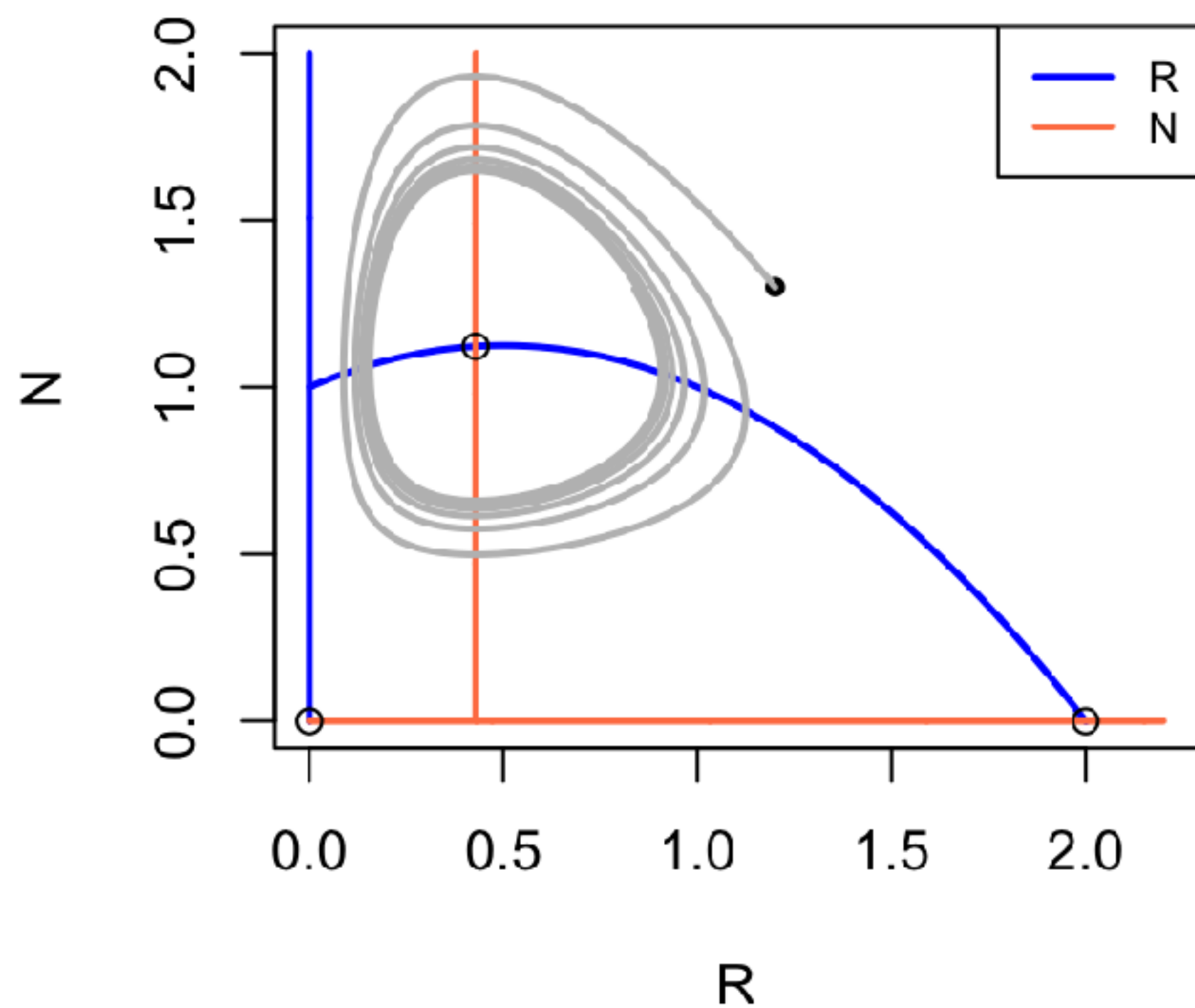
```
grind.R (25-06-2024) was sourced
```

**Laten we het model met verzadigbare predator in
grind.R gaan bekijken**

**Laten we het model met verzadigbare predator in
grind.R gaan bekijken**

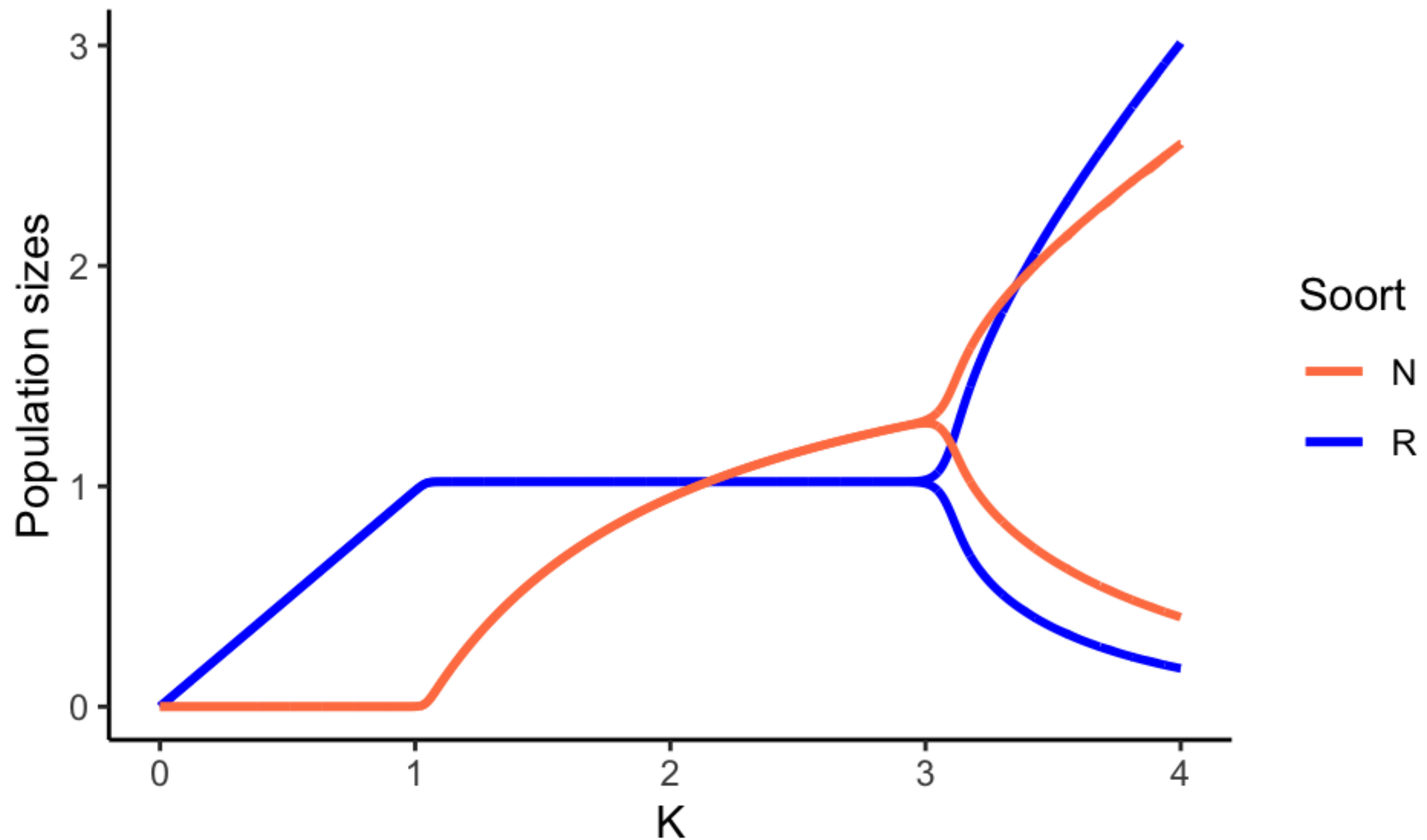


Geen enkel stabiel evenwicht...



Wat gebeurt er bij toenemende K (bifurcatiediagram)

Bifurcatie-diagram voor K berekend met R

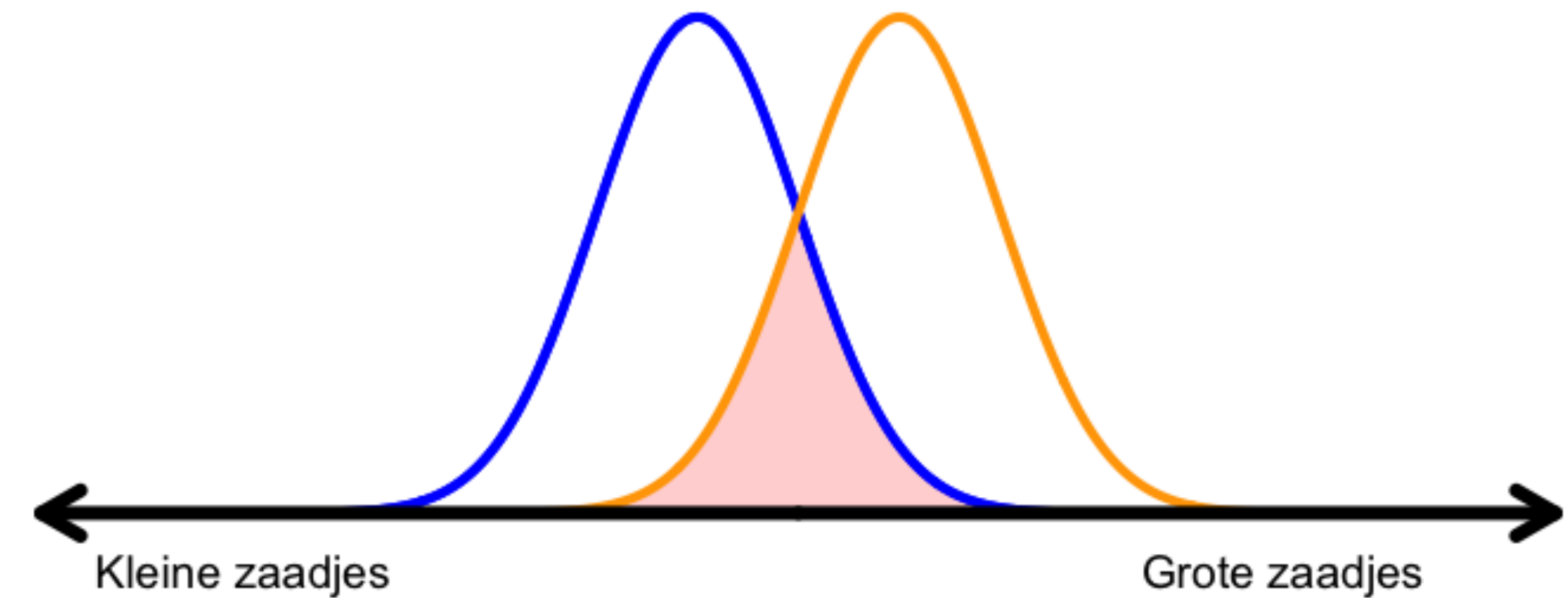


Meer subtiele interacties tussen soorten

Meer subtiele interacties tussen soorten



Meer subtiele interacties tussen soorten



Hebben deze twee populaties (N_1 en N_2) competitie?

$$\frac{dN_1}{dt} = rN_1 \left(1 - \frac{N_1}{K}\right)$$
$$\frac{dN_2}{dt} = rN_2 \left(1 - \frac{N_2}{K}\right)$$

Deze twee populaties hebben competitie!

$$\frac{dN_1}{dt} = rN_1 \left(1 - \frac{N_1 + N_2}{K}\right)$$
$$\frac{dN_2}{dt} = rN_2 \left(1 - \frac{N_1 + N_2}{K}\right)$$

Deze twee populaties hebben competitie!

$$\frac{dN_1}{dt} = rN_1 \left(1 - \frac{N_1 + N_2}{K}\right)$$
$$\frac{dN_2}{dt} = rN_2 \left(1 - \frac{N_1 + N_2}{K}\right)$$

Maar wel precies even veel last van “elkaar” en van “hunzelf”...

Competitie-parameters (c_{11} , c_{12} , c_{22} , c_{21})

$$\frac{dN_1}{dt} = rN_1 \left(1 - \frac{c_{11}N_1 + c_{12}N_2}{K} \right)$$
$$\frac{dN_2}{dt} = rN_2 \left(1 - \frac{c_{22}N_2 + c_{21}N_1}{K} \right)$$

Competitie-parameters (c_{11} , c_{12} , c_{22} , c_{21})

$$\frac{dN_1}{dt} = rN_1 \left(1 - \frac{c_{11}N_1 + c_{12}N_2}{K} \right)$$
$$\frac{dN_2}{dt} = rN_2 \left(1 - \frac{c_{22}N_2 + c_{21}N_1}{K} \right)$$

Nog één versimpeling voor de leesbaarheid...

Competitie-model voor 2 soorten

$$\frac{dN_1}{dt} = rN_1(1 - c_{11}N_1 - c_{12}N_2)$$

$$\frac{dN_2}{dt} = rN_2(1 - c_{22}N_2 - c_{21}N_1)$$

Competitie-model voor 2 soorten

$$\frac{dN_1}{dt} = rN_1(1 - c_{11}N_1 - c_{12}N_2)$$

$$\frac{dN_2}{dt} = rN_2(1 - c_{22}N_2 - c_{21}N_1)$$

Competitie-model voor 2 soorten

$$\frac{dN_1}{dt} = rN_1(1 - c_{11}N_1 - c_{12}N_2)$$

$$\frac{dN_2}{dt} = rN_2(1 - c_{22}N_2 - c_{21}N_1)$$

Last van je eigen soort
(**intraspecifieke** competitie)

Competitie-model voor 2 soorten

$$\frac{dN_1}{dt} = rN_1(1 - c_{11}N_1 - c_{12}N_2)$$

$$\frac{dN_2}{dt} = rN_2(1 - c_{22}N_2 - c_{21}N_1)$$

Last van je eigen soort
(**in**traspecifieke competitie)

Last van de andere soort
(**in**terspecifieke competitie)

Competitie-model voor 2 soorten

$$\frac{dN_1}{dt} = rN_1(1 - c_{11}N_1 - c_{12}N_2)$$

$$\frac{dN_2}{dt} = rN_2(1 - c_{22}N_2 - c_{21}N_1)$$



Last van je eigen soort
(**in**traspecifieke competitie)

Last van de andere soort
(**in**terspecifieke competitie)

Hoe analyseren we ook alweer een systeem van 2 ODEs?

Hoe analyseren we ook alweer een systeem van 2 ODEs?

💡 Tip 15.1: Algemeen stappenplan voor het schetsen van faseruimtes. ▾

Stel, we analyseren een 2D ODE systeem bestaande uit variable A en B :

1. Teken een assenstelsel met één populatie op de x-as, en de ander op de y-as. We zetten bijvoorbeeld A op de y-as en B op de x-as.
2. Vind de nullcline(s) voor A . Hiervoor los je $dA/dt = 0$ op. Je kan een aantal verschillende typen nullclines vinden:
 - $A = 0$, wat gebeurt als elke term A bevat. Voor groeimodellen komt deze nullcline vaak (maar niet altijd!) voor.
 - $A = C$, een *horizontale* lijn bij een niet-triviale hoeveelheid A .
 - $B = C$, een *verticale* lijn bij een niet-triviale hoeveelheid B .
 - $A = f(B)$ of $B = f(A)$, wat gebeurt als je beide onbekenden (A en B

Competitie-model voor 2 soorten

$$\frac{dN_1}{dt} = rN_1(1 - c_{11}N_1 - c_{12}N_2)$$

$$\frac{dN_2}{dt} = rN_2(1 - c_{22}N_2 - c_{21}N_1)$$

Competitie-model voor 2 soorten

$$\frac{dN_1}{dt} = rN_1(1 - c_{11}N_1 - c_{12}N_2)$$

$$\frac{dN_2}{dt} = rN_2(1 - c_{22}N_2 - c_{21}N_1)$$

$$\frac{dN_1}{dt} = rN_1(1 - c_{11}N_1 - c_{12}N_2) = 0 \quad \text{als...}$$

$$N_1 = 0 \quad \text{of...}$$

$$1 - c_{11}N_1 - c_{12}N_2 = 0$$

$$N_2 = \frac{1 - c_{11}N_1}{c_{12}}$$

Competitie-model voor 2 soorten

$$\frac{dN_1}{dt} = rN_1(1 - c_{11}N_1 - c_{12}N_2)$$

$$\frac{dN_2}{dt} = rN_2(1 - c_{22}N_2 - c_{21}N_1)$$

$$\frac{dN_1}{dt} = rN_1(1 - c_{11}N_1 - c_{12}N_2) = 0 \quad \text{als...}$$

$$N_1 = 0 \quad \text{of...}$$

$$1 - c_{11}N_1 - c_{12}N_2 = 0$$

$$N_2 = \frac{1 - c_{11}N_1}{c_{12}}$$

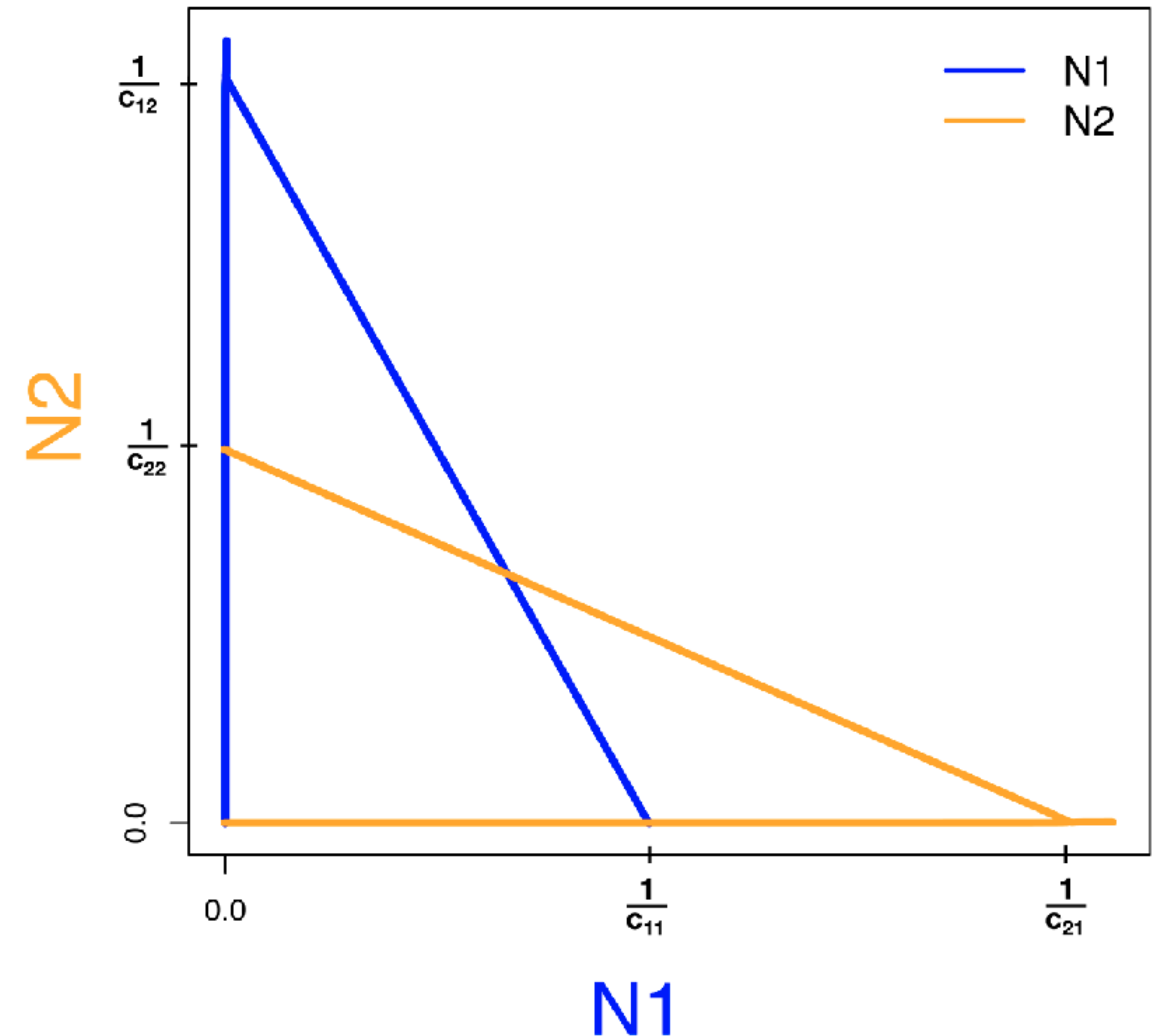
$$N_2 = 0 \quad \text{of...}$$

$$N_2 = \frac{1 - c_{21}N_1}{c_{22}}$$

Competitie-model voor 2 soorten

$$\frac{dN_1}{dt} = rN_1(1 - c_{11}N_1 - c_{12}N_2)$$

$$\frac{dN_2}{dt} = rN_2(1 - c_{22}N_2 - c_{21}N_1)$$





Bevestigen met *grind.R*

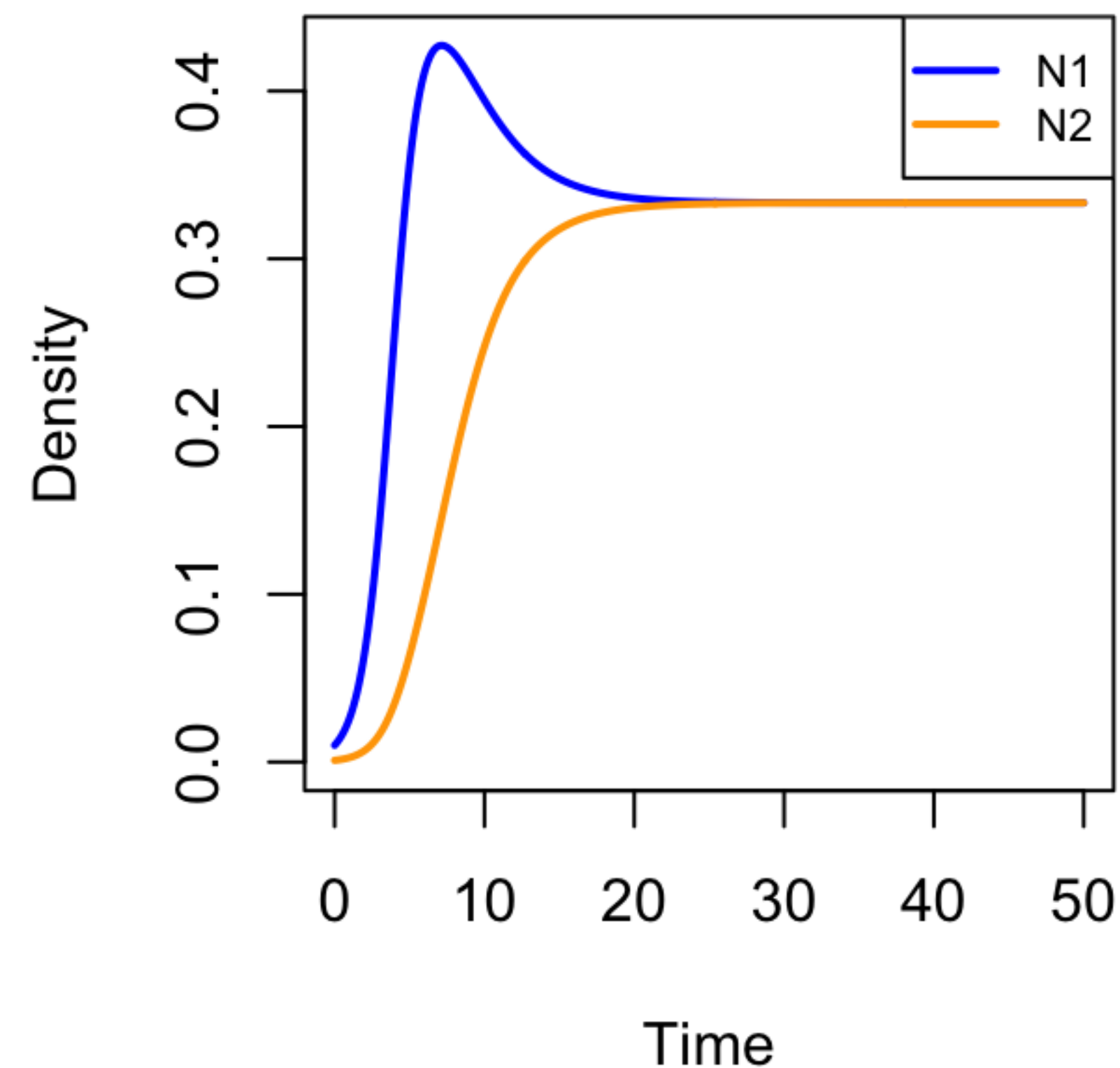
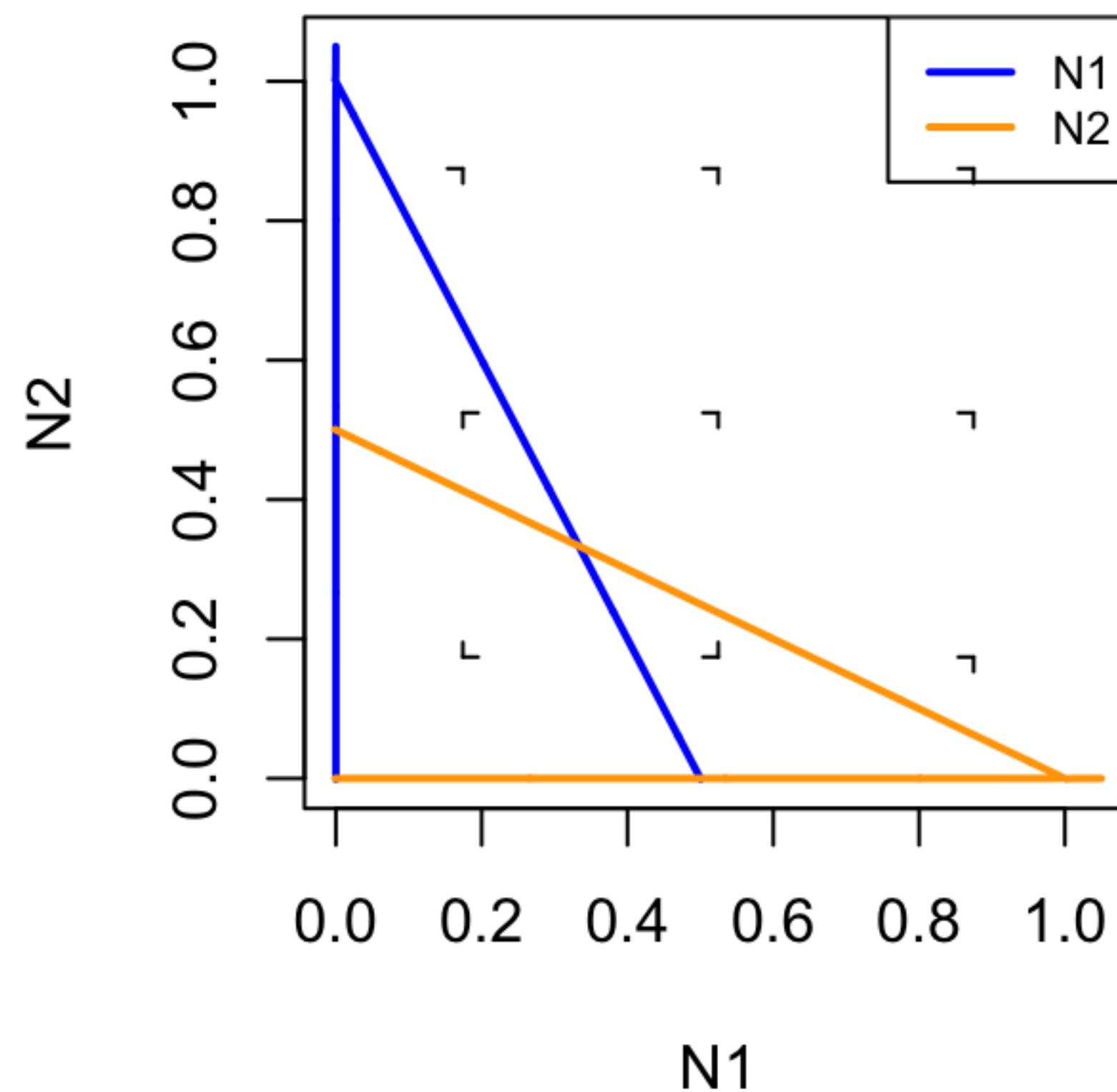
Bevestigen met *grind.R*



Andere competitieve parameters: ander resultaat!

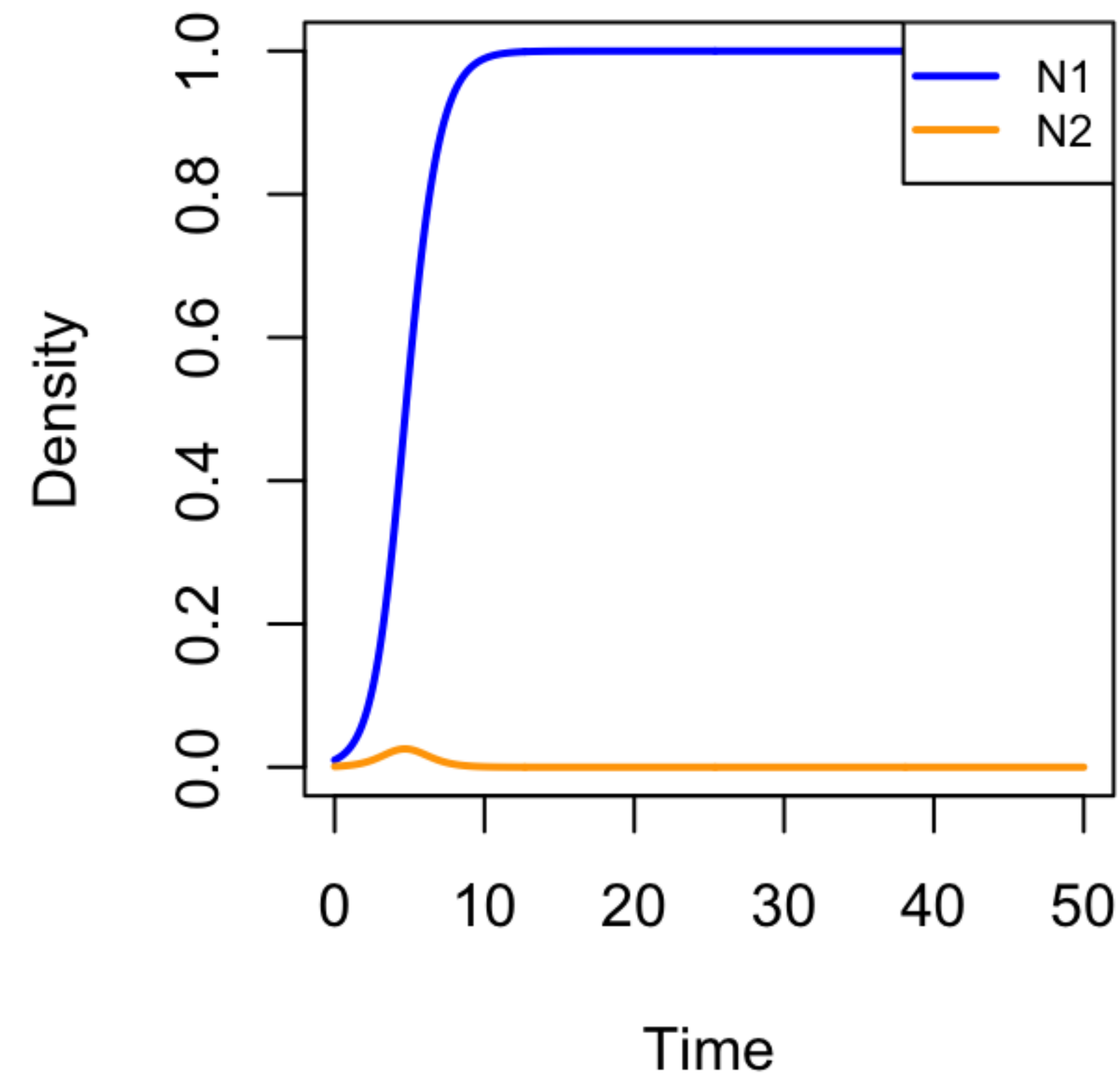
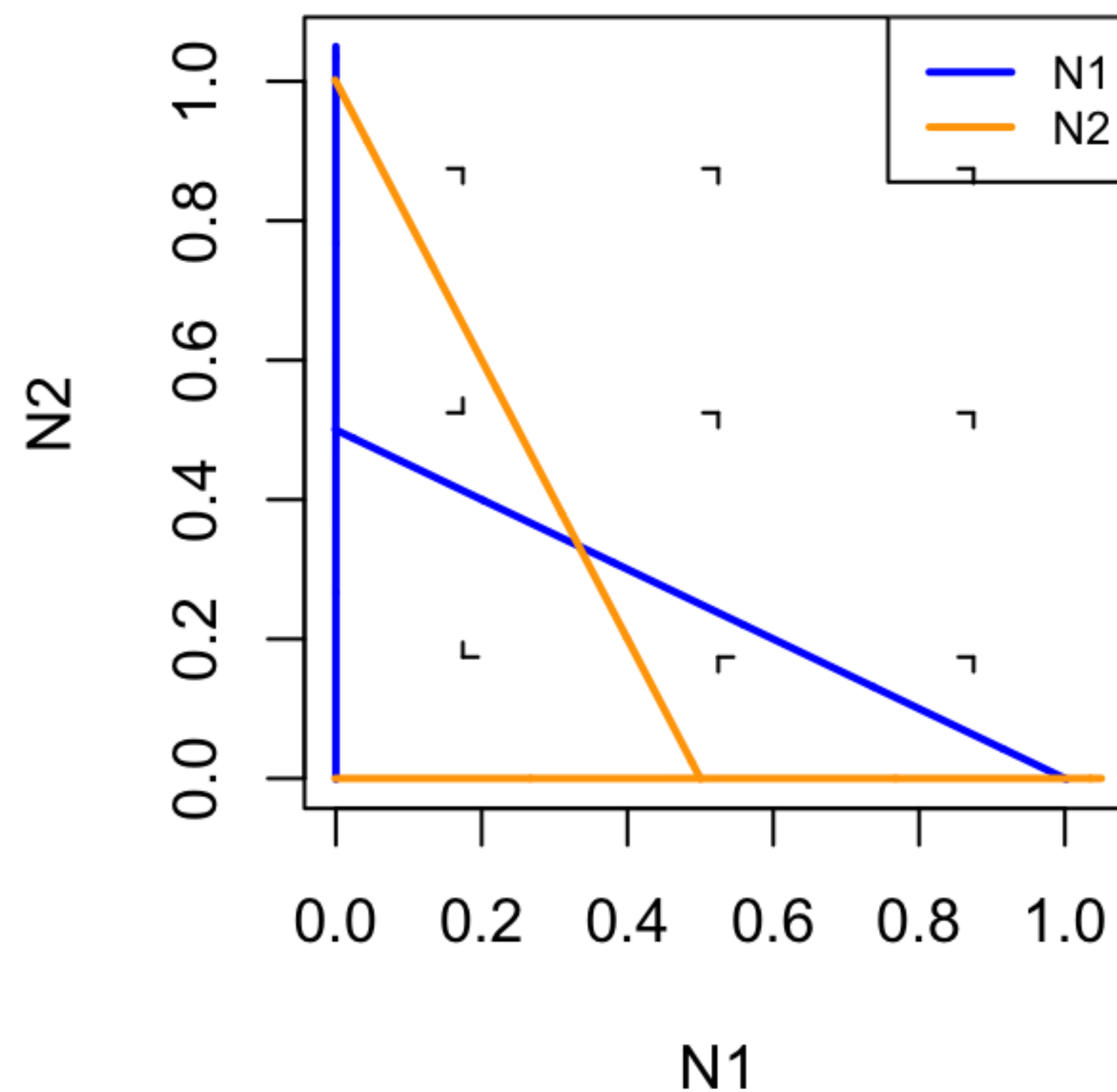
Andere competitieve parameters: ander resultaat!

LV competitie met sterke intraspecifieke competitie



Andere competitieve parameters: ander resultaat!

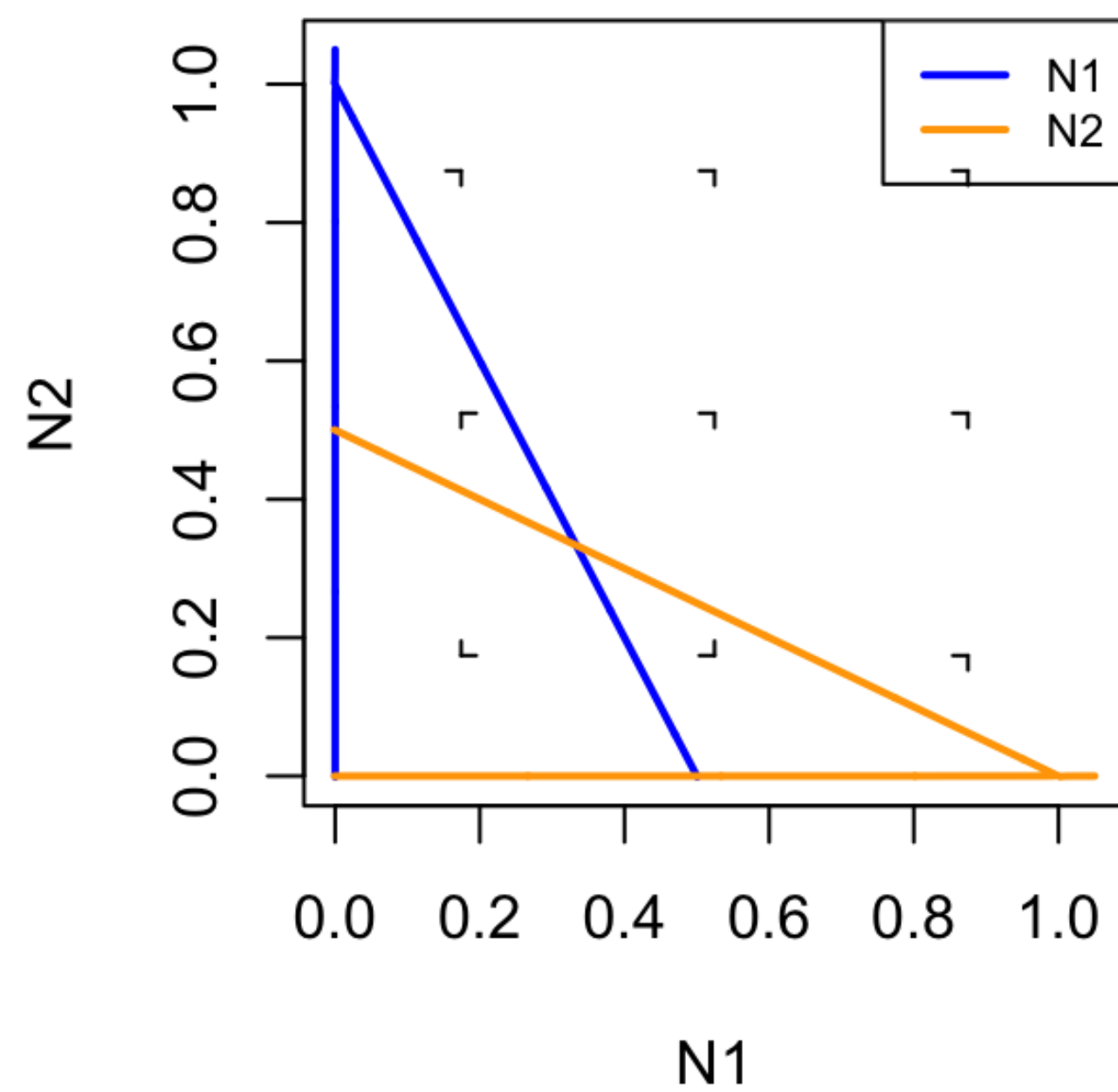
LV competitie met sterke interspecifieke competitie



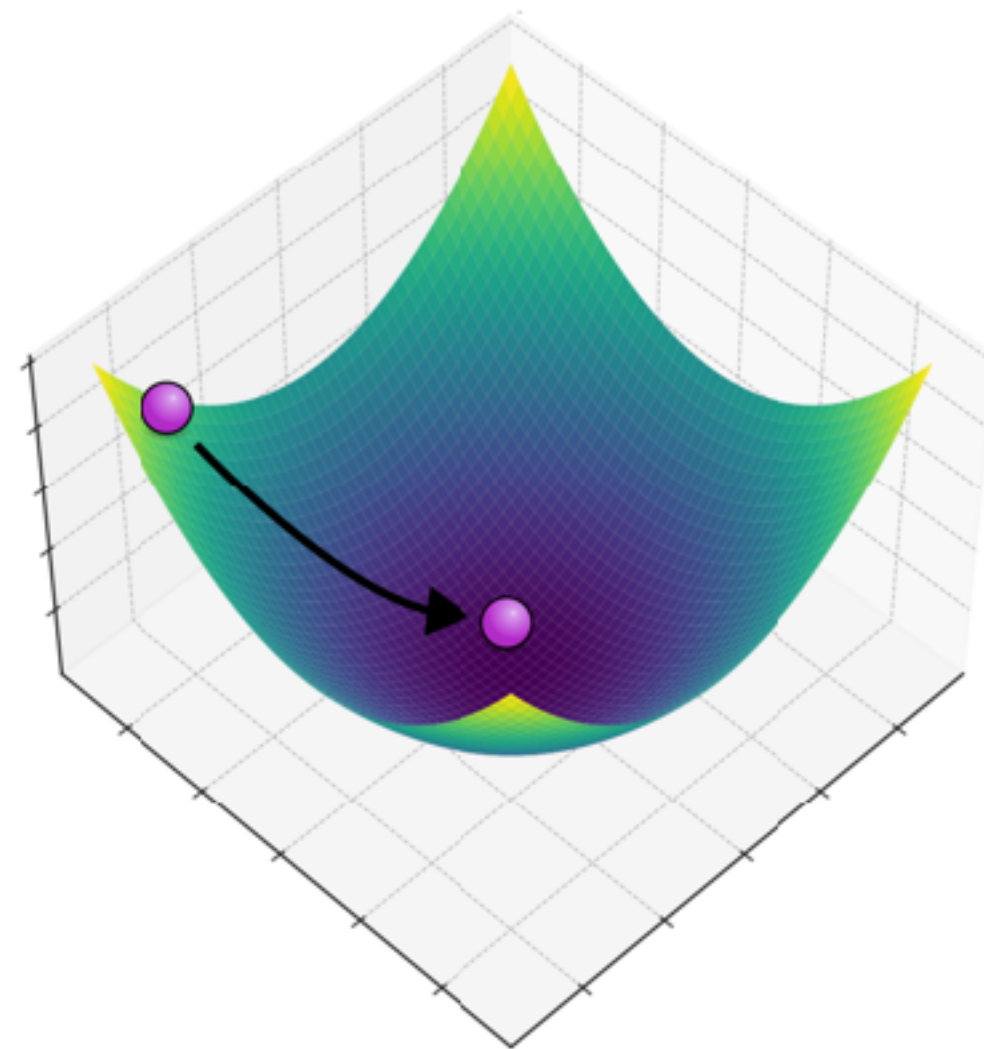
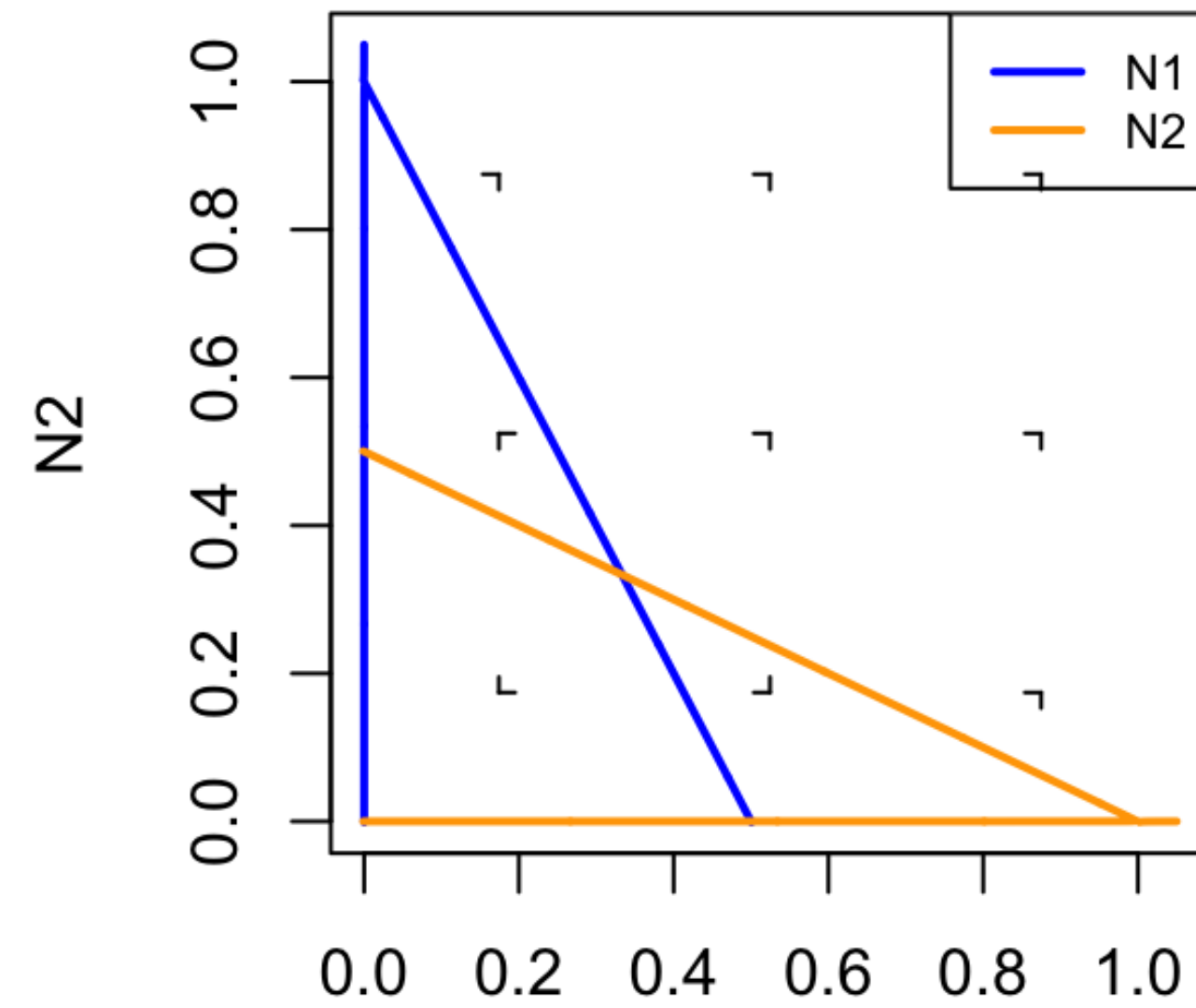
Competitieve exclusie en coexistentie

- Als een soort meer last heeft van zichzelf dan van een andere soort, dan kunnen de soorten samenleven (*coexistence*)
- Andersom: als een soort meer last heeft van de ander dan van hun eigen soort, dan kunnen de soorten *niet* samenleven
- Dit is de verwachting. Maar er is natuurlijk in de biologie nog veel meer aan de hand!

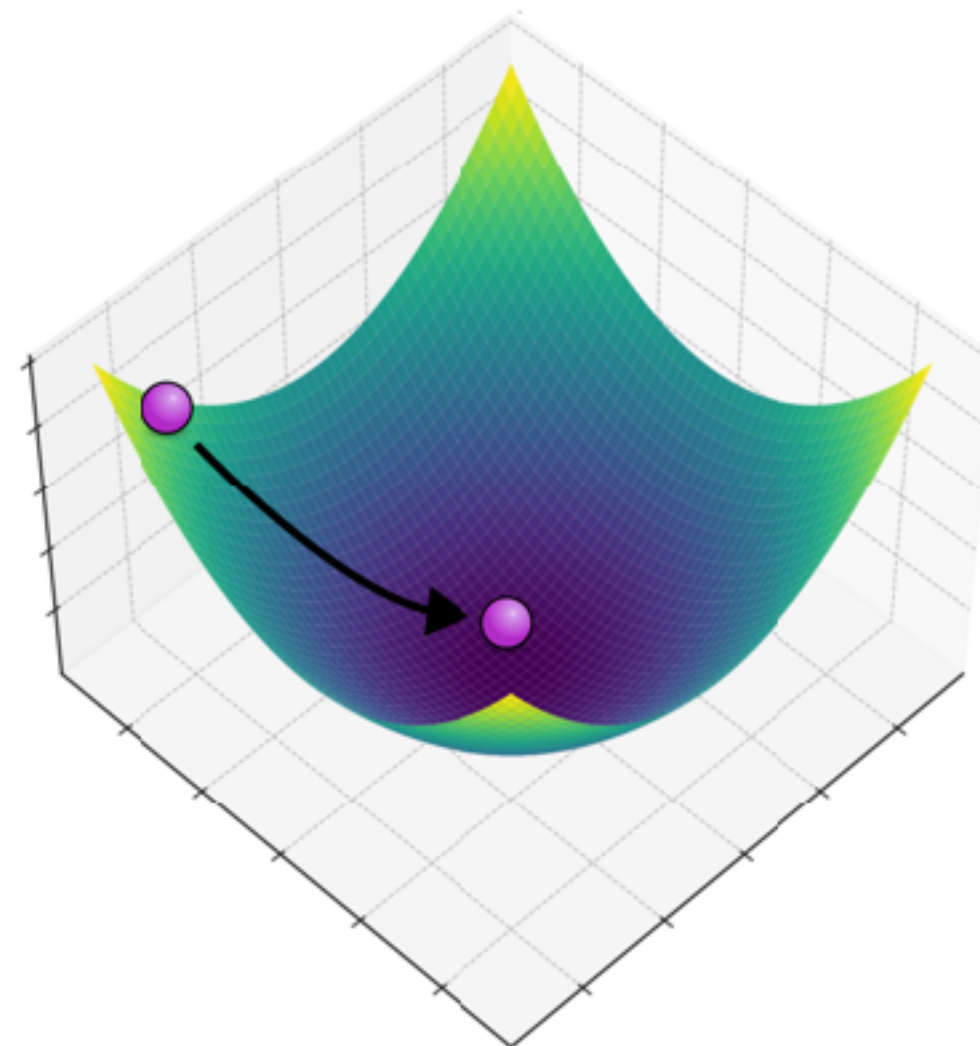
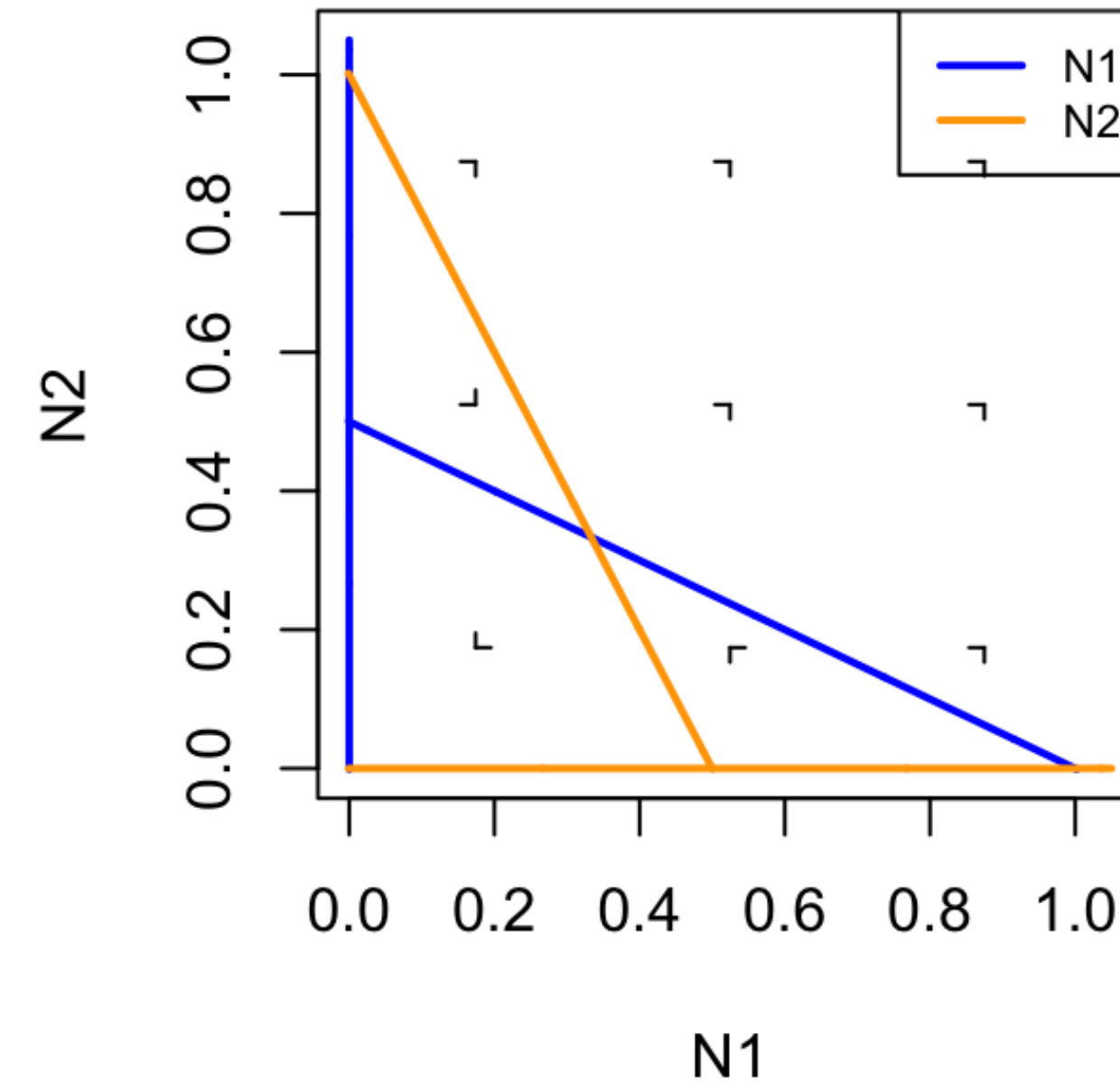
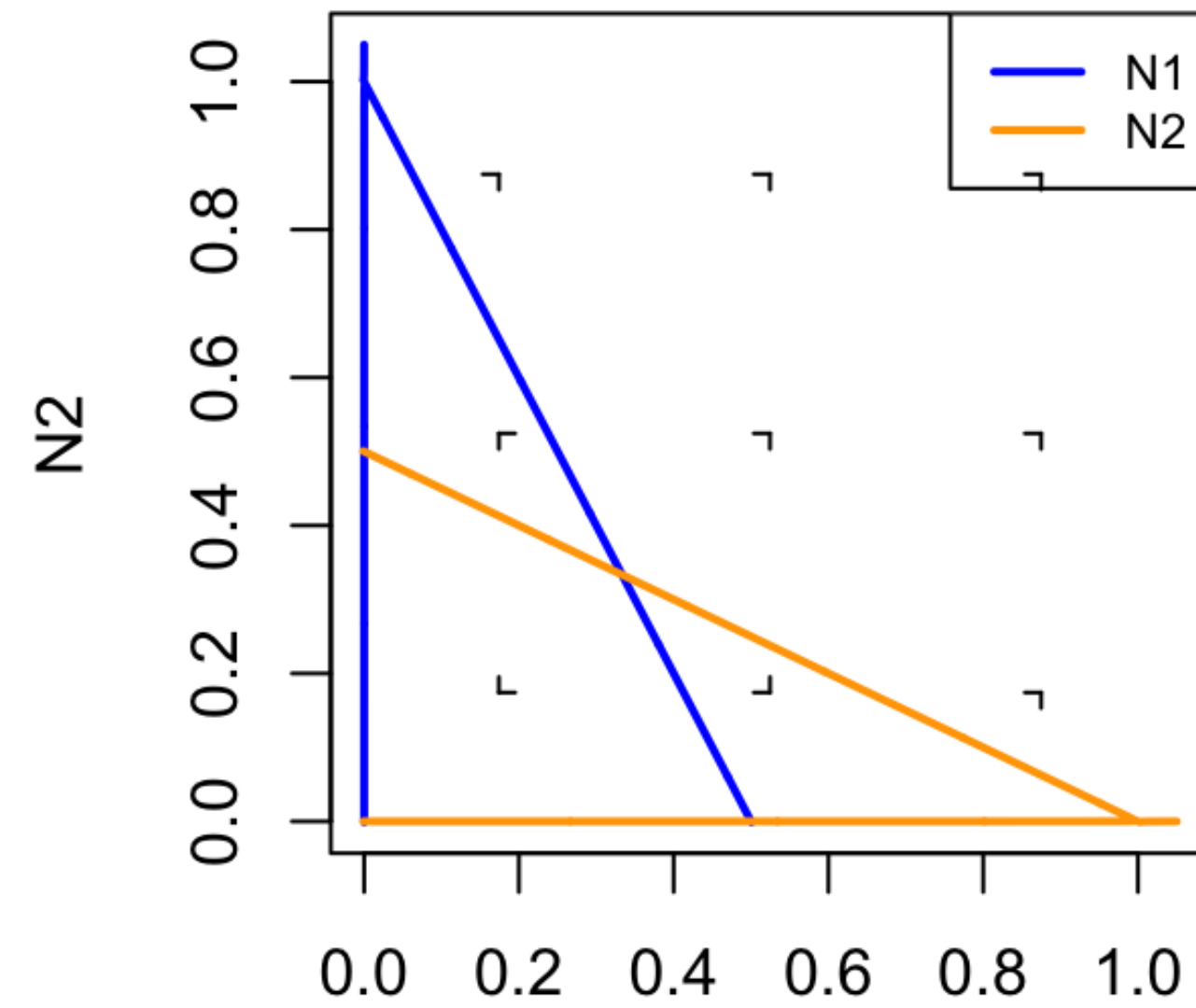
Verschillende evenwichten



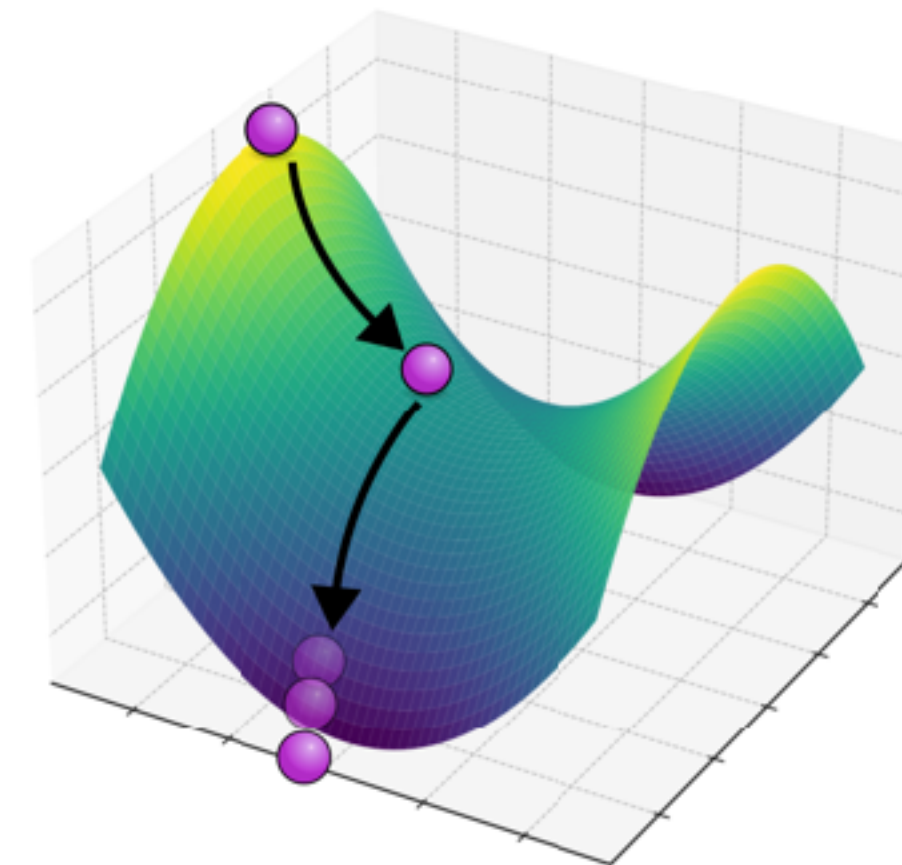
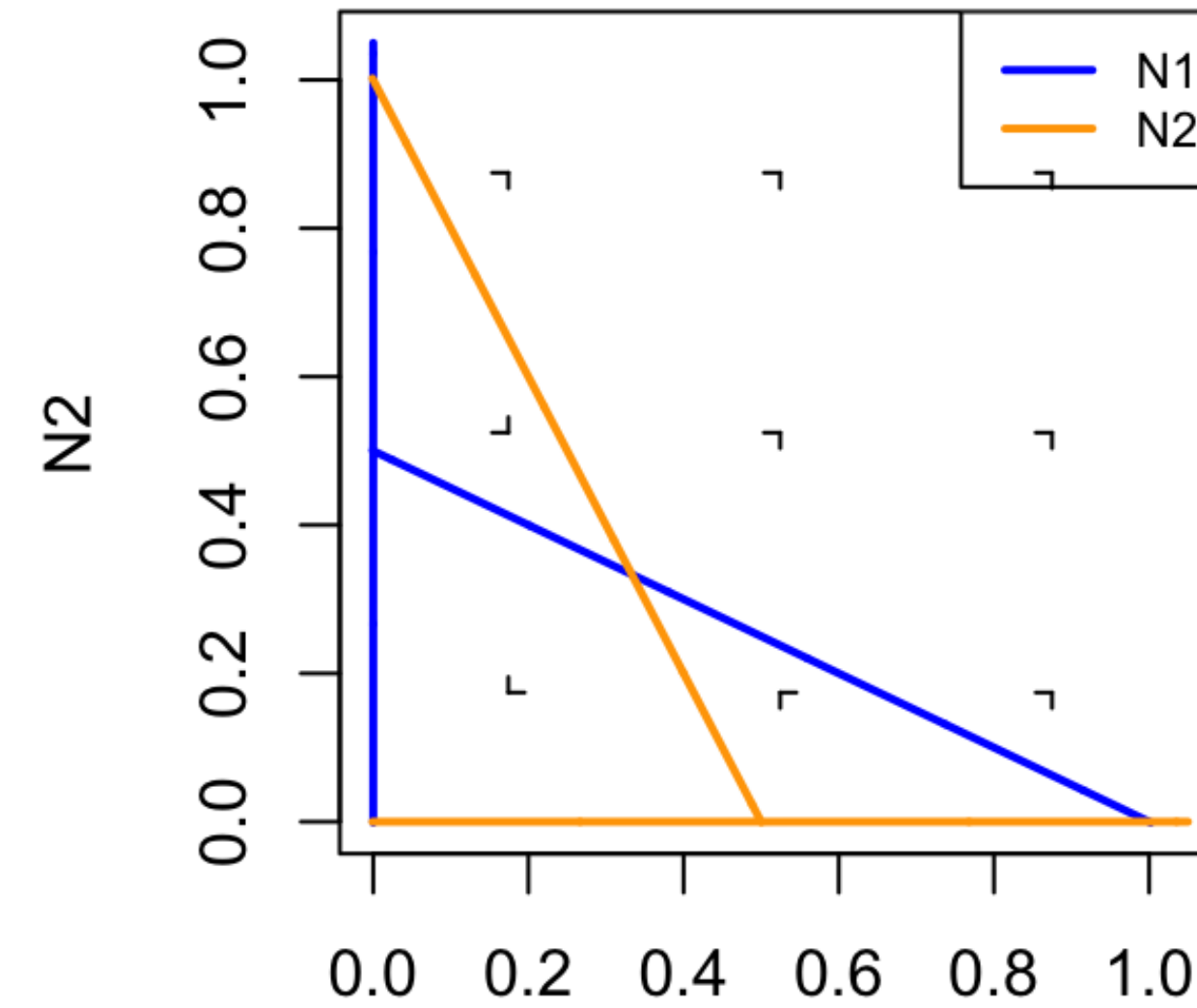
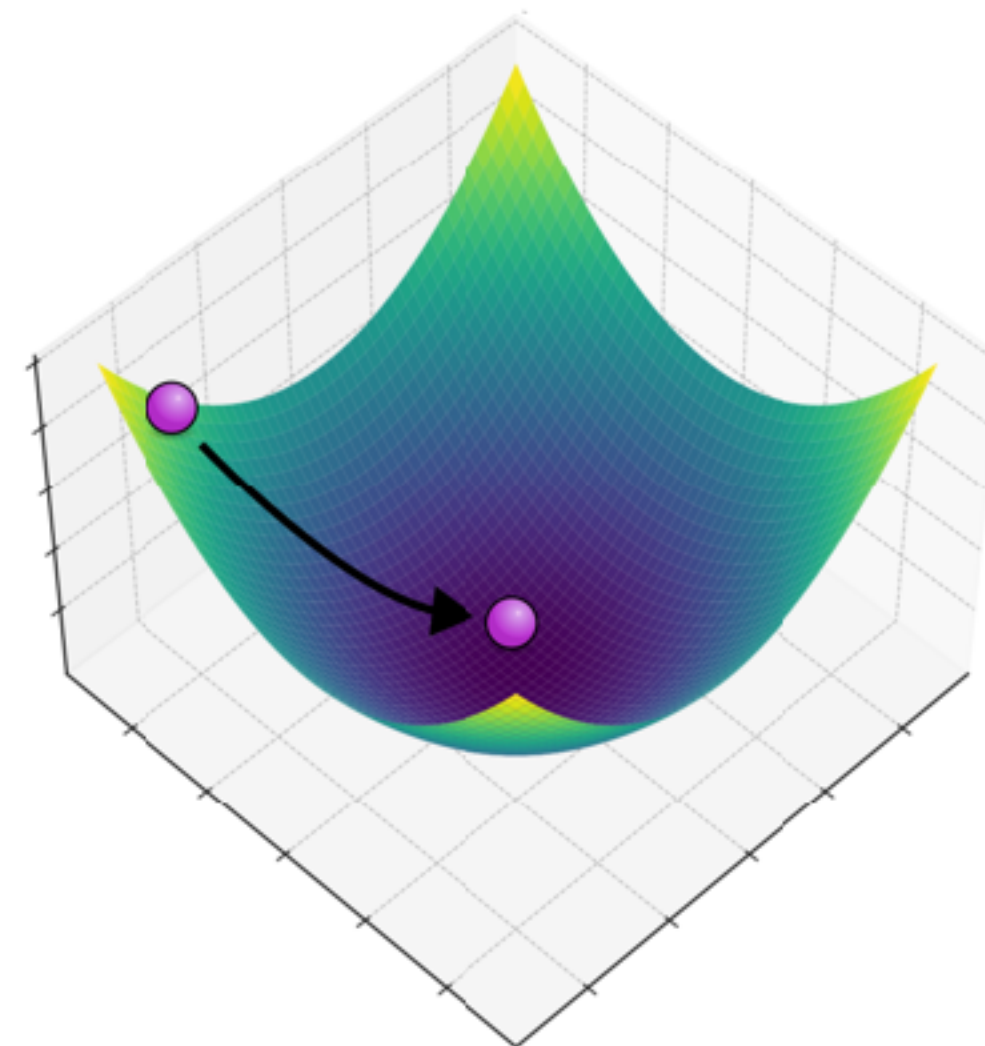
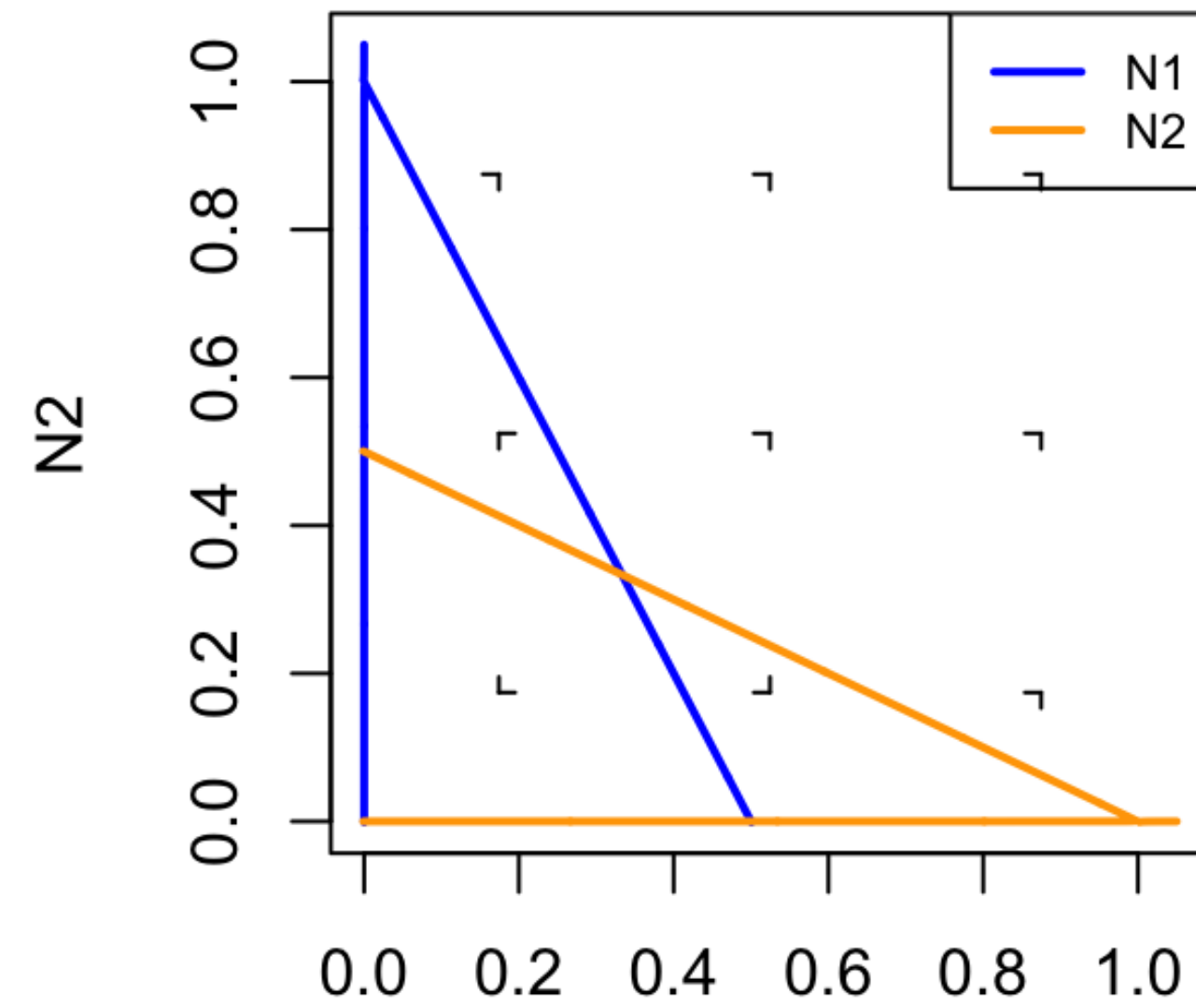
Verschillende evenwichten



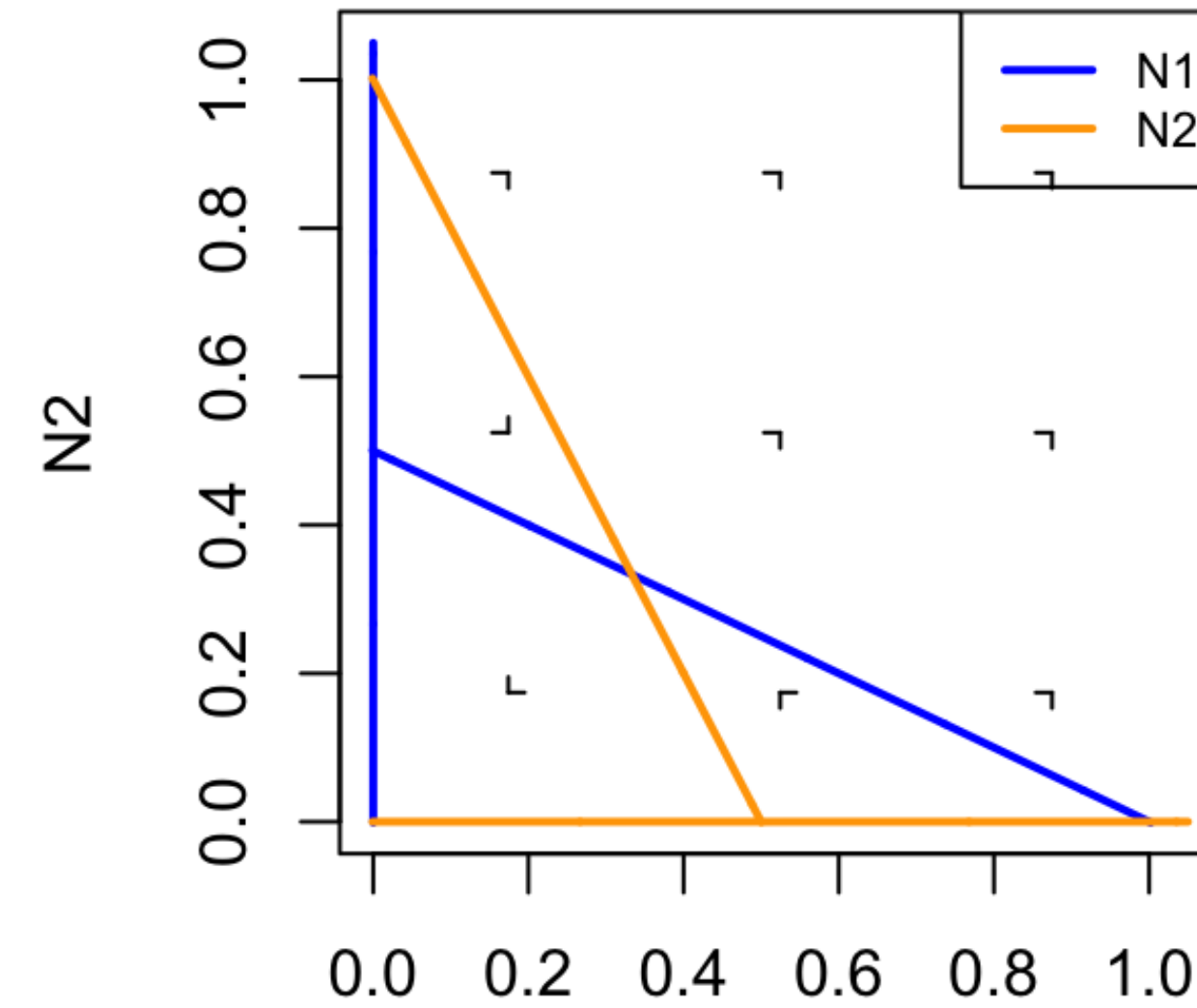
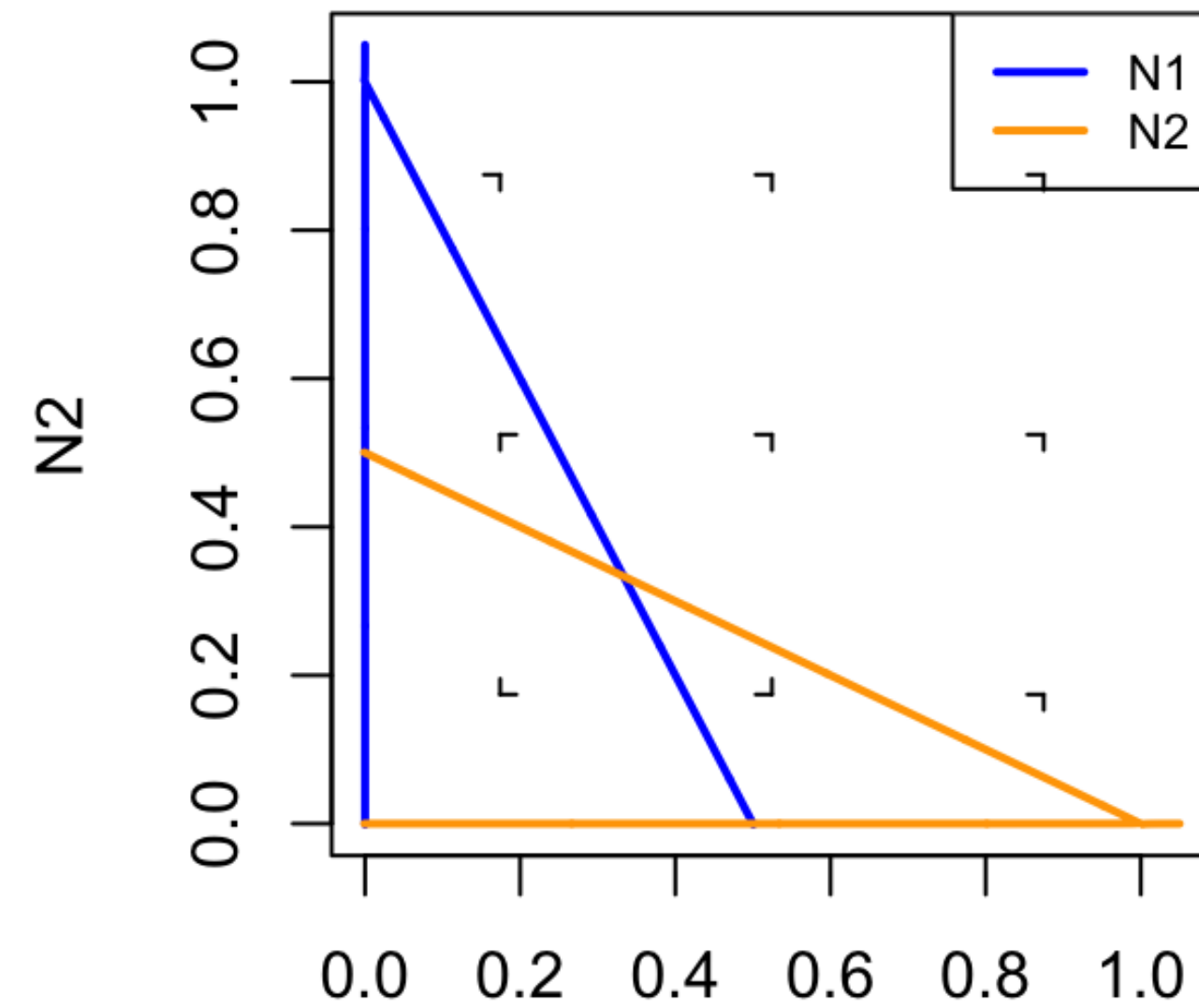
Verschillende evenwichten



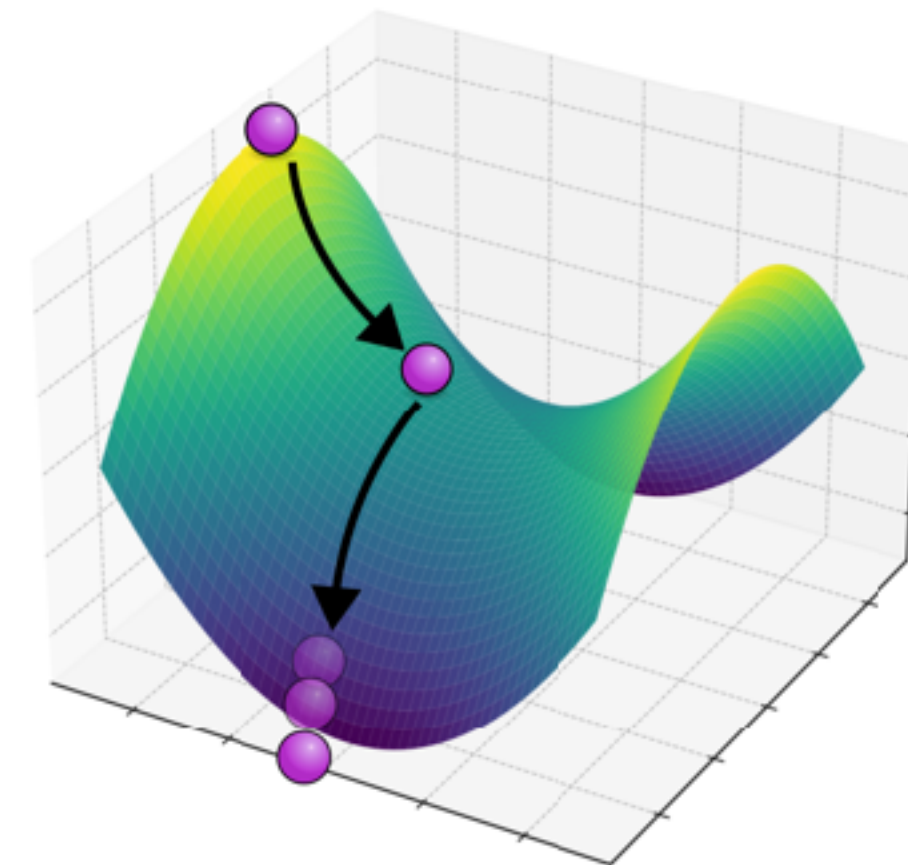
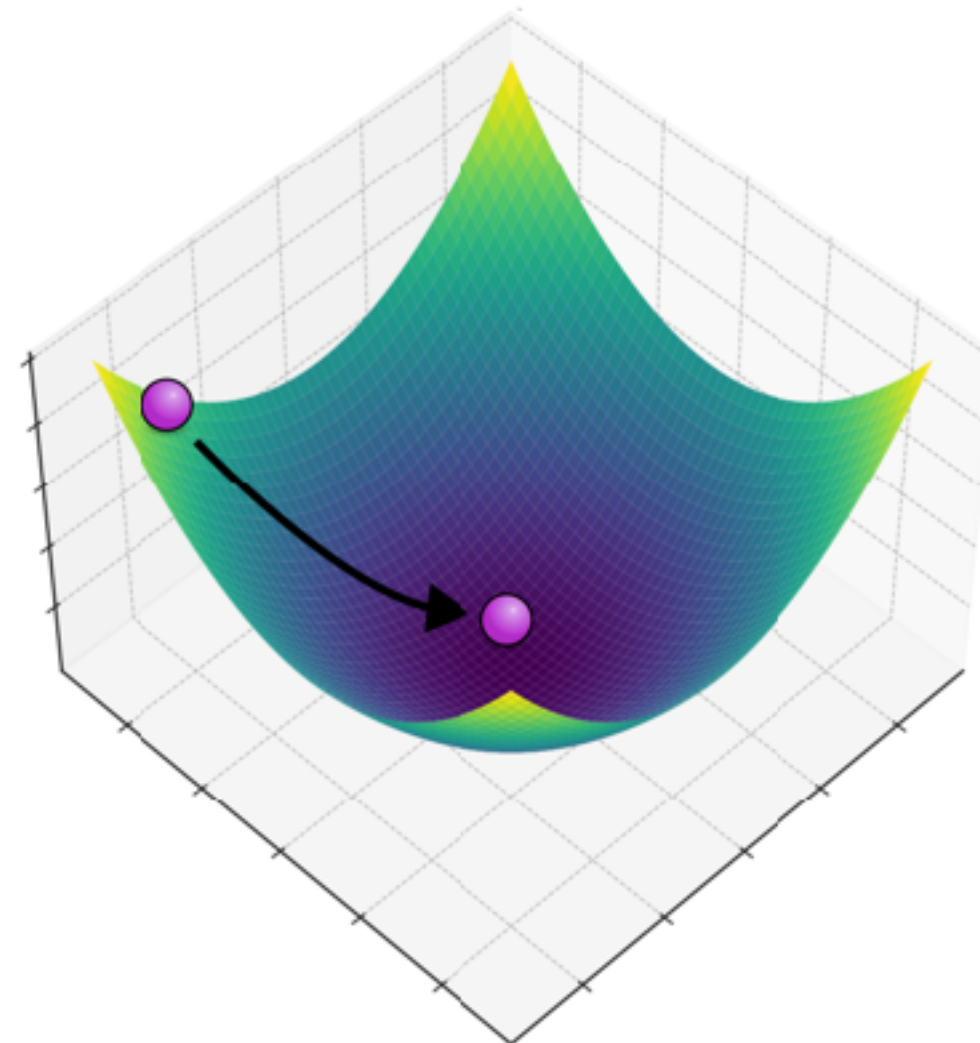
Verschillende evenwichten



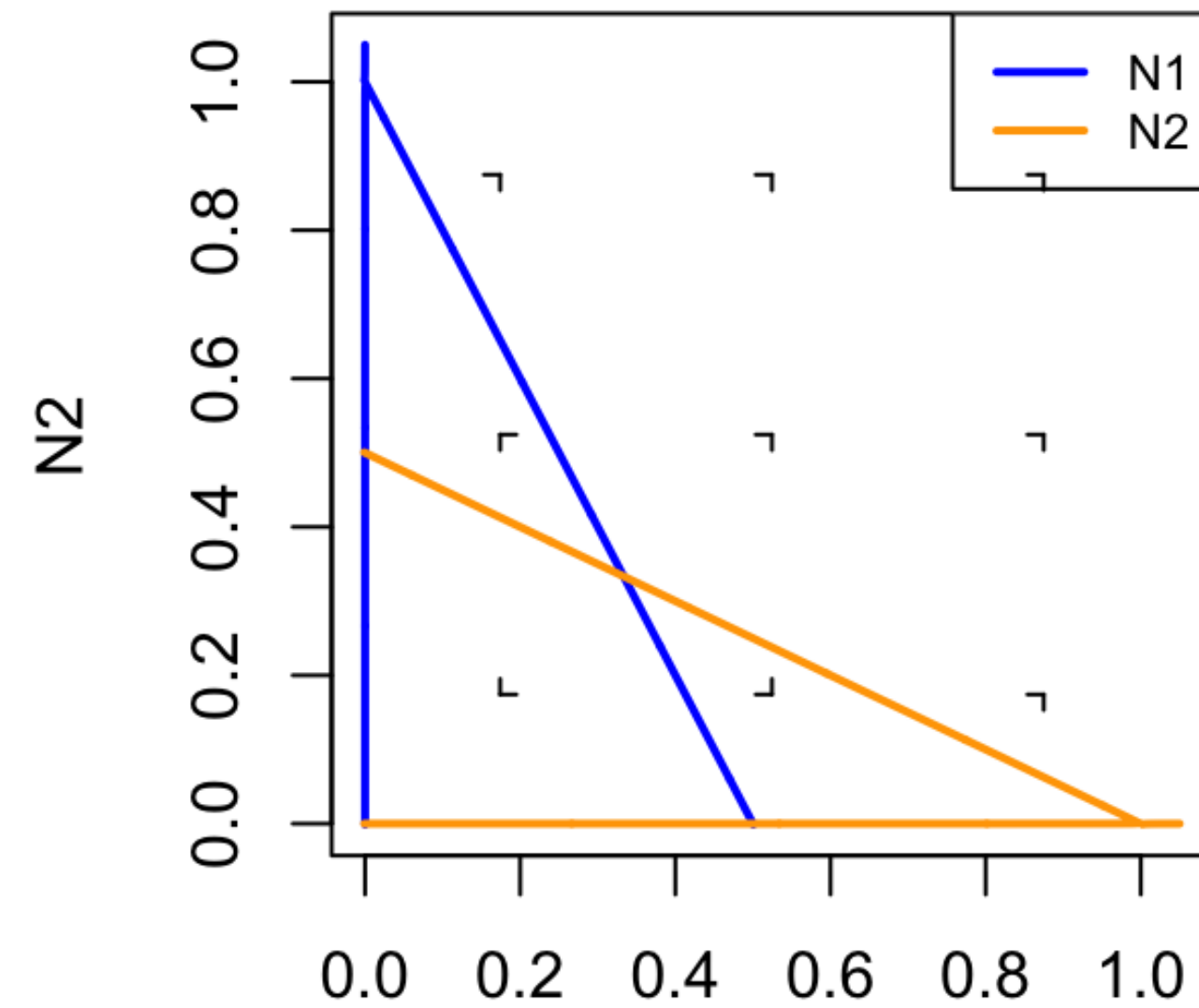
Verschillende evenwichten



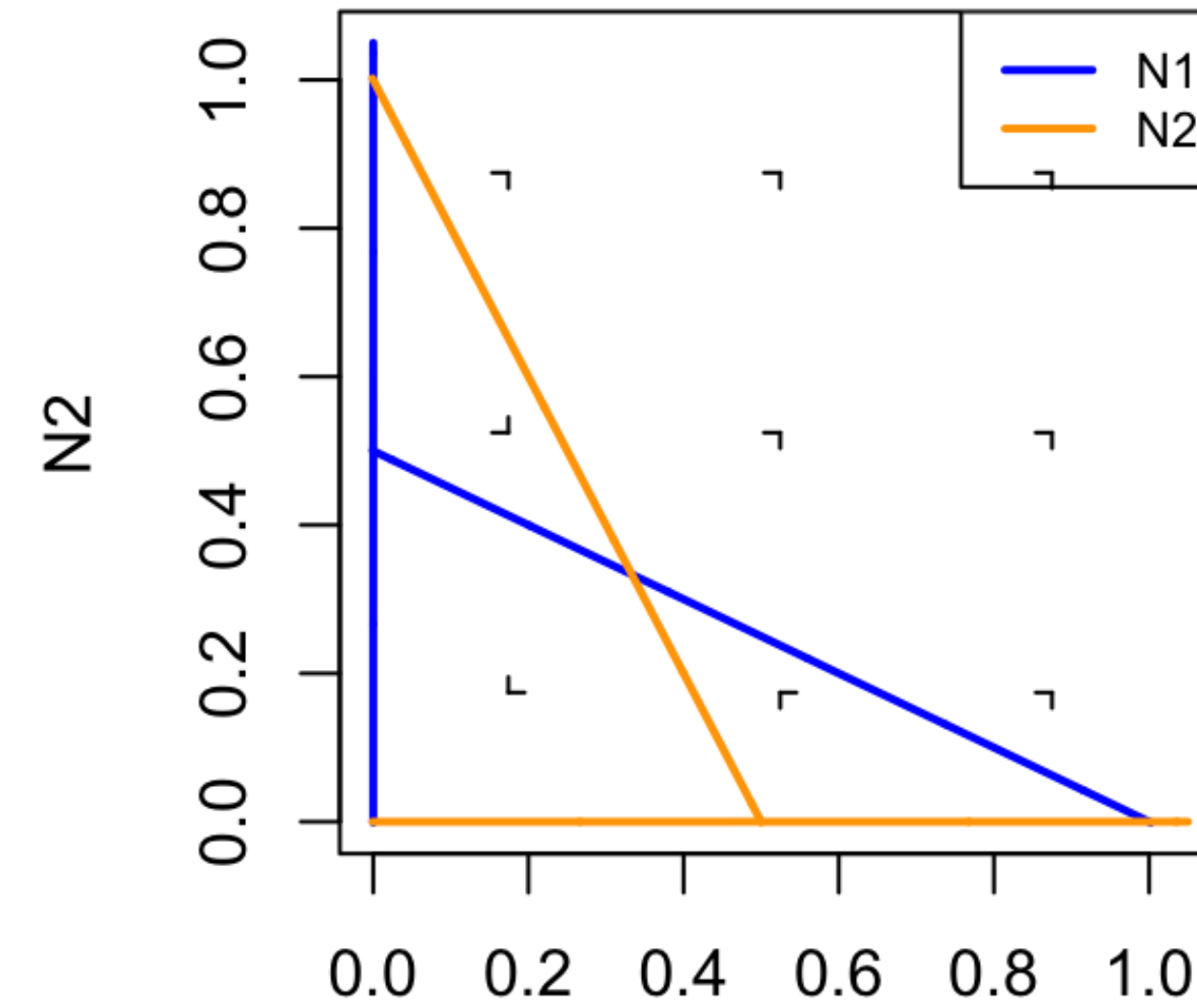
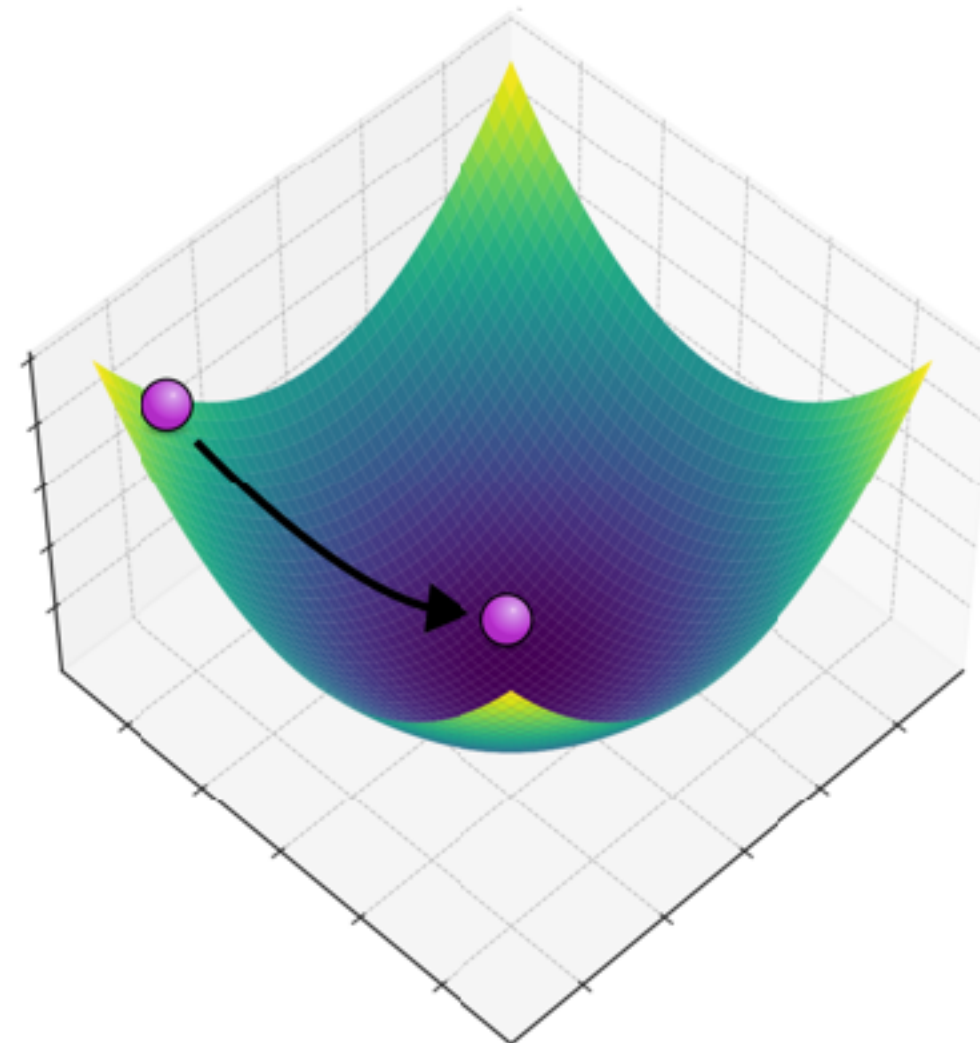
“Stabiel punt”



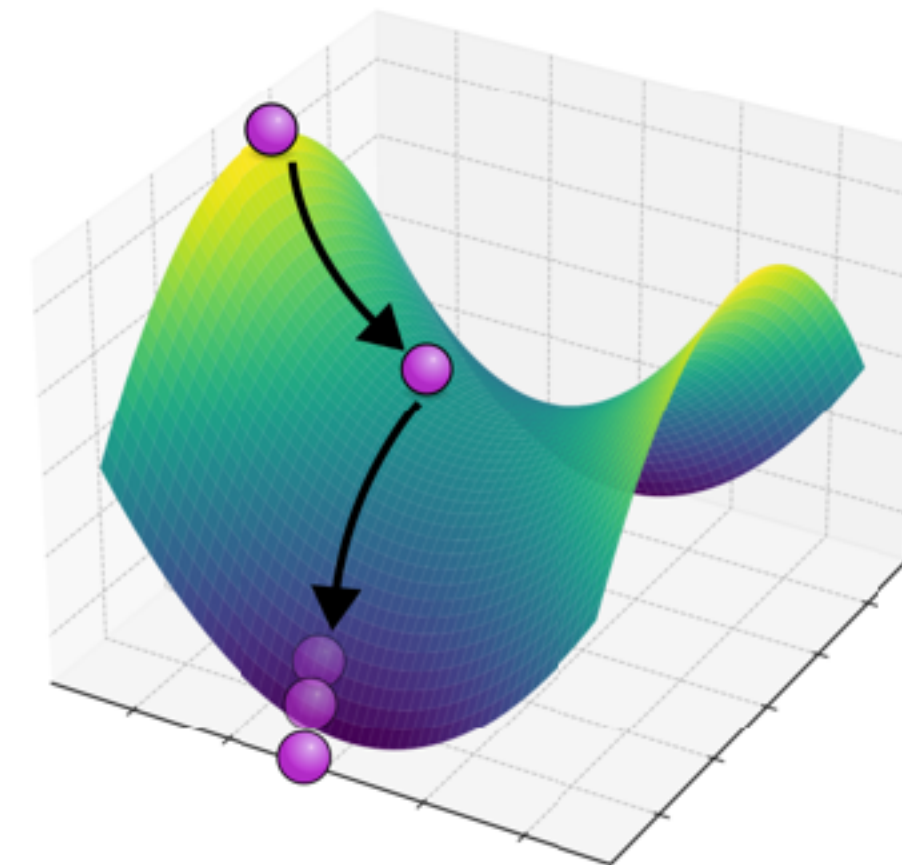
Verschillende evenwichten



“Stabiel punt”

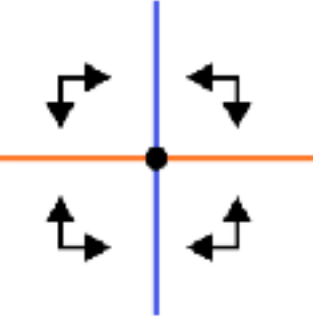
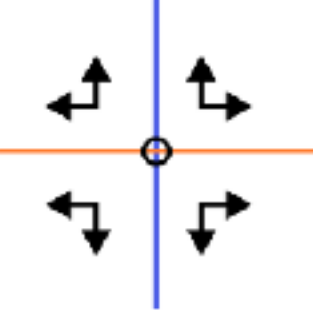
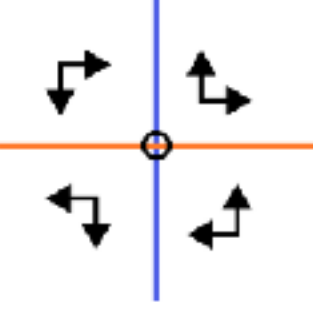
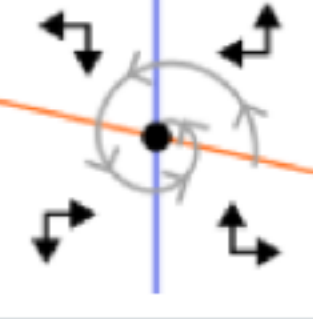
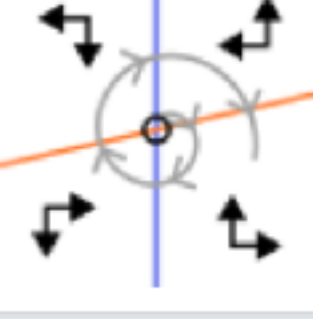


“Zadelpunt”

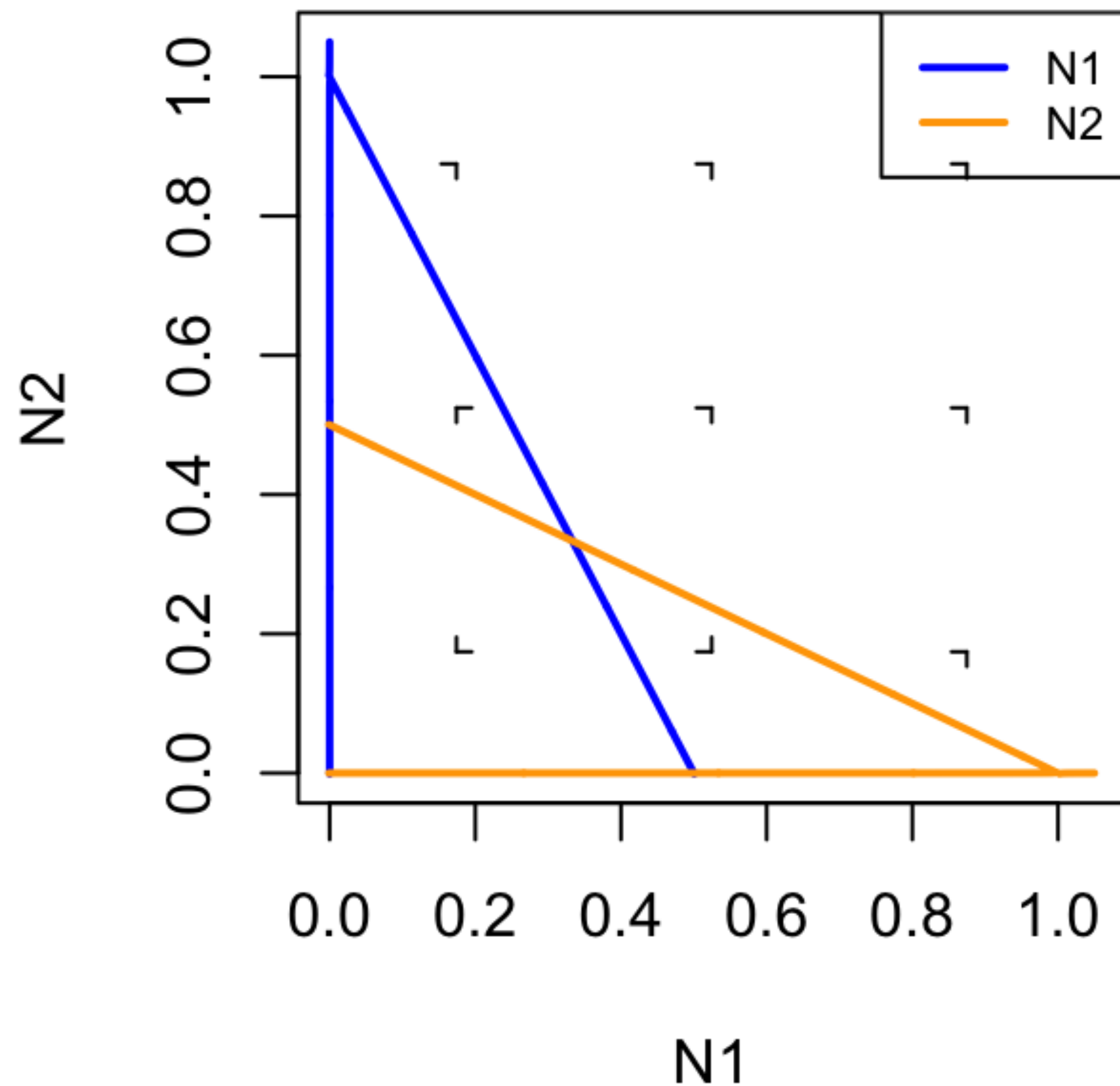


Verschillende evenwichten

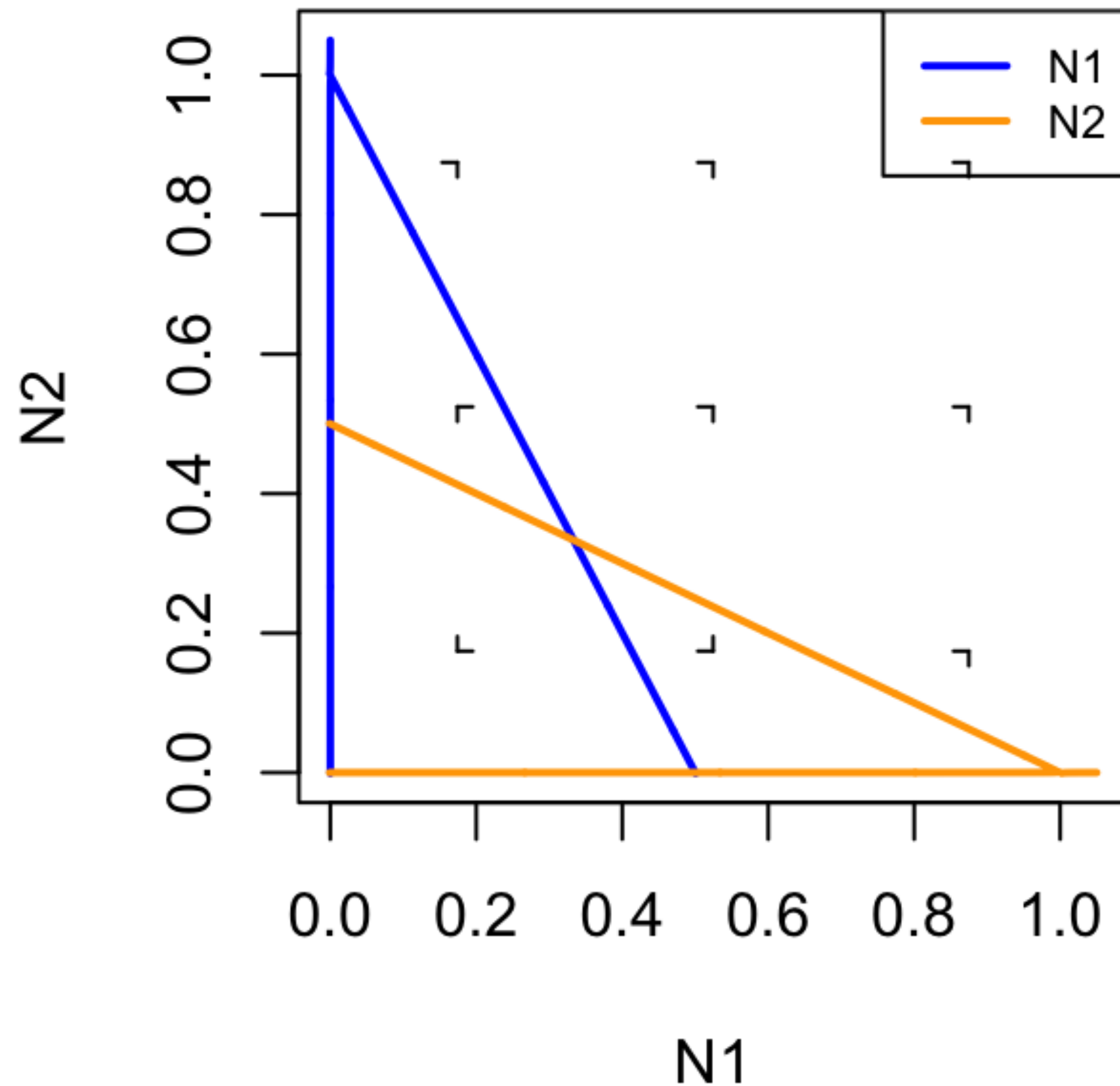
Tip 15.2: Type evenwichten

Evenwicht	Equilibrium	Beschrijving	Illustratie
Stabiel punt	Stable point	Alle pijltjes wijzen naar het evenwicht toe	
Instabiel punt	Unstable point	Alle pijltjes wijzen van het evenwicht weg.	
Zadelpunt	Saddle point	In één richting wijzen de pijlen naar het evenwicht toe, maar in de andere richting wijzen ze er juist vanaf.	
Stabiele spiraal	Stable spiral	Het vectorveld draait om het evenwicht heen, maar uiteindelijk beweegt het systeem naar het evenwicht toe.	
Instabiele spiraal	Unstable spiral	Het vectorveld draait om het evenwicht heen, en het systeem beweegt weg van het evenwicht.	

Ook evolutionaire vraagstukken!

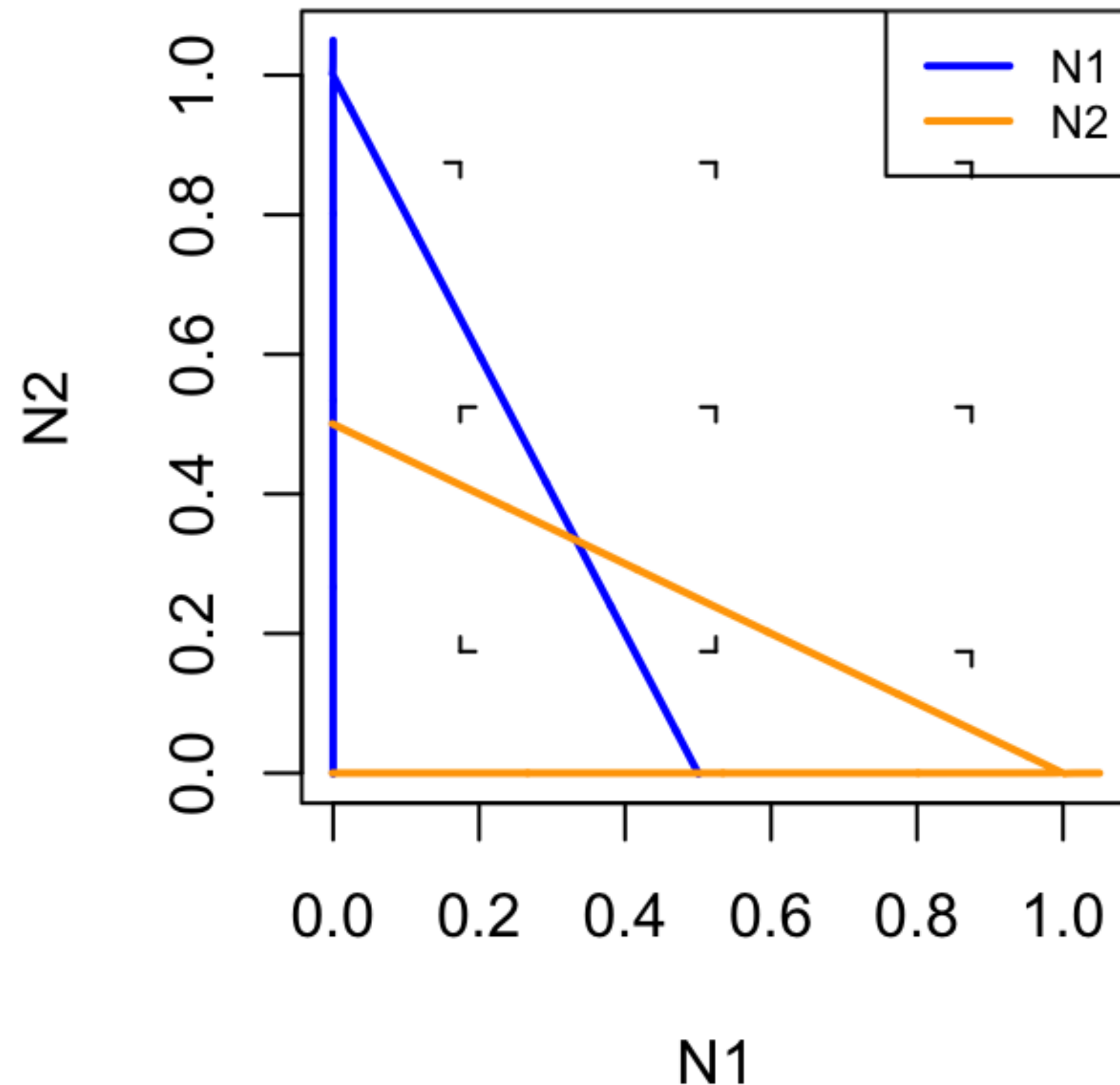


Ook evolutionaire vraagstukken!



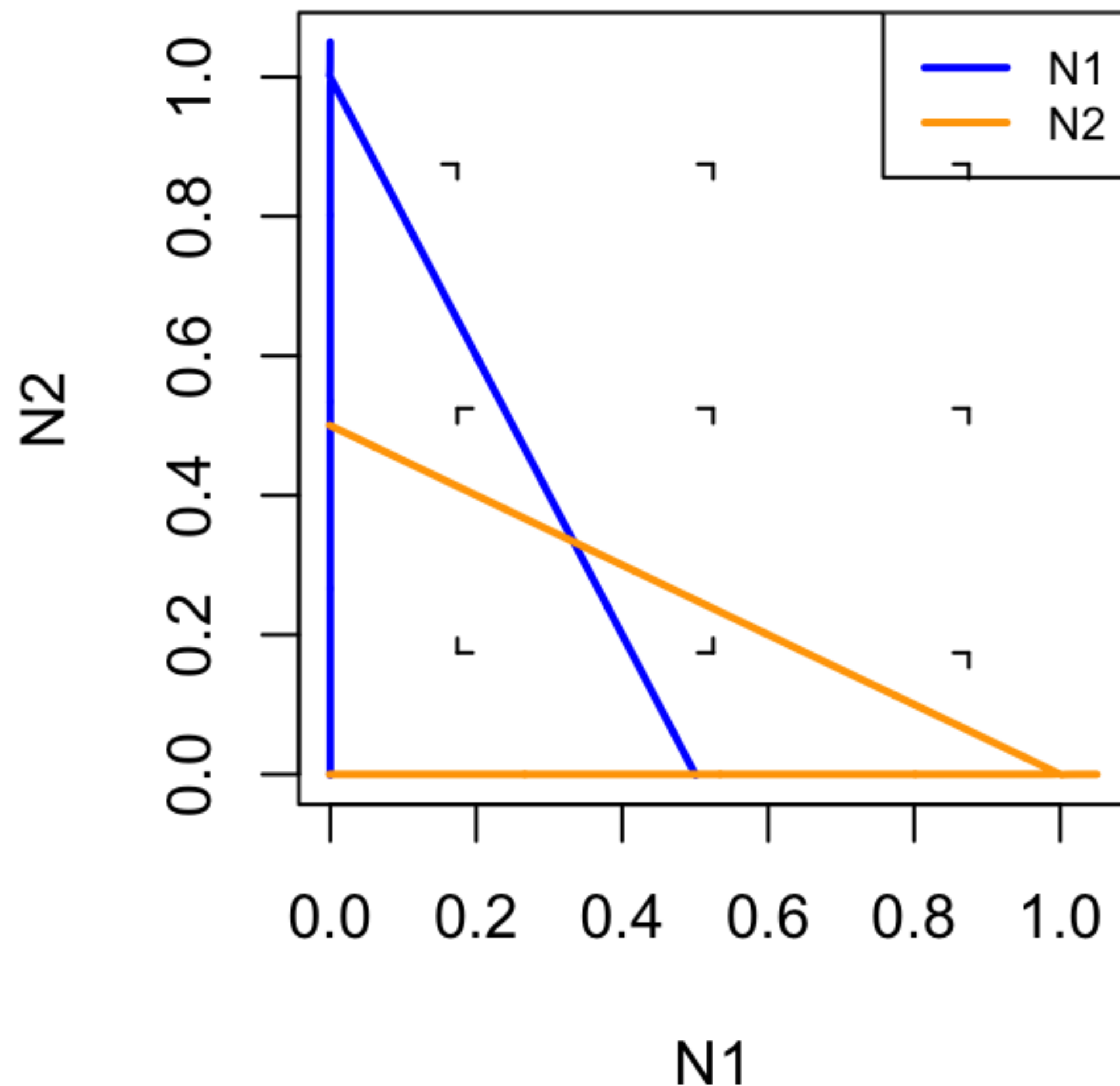
- Stel: $N1$ is een bestaande soort bij een dichtheid van $N1=0.5$

Ook evolutionaire vraagstukken!



- Stel: N1 is een bestaande soort bij een dichtheid van $N1=0.5$
- Er is een mutatie, waardoor N2 ontstaat $\rightarrow N2=0.001$

Ook evolutionaire vraagstukken!



- Stel: N1 is een bestaande soort bij een dichtheid van $N1=0.5$
- Er is een mutatie, waardoor N2 ontstaat $\rightarrow N2=0.001$
- Kan N2 invaderen? Vervangt deze de andere soort?

Mini-project

Biologische modellen > Mini-project

Mini-project

Toxine-producerende bacteriën

$$\begin{aligned}\frac{dX}{dt} &= a_1 X \left(1 - \frac{X+Y}{K}\right) - dX \\ \frac{dY}{dt} &= a_2 Y \left(1 - \frac{X+Y}{K}\right) - dY - cXY\end{aligned}$$

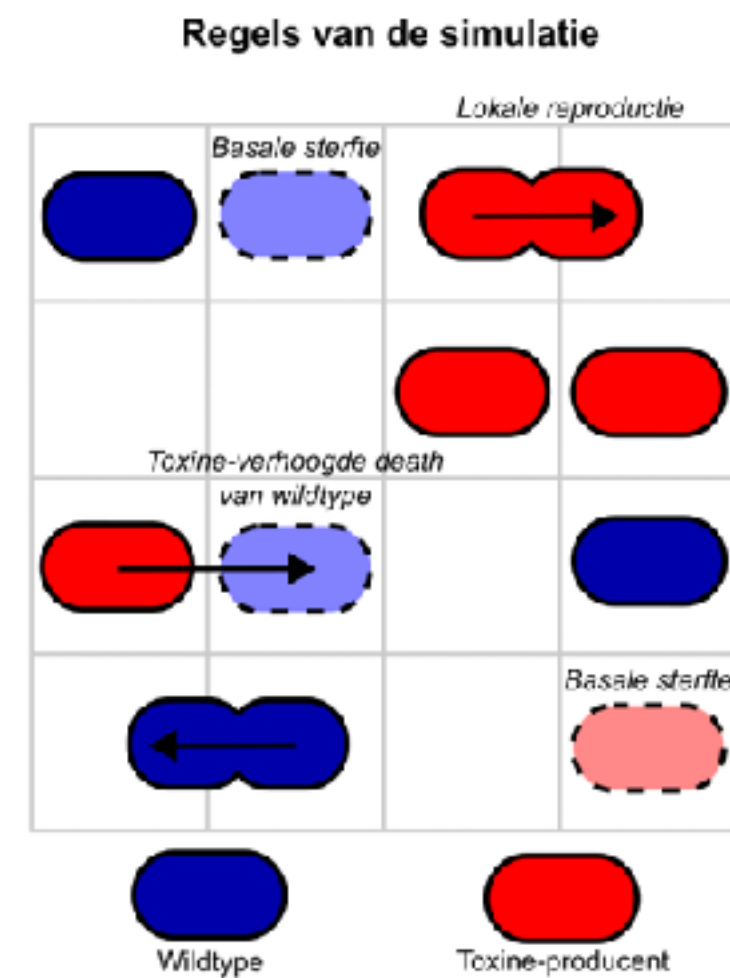
Mini-project

Biologische modellen > Mini-project

Mini-project

Toxine-producerende bacteriën

$$\begin{aligned}\frac{dX}{dt} &= a_1 X \left(1 - \frac{X+Y}{K}\right) - dX \\ \frac{dY}{dt} &= a_2 Y \left(1 - \frac{X+Y}{K}\right) - dY - cXY\end{aligned}$$



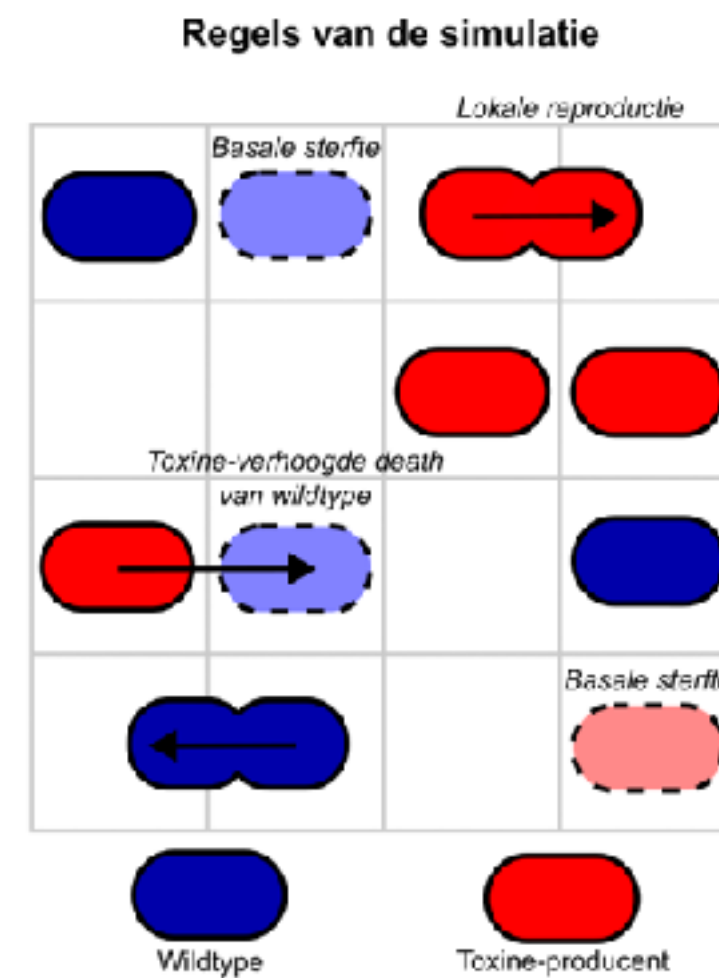
Mini-project

Biologische modellen > Mini-project

Mini-project

Toxine-producerende bacteriën

$$\begin{aligned}\frac{dX}{dt} &= a_1 X \left(1 - \frac{X+Y}{K}\right) - dX \\ \frac{dY}{dt} &= a_2 Y \left(1 - \frac{X+Y}{K}\right) - dY - cXY\end{aligned}$$



In dit cursusonderdeel schrijven jullie een kort verslag over het bovenstaande ODE model, en een computersimulatie die deze interacties in de ruimte simuleert. Dit verslag dient de volgende vorm te hebben:

- Een korte introductie (~200 woorden), waarin het onderwerp het het vraagstuk geïntroduceerd wordt.
- Stapsgewijs antwoorden op de vragen (a=..., b=..., etc.).
- Een korte conclusie (1-2 zinnen)

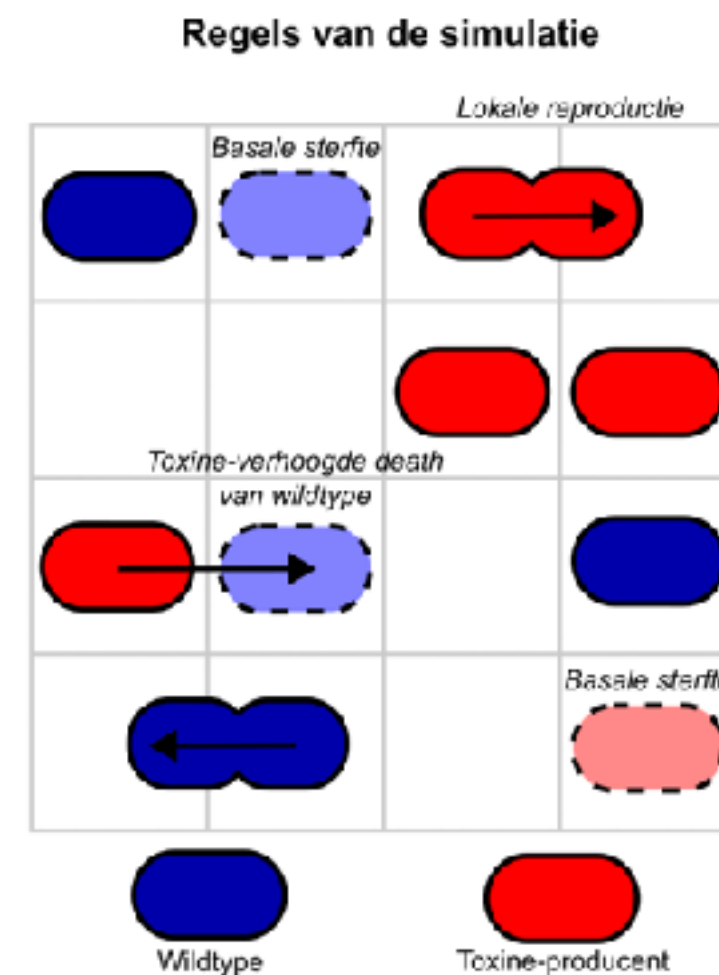
Mini-project

Biologische modellen > Mini-project

Mini-project

Toxine-producerende bacteriën

$$\begin{aligned}\frac{dX}{dt} &= a_1 X \left(1 - \frac{X+Y}{K}\right) - dX \\ \frac{dY}{dt} &= a_2 Y \left(1 - \frac{X+Y}{K}\right) - dY - cXY\end{aligned}$$



In dit cursusonderdeel schrijven jullie een kort verslag over het bovenstaande ODE model, en een computersimulatie die deze interacties in de ruimte simuleert. Dit verslag dient de volgende vorm te hebben:

- Een korte introductie (~200 woorden), waarin het onderwerp het het vraagstuk geïntroduceerd wordt.
- Stapsgewijs antwoorden op de vragen (a=..., b=..., etc.).
- Een korte conclusie (1-2 zinnen)
- Bijlage: ingevuld samenwerkingsformulier

Mini-project

Biologische modellen > Mini-project

Mini-project

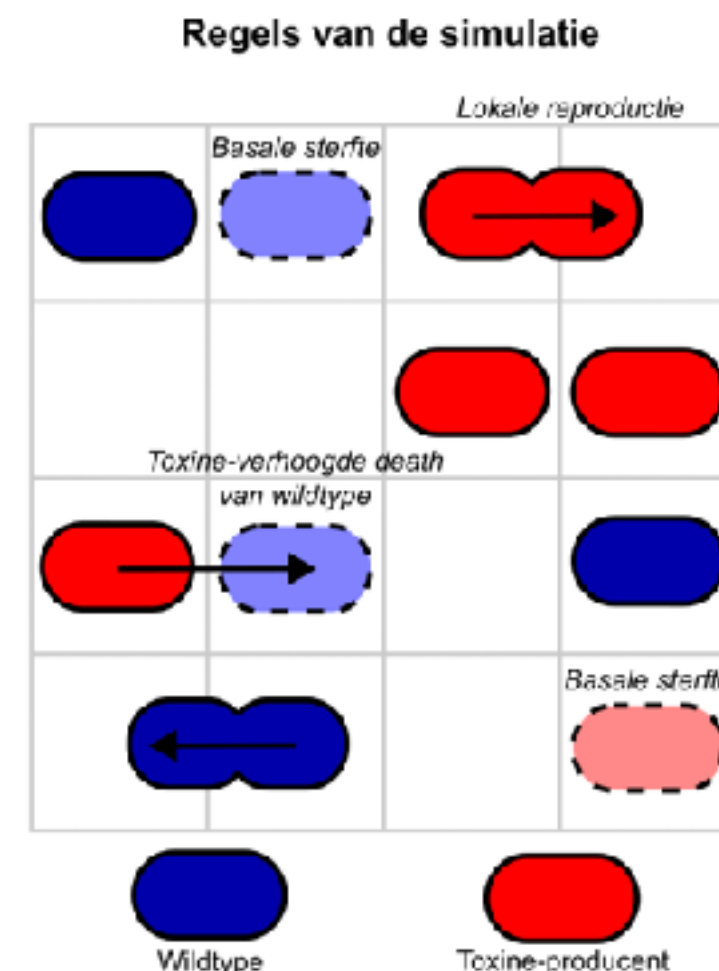
Toxine-producerende bacteriën

$$\begin{aligned}\frac{dX}{dt} &= a_1 X \left(1 - \frac{X+Y}{K}\right) - dX \\ \frac{dY}{dt} &= a_2 Y \left(1 - \frac{X+Y}{K}\right) - dY - cXY\end{aligned}$$

In dit cursusonderdeel schrijven jullie een kort verslag over het bovenstaande ODE model, en een computersimulatie die deze interacties in de ruimte simuleert. Dit verslag dient de volgende vorm te hebben:

- Een korte introductie (~200 woorden), waarin het onderwerp het het vraagstuk geïntroduceerd wordt.
- Stapsgewijs antwoorden op de vragen (a=..., b=..., etc.).
- Een korte conclusie (1-2 zinnen)

- Bijlage: ingevuld samenwerkingsformulier



AutoSave

samenwerkings_startformulier - Saved to my Map

Home Insert Draw Design Layout References Mailings Review View Developer Zotero

Calibri (Bo... 14 A⁺ A⁻ Aa v Aa v

Paste B I U v x₁ x₂ A v A v

Normal No Spacing Heading 1 Heading 2 Title Styles Pane

Cursus: Namen:

Beginnen met de samenwerking

In een groep zitten meestal mensen met verschillende persoonlijkheden en andere manieren werken. Duidelijke en respectvolle communicatie is dus belangrijk om een samenwerking soepel laten verlopen. Dit doe je door van tevoren verwachtingen te bespreken en afspraken te maken maar ook tijdens het proces te reflecteren, communiceren en bij te sturen.

Taak

Begin met het creëren van een overzicht. Bespreek eerst de taak: wat moeten we opleveren? wordt er van ons gevraagd en wanneer moet het klaar zijn? *Let op: Heeft iedereen hetzelfde idee taak?*

Manier van werken

Logistiek mini-project

Logistiek mini-project

- We vormen groepjes van 3. Deze registeren we **vandaag/maandag bij werkcollege**. Schrijf je in **via Blackboard en bij je assistent** (vóór maandag).

Logistiek mini-project

- We vormen groepjes van 3. Deze registeren we **vandaag/maandag bij werkcollege**. Schrijf je in **via Blackboard en bij je assistent** (vóór maandag).
- Dit projectje is vooral een **langere** werkcollege vraag

Logistiek mini-project

- We vormen groepjes van 3. Deze registeren we **vandaag/maandag bij werkcollege**. Schrijf je in **via Blackboard en bij je assistent** (vóór maandag).
- Dit projectje is vooral een **langere** werkcollege vraag
- Jullie gebruiken ook **grind.R**, en bekijken een simulatiemodel in **Cacatoo**.

Logistiek mini-project

- We vormen groepjes van 3. Deze registeren we **vandaag/maandag bij werkcollege**. Schrijf je in **via Blackboard en bij je assistent** (vóór maandag).
- Dit projectje is vooral een **langere** werkcollege vraag
- Jullie gebruiken ook **grind.R**, en bekijken een simulatiemodel in **Cacatoo**.
- Het verslag lever je in vóór **donderdag 6 maart 23.00** via Blackboard. Je kan meerdere keren inleveren, en we beoordelen de laatste inzending.

Logistiek mini-project

- We vormen groepjes van 3. Deze registeren we **vandaag/maandag bij werkcollege**. Schrijf je in **via Blackboard en bij je assistent** (vóór maandag).
- Dit projectje is vooral een **langere** werkcollege vraag
- Jullie gebruiken ook **grind.R**, en bekijken een simulatiemodel in **Cacatoo**.
- Het verslag lever je in vóór **donderdag 6 maart 23.00** via Blackboard. Je kan meerdere keren inleveren, en we beoordelen de laatste inzending.
- Het verslag telt voor 10% mee voor de gehele cursus. Herkansen is niet mogelijk.

Logistiek mini-project

- We vormen groepjes van 3. Deze registeren we **vandaag/maandag bij werkcollege**. Schrijf je in **via Blackboard en bij je assistent** (vóór maandag).
- Dit projectje is vooral een **langere** werkcollege vraag
- Jullie gebruiken ook **grind.R**, en bekijken een simulatiemodel in **Cacatoo**.
- Het verslag lever je in vóór **donderdag 6 maart 23.00** via Blackboard. Je kan meerdere keren inleveren, en we beoordelen de laatste inzending.
- Het verslag telt voor 10% mee voor de gehele cursus. Herkansen is niet mogelijk.
- De werkcolleges gaan volgende week door, hoewel er genoeg tijd is. Maar voor dit project gebruik je dus ook de **zelfstudietijd**.





- Het Rscript 'grind.R' maakt het analyseren van ODE modellen eenvoudiger, zelfs als we een 3D, 4D, of 100D vergelijking bestuderen.
- Met meerdere populaties heb je niet alleen **stabiele** en **instabiele** evenwichten, maar allerlei varianten: stabiele en instabiele spiralen, stabiele en instabiele punten, en zadelpunten (ook instabiël!).
- Evenwichten kunnen veranderen als je een parameter aanpast (bijvoorbeeld K verhogen). Dit wordt vaak weergegeven in een **bifurcatiediagram**, zodat je kan aflezen wat er met de populaties gebeurt als een parameter verandert.
- De stabiliteit van evenwichten vertaalt zich in **ecologische / evolutionary vraagstukken**: kunnen soorten samenleven? Kan een mutant zich verspreiden?
- *Dat laatste punt is voor het mini-project erg belangrijk. Jullie kunnen daar vanaf vandaag aan werken.*

**Werkcollege = Vraag 15.1 t/m 15.4
(15.5 is verdiepend)**