



Booklet

Computational Statistics / Computerintensive Methoden
Sommersemester 2025

Abgabedatum: 21. April 2025

Name: Safouan Er-Ryfy, Matrikelnummer: 1123598

Name: Bakri Badet, Matrikelnummer: 1125983

Inhaltsverzeichnis

1. Verbreitung von Krankheiten	3
A1. SIR Modell	3
a) Der Verlauf der Verbreitung simulieren	3
b) Hygienevorschriften	4
c) Kontakteinschränkung	4
d) Kombination aus HygienemaSSnahmen und Kontaktbeschränkungen	6
e) Zeit variieren	7
A2. SIS Modell	8
a. SIR und SIS vergleichen	8
b. Mögliche Erweiterung: Virusvarianten	9
c. Weitere Herausforderungen: Impfungen	9

1. Verbreitung von Krankheiten

A1. SIR Modell

Aufgabestellung:

Wir verwenden SIR (Susceptible, Infectious, Recover) Modell als *stochastic individual contact model (ICM)*.

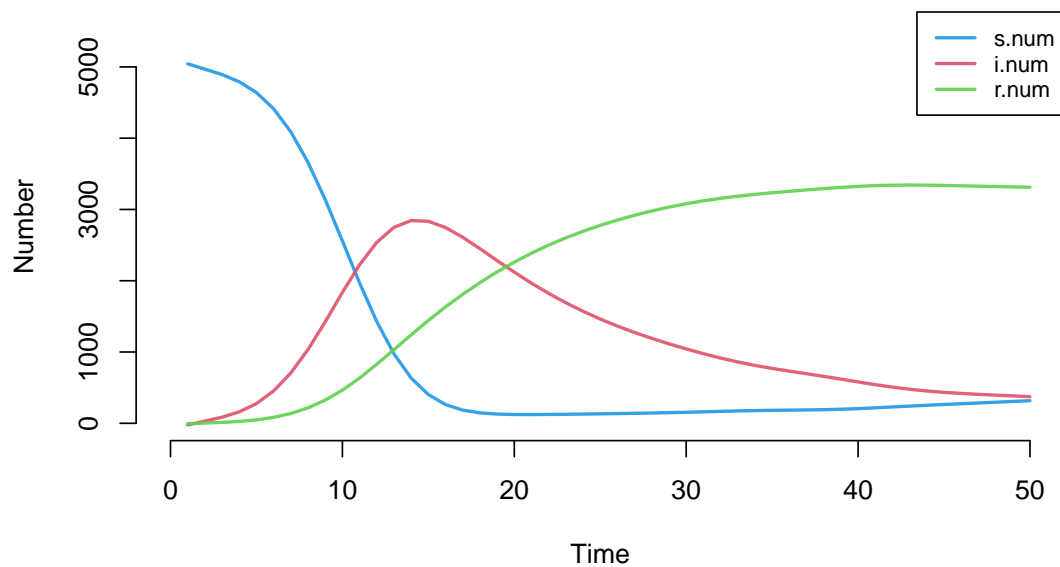
a) Der Verlauf der Verbreitung simulieren

Simulieren Sie den Verlauf der Verbreitung in 50 Tagen und stellen Sie die Anzahl von infizierbaren, infizierten und immunisierten Personen in einer geeigneten Graphik dar.

```
param <- param.icm(inf.prob = 0.1,
  act.rate = 10,
  rec.rate = 1/14,
  a.rate = 1/100,
  ds.rate = 1/90,
  di.rate = 2/90,
  dr.rate = 1/90)

init <- init.icm(s.num = 5000, i.num = 10, r.num = 0)
control <- control.icm(type = "SIR", nsteps = 50)

modell1 <- icm(param, init, control)
plot(modell1)
```



b) Hygienevorschriften

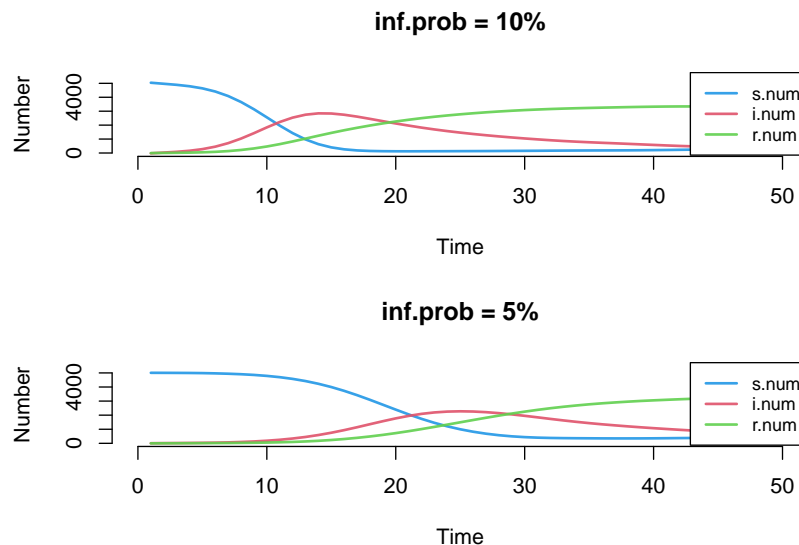
Gehen Sie davon aus, dass zum Zeitpunkt $t_H = 0$ Hygienevorschriften erlassen wurden (z.B. Händewaschen, Mundschutz etc.). Dies beeinflusst die Ansteckungswahrscheinlichkeit ($inf.prob$) und senkt sie auf 5%. Simulieren Sie die neue Situation und vergleichen Sie diese mit Ihren Ergebnissen aus a).

```
# Die Infektionswahrscheinlichkeit (inf.prob) wird von 0.1 auf 0.05 reduziert.
param <- param.icm(inf.prob = 0.05,
  act.rate = 10,
  rec.rate = 1/14,
  a.rate = 1/90,
  ds.rate = 1/90,
  di.rate = 2/90,
  dr.rate = 1/90)

init <- init.icm(s.num = 5000, i.num = 10, r.num = 0)
control <- control.icm(type = "SIR", nsteps = 50)

model2 <- icm(param, init, control)

par(mfrow = c(2, 1), mar = c(4, 4, 4, 4))
plot(model1, main = "inf.prob = 10%")
plot(model2, main = "inf.prob = 5%")
```



Eine höhere Infektionswahrscheinlichkeit ($inf.prob = 10\%$) führt zu einem schnelleren und stärkeren Anstieg der Infektionen. Bei niedriger Wahrscheinlichkeit (5%) verläuft die Ausbreitung deutlich flacher und langsamer.

c) Kontakteinschränkung

Gehen Sie nun davon aus, dass die Population keine HygienemaSSnahmen ergreift, aber zum Zeitpunkt $t_K = 0$ den Kontakt einschränkt. D.h. hier wird die Begegnungsratesenkt (auf 5 bzw. 2). Vergleichen Sie Ihre Ergebnisse mit a) und b) und interpretieren diese.

```

param1 <- param.icm(inf.prob = 0.1,
                    act.rate = 5,
                    rec.rate = 1/14,
                    a.rate = 1/90,
                    ds.rate = 1/90,
                    di.rate = 2/90,
                    dr.rate = 1/90)

param2 <- param.icm(inf.prob = 0.1,
                    act.rate = 2,
                    rec.rate = 1/14,
                    a.rate = 1/90,
                    ds.rate = 1/90,
                    di.rate = 2/90,
                    dr.rate = 1/90)

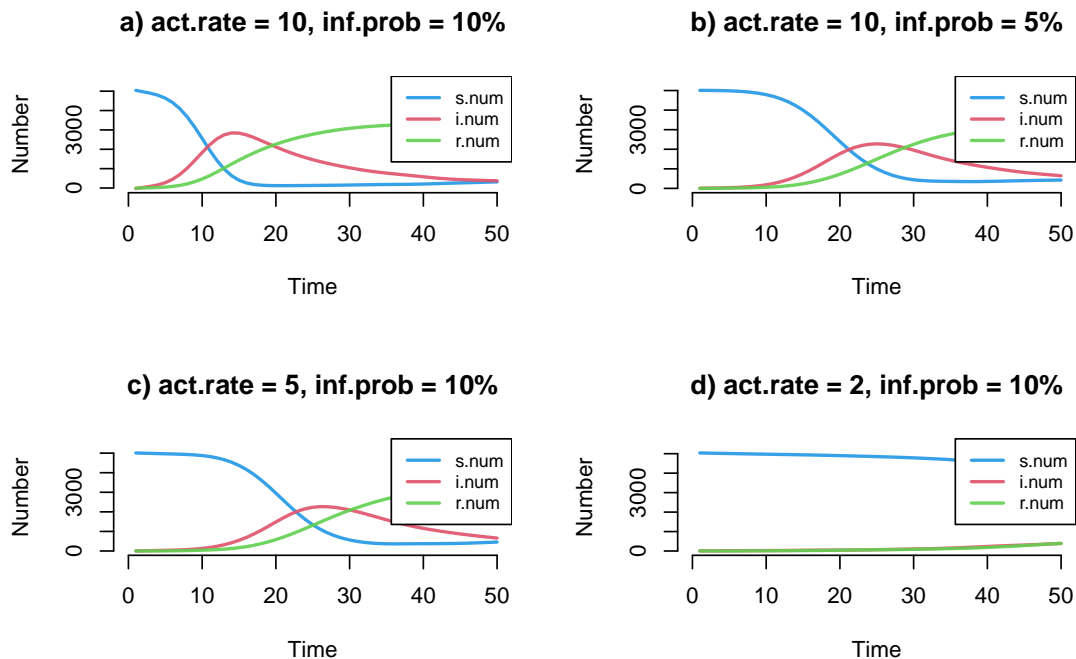
init <- init.icm(s.num = 5000, i.num = 10, r.num = 0)
control <- control.icm(type = "SIR", nsteps = 50)

model_c1 <- icm(param1, init, control)
model_c2 <- icm(param2, init, control)

par(mfrow = c(2, 2))

plot(model11, main = "a) act.rate = 10, inf.prob = 10%")
plot(model12, main = "b) act.rate = 10, inf.prob = 5%")
plot(model_c1, main = "c) act.rate = 5, inf.prob = 10%")
plot(model_c2, main = "d) act.rate = 2, inf.prob = 10%")

```



- HygienemaSSnahmen und Kontaktbeschränkungen wirken sich jeweils auf die Ansteckungs-

wahrscheinlichkeit (`inf.prob`) und die Begegnungsrate (`act.rate`) aus. Die Abbildungen b) und c) zeigen: Eine Halbierung der `act.rate` hat einen ähnlichen Effekt wie eine Halbierung der `inf.prob`. Wird `act.rate` sogar auf 2 gesenkt (d)), flacht der Verlauf der Infektion deutlich ab.

d) Kombination aus HygienemaSSnahmen und Kontaktbeschränkungen

Kombinieren Sie die MaSSnahmen aus b) und c) und vergleichen auch diesen Effekt mit Ihren vorherigen Befunden.

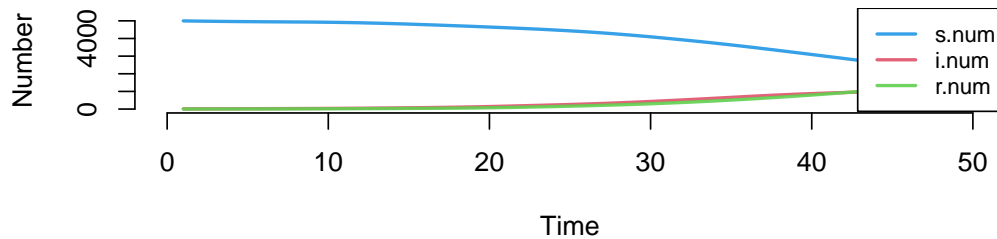
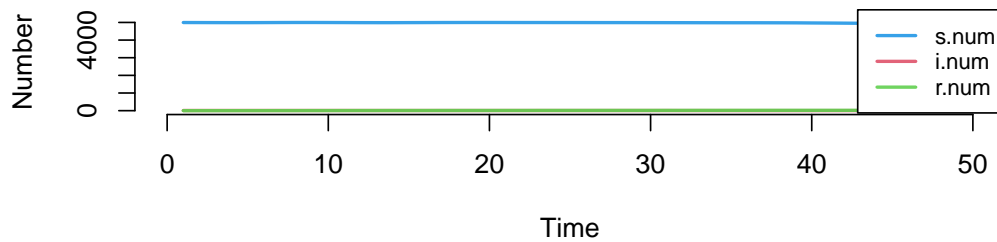
```
param3 <- param.icm(inf.prob = 0.05,
                    act.rate = 5,
                    rec.rate = 1/14,
                    a.rate = 1/90,
                    ds.rate = 1/90,
                    di.rate = 2/90,
                    dr.rate = 1/90)

param4 <- param.icm(inf.prob = 0.05,
                    act.rate = 2,
                    rec.rate = 1/14,
                    a.rate = 1/90,
                    ds.rate = 1/90,
                    di.rate = 2/90,
                    dr.rate = 1/90)

init <- init.icm(s.num = 5000, i.num = 10, r.num = 0)
control <- control.icm(type = "SIR", nsteps = 50)

model_d3 <- icm(param3, init, control)
model_d4 <- icm(param4, init, control)

par(mfrow = c(2, 1), mar = c(4, 4, 4, 4))
plot(model_d3, main = "e) act.rate = 5, inf.prob = 5%")
plot(model_d4, main = "f) act.rate = 2, inf.prob = 5%")
```

e) act.rate = 5, inf.prob = 5%**f) act.rate = 2, inf.prob = 5%**

- Die Kombination aus HygienemaSSnahmen und Kontaktbeschränkungen wirkt besonders effektiv – gemeinsam flachen sie die Infektionskurve deutlich stärker ab.

e) Zeit variieren

Variieren Sie die Zeitpunkte t_H und t_K und setzen den MaSSnahmen gegebenenfalls auch ein Ende. Vergleichen Sie auch jetzt die Verläufe und interpretieren diese.

- Ab dem Zeitpunkt $t_H = 10$ wurde die Ansteckungswahrscheinlichkeit (inf.prob) von 10% auf 5% gesenkt. Ab $t_K = 20$ kam zusätzlich eine Reduktion der Kontaktfrequenz (act.rate) von 10 auf 2 hinzu. Beide MaSSnahmen zusammen zeigen eine deutlich stärkere Wirkung.

A2. SIS Modell

a. SIR und SIS vergleichen

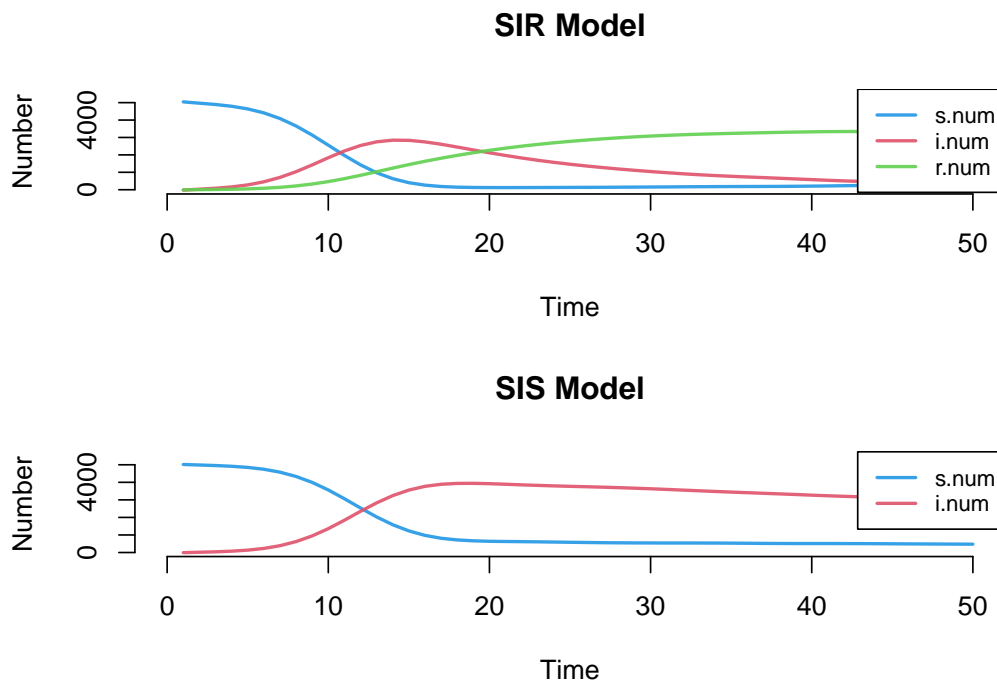
Inzwischen weiß man, dass sich Menschen nach einer gewissen Zeit erneut infizieren können.

- Was bedeutet das für unser Modell? Es gibt keine dauerhafte Immunität nach einer Genesung. Die Gruppe der Genesenen“ verliert damit an Bedeutung – stattdessen kehren Personen nach ihrer Infektion wieder in die Gruppe der Anfälligen zurück. In diesem Szenario erreicht die Anzahl der Infizierten ein stabiles Gleichgewicht, bei dem sich Neuinfektionen und Genesungen die Waage halten.
- Was wäre hier besser? Ein SIS-Modell ist für diesen Fall besser geeignet als das klassische SIR-Modell, da es genau diesen Rückfluss von Genesenen zu Anfälligen abbildet.
- Setzen Sie das neue Modell (auch als stochastic individual contact model (ICM)) in einer Simulation um, 'spielen' mit den entsprechenden Parametern, stellen die Ergebnisse in geeigneten Graphiken dar und interpretieren Ihre Befunde.

```
param <- param.icm(
  inf.prob = 0.1,
  act.rate = 10,
  rec.rate = 1/14,
  a.rate = 1/90,
  ds.rate = 1/90,
  di.rate = 2/90,
  dr.rate = 1/90)

init <- init.icm(s.num = 5000, i.num = 10, r.num = 0)
control <- control.icm(type = "SIS", nsteps = 50)

par(mfrow = c(2, 1), mar = c(4, 4, 4, 4))
sis_model <- icm(param, init, control)
plot(model1, main="SIR Model")
plot(sis_model, main="SIS Model")
```

b. Mögliche Erweiterung: Virusvarianten

Im Verlauf der Pandemie sind viele verschiedene Virusvarianten aufgetreten.

- Was bedeuten diese Varianten für die Modellierung? Jede Variante hat eigene Eigenschaften wie Ansteckungsrate oder Krankheitsverlauf. Daher müsste man für jede Variante eigene Parameter definieren.
- Wie könnte man das modellieren – und wo liegen die Schwierigkeiten? Man könnte mehrere Varianten im Modell abbilden, z.B. mit separaten Zuständen oder Parametern.
- Probleme dabei:
 - Eine Person kann sich mit mehreren Varianten anstecken (Ko-Infektion).
 - Es ist schwierig, realistische Übertragungsraten für jede Variante zu bestimmen.
 - Die Modellierung wird deutlich komplexer, weil mehr Parameter und Zustände nötig sind.

c. Weitere Herausforderungen: Impfungen

- Wie kann man Impfungen berücksichtigen? Die Infizierbaren (S) könnten in zwei Gruppen unterteilt werden: Geimpfte und Ungeimpfte – mit unterschiedlichen Ansteckungsraten.
- Welche Parameter beeinflussen Impfungen? Besonders relevant sind `inf.prob` (Ansteckungswahrscheinlichkeit) und `rec.rate` (Erholungsrate)
- Sind diese Einflüsse konstant? Nein, sie können variieren, z.B. je nach Alter, Immunsystem, Vorerkrankungen oder Zeitpunkt der Impfung.