

# Algoritmer og datastrukturer

Introduktion til kurset

Rolf Fagerberg

Forår 2024

# Hvem er vi?

Underviser:

- ▶ Rolf Fagerberg, Institut for Matematik og Datalogi (IMADA)  
Forskningsområde: algoritmer og datastrukturer

# Hvem er vi?

## Underviser:

- ▶ Rolf Fagerberg, Institut for Matematik og Datalogi (IMADA)  
Forskningsområde: algoritmer og datastrukturer

## Deltagere:

- ▶ BA i Datalogi (2. sem.)
- ▶ BA i Kunstig Intelligens (2. sem.)
- ▶ BA i Software Engineering (4. sem.)
- ▶ BA i Matematik-Økonomi (4. sem.)
- ▶ BA i Anvendt Matematik (4. sem.)
- ▶ BA sidefag i Datalogi (6. sem.)
- ▶ KA profil i Data Science (2./8. sem.)

# Hvem er vi?

Underviser:

- ▶ Rolf Fagerberg, Institut for Matematik og Datalogi (IMADA)  
Forskningsområde: algoritmer og datastrukturer

Deltagere:

- ▶ BA i Datalogi (2. sem.)
- ▶ BA i Kunstig Intelligens (2. sem.)
- ▶ BA i Software Engineering (4. sem.)
- ▶ BA i Matematik-Økonomi (4. sem.)
- ▶ BA i Anvendt Matematik (4. sem.)
- ▶ BA sidefag i Datalogi (6. sem.)
- ▶ KA profil i Data Science (2./8. sem.)

Stor diversitet: forskellige semestre i uddannelsen, forskellige mængder af programmering og af matematiske fag på uddannelsen.

## Tre (fire) kurser i ét

- DM507/DS814:
  - ▶ Algoritmer og datastrukturer (7.5 ETCS)
  - ▶ Programmeringsprojekt i tre dele (2.5 ETCS)
  - ▶ Skriftlig MC eksamen (3 timer)
  
- DM578:
  - ▶ Algoritmer og datastrukturer (7.5 ETCS)
  - ▶ Skriftlig MC eksamen (3 timer)
  
- SE4-DMAD:
  - ▶ Algoritmer og datastrukturer (7.5 ETCS)
  - ▶ Diskret matematik (2.5 ETCS)
  - ▶ Skriftlig MC eksamen (3 timer og 3 kvarter)

# Tre (fire) kurser i ét

- DM507/DS814:
- ▶ Algoritmer og datastrukturer (7.5 ETCS)
  - ▶ Programmeringsprojekt i tre dele (2.5 ETCS)
  - ▶ Skriftlig MC eksamen (3 timer)

- DM578:
- ▶ Algoritmer og datastrukturer (7.5 ETCS)
  - ▶ Skriftlig MC eksamen (3 timer)

- SE4-DMAD:
- ▶ Algoritmer og datastrukturer (7.5 ETCS)
  - ▶ Diskret matematik (2.5 ETCS)
  - ▶ Skriftlig MC eksamen (3 timer og 3 kvarter)

Diskret matematik har separate forelæsninger (Lene Monrad Favrholdt) og øvelsestimer. Mandage 10-12 i ca. ti uger.

Der er et ITS-kursusrum for DM507/DM578/DS814 og et ITS-kursusrum for SE4-DMAD.

# Kursets format (DM507/DS814)

## Forudsætninger:

Programmering i Python (eller Java), lidt matematisk modenhed

## Format:

Forelæsninger (f-timer). Rolf Fagerberg.

Opgaveregning (e-timer). Instruktør.

Arbejde selv og i studiegrupper.

## Eksamenform:

Skriftlig eksamen (juni), 7.5 ECTS:

Multiple-choice (med bøger, noter, computer). Karakter efter 7-skala. Mål: check af kendskab til stoffet. [NB: reeksamen er mundtlig.]

Projekt undervejs, 2.5 ECTS, Python:

I tre dele. Karakter B/IB. Skal ikke bestås for at gå til skriftlig eksamen. Mål: træne overførsel af stoffet til praksis (programmering).

# Kursets format (DM578)

## Forudsætninger:

Programmering i Python eller Java, lidt matematisk modenhed

## Format:

Forelæsninger (f-timer). Rolf Fagerberg.

Opgaveregning (e-timer). Instruktør.

Arbejde selv og i studiegrupper.

## Eksamenform:

Skriftlig eksamen (juni), 7.5 ECTS:

Multiple-choice (med bøger, noter, computer). Karakter efter 7-skala. Mål: check af kendskab til stoffet. [NB: reeksamen er mundtlig.]



# Kursets format (SE4-DMAD)

## Forudsætninger:

Programmering i Java (eller Python), lidt matematisk modenhed

## Format:

Forelæsninger (f-timer). Rolf Fagerberg.

Opgaveregning (e-timer). Instruktør.

Arbejde selv og i studiegrupper.

## Eksamenform:

Skriftlig eksamen (juni), 10 ECTS:

Multiple-choice (med bøger, noter, computer). Karakter efter 7-skala. Mål: check af kendskab til stoffet. [NB: reeksamen er mundtlig.]

# Materialer i algoritmer og datastrukturer

## Lærebog:

Cormen, Leiserson, Rivest, Stein:  
*Introduction to Algorithms*, 4th edition, 2022.

# Materialer i algoritmer og datastrukturer

Lærebog:

Cormen, Leiserson, Rivest, Stein:  
*Introduction to Algorithms*, 4th edition, 2022.

# Materialer i algoritmer og datastrukturer

## Lærebog:

Cormen, Leiserson, Rivest, Stein:

*Introduction to Algorithms*, 4th edition, 2022.

(Jeg vil også angive læsestof og opgaver ud fra 3rd edition.)

# Materialer i algoritmer og datastrukturer

## Lærebog:

Cormen, Leiserson, Rivest, Stein:

*Introduction to Algorithms*, 4th edition, 2022.

(Jeg vil også angive læsestof og opgaver ud fra 3rd edition.)

## Andet læremateriale på kursets webside:

Slides fra forelæsninger

Links til videoer

Opgaver til øvelsestimer

Tidligere eksamenssæt

Projektet

# Materialer i algoritmer og datastrukturer

## Lærebog:

Cormen, Leiserson, Rivest, Stein:  
*Introduction to Algorithms*, 4th edition, 2022.

(Jeg vil også angive læsestof og opgaver ud fra 3rd edition.)

## Andet læremateriale på kursets webside:

- Slides fra forelæsninger
- Links til videoer
- Opgaver til øvelsestimer
- Tidligere eksamenssæt
- Projektet

Stoffet findes i fuld detalje i *fire* udgaver: lærebog, slides, video af forelæser, video af andre. Brug de dele, som virker bedst for dig (gerne flere dele).

## Forventet arbejdsindsats (DM507/DS814)

- ▶ Skim stof før forelæsning: 0,5 timer
- ▶ Forelæsning: 2 timer
- ▶ Læs stof efter forelæsning: 1,5 timer
- ▶ Opgaveregning (hjemme): 3 timer
- ▶ Opgaveregning (klasse): 2 timer

## Forventet arbejdsindsats (DM507/DS814)

- ▶ Skim stof før forelæsning: 0,5 timer  $\Leftarrow$  mindst vigtig
- ▶ Forelæsning: 2 timer
- ▶ Læs stof efter forelæsning: 1,5 timer
- ▶ Opgaveregning (hjemme): 3 timer  $\Leftarrow$  mest vigtig
- ▶ Opgaveregning (klasse): 2 timer  $\Leftarrow$  mest vigtig



## Forventet arbejdsindsats (DM507/DS814)

- ▶ Skim stof før forelæsning: 0,5 timer  $\Leftarrow$  mindst vigtig
- ▶ Forelæsning: 2 timer
- ▶ Læs stof efter forelæsning: 1,5 timer
- ▶ Opgaveregning (hjemme): 3 timer  $\Leftarrow$  mest vigtig
- ▶ Opgaveregning (klasse): 2 timer  $\Leftarrow$  mest vigtig

Ovenstående i gennemsnit 1.5 gang per uge over 14 uger. Dertil følgende én gang:

- ▶ Projektet: 15+15+25 timer
- ▶ Eksamenslæsning: 40 timer
- ▶ Spørgetime og eksamen: 6 timer

## Forventet arbejdsindsats (DM507/DS814)

- ▶ Skim stof før forelæsning: 0,5 timer  $\Leftarrow$  mindst vigtig
- ▶ Forelæsning: 2 timer
- ▶ Læs stof efter forelæsning: 1,5 timer
- ▶ Opgaveregning (hjemme): 3 timer  $\Leftarrow$  mest vigtig
- ▶ Opgaveregning (klasse): 2 timer  $\Leftarrow$  mest vigtig

Ovenstående i gennemsnit 1.5 gang per uge over 14 uger. Dertil følgende én gang:

- ▶ Projektet: 15+15+25 timer
- ▶ Eksamenslæsning: 40 timer
- ▶ Spørgetime og eksamen: 6 timer

I alt:  $14 \cdot 1.5 \cdot 9 + 55 + 40 + 6 = 290$  timer

## Forventet arbejdsindsats (DM507/DS814)

- ▶ Skim stof før forelæsning: 0,5 timer  $\Leftarrow$  mindst vigtig
- ▶ Forelæsning: 2 timer
- ▶ Læs stof efter forelæsning: 1,5 timer
- ▶ Opgaveregning (hjemme): 3 timer  $\Leftarrow$  mest vigtig
- ▶ Opgaveregning (klasse): 2 timer  $\Leftarrow$  mest vigtig

Ovenstående i gennemsnit 1.5 gang per uge over 14 uger. Dertil følgende én gang:

- ▶ Projektet: 15+15+25 timer
- ▶ Eksamenslæsning: 40 timer
- ▶ Spørgetime og eksamen: 6 timer

I alt:  $14 \cdot 1.5 \cdot 9 + 55 + 40 + 6 = 290$  timer

10 ECTS =  $1/6$  årsværk =  $1650/6$  timer = 275 timer

## Forventet arbejdsindsats (DM578)

- ▶ Skim stof før forelæsning: 0,5 timer  $\leftarrow$  mindst vigtig
- ▶ Forelæsning: 2 timer
- ▶ Læs stof efter forelæsning: 1,5 timer
- ▶ Opgaveregning (hjemme): 3 timer  $\leftarrow$  mest vigtig
- ▶ Opgaveregning (klasse): 2 timer  $\leftarrow$  mest vigtig

Ovenstående i gennemsnit 1.5 per uge over 14 uger. Dertil følgende én gang:

- ▶ Eksamenslæsning: 40 timer
- ▶ Spørgetime og eksamen: 6 timer

I alt:  $14 \cdot 1.5 \cdot 9 + 40 + 6 = 235$  timer

7.5 ECTS =  $1/8$  årsværk =  $1650/8$  timer = 206 timer

## Forventet arbejdsindsats (SE4-DMAD)

- ▶ Skim stof før forelæsning: 0,5 timer  $\leftarrow$  mindst vigtig
- ▶ Forelæsning: 2 timer
- ▶ Læs stof efter forelæsning: 1,5 timer
- ▶ Opgaveregning (hjemme): 3 timer  $\leftarrow$  mest vigtig
- ▶ Opgaveregning (klasse): 2 timer  $\leftarrow$  mest vigtig

Ovenstående i gennemsnit 1.5 per uge over 14 uger (Rolf) og 0.5 gang per uge over 10 uger (Lene). Dertil følgende én gang:

- ▶ Eksamenslæsning: 40 timer
- ▶ Spørgetime og eksamen: 6 timer

I alt:  $(14 \cdot 1.5 + 10 \cdot 0.5) \cdot 9 + 40 + 6 = 280$  timer

10 ECTS =  $1/6$  årsværk =  $1650/6$  timer = 275 timer

# Kursets formål og plads i det store billede

# Kursets formål og plads i det store billede

Generelt mål i IT: Få en computer til at udføre en opgave.

# Kursets formål og plads i det store billede

Generelt mål i IT: Få en computer til at udføre en opgave.

Relaterede spørgsmål:

- ▶ **Hvordan skrives programmer?**  
Programmering, programmeringssprog, software engineering.
- ▶ **Hvordan skal programmet løse opgaven?**  $\Leftarrow$  DM507  
**Algoritmer og datastrukturer**, databasesystemer, lineær algebra med anvendelser, data mining og machine learning.
- ▶ **(Hvor godt) er det overhovedet muligt at løse opgaven?**  
Nedre grænser, kompleksitet, beregnelighed.
- ▶ **Hvordan fungerer maskinen der udfører opgaven?**  
Baggrundviden om computerarkitektur og operativsystemer.



## Fokus: *Hvordan* skal programmet løse opgaven?

**Algoritme** = løsningsmetode.

Tilpas præcist skrevet ned: tegning, tekst, pseudo-kode,...

**Datastruktur** = data + effektive operationer herpå.

Forskellige datastrukturer gemmer forskellige typer data og/eller tilbyder forskellige operationer. Har stor anvendelse som delelement i algoritmer.

# Fokus: *Hvordan* skal programmet løse opgaven?

**Algoritme** = løsningsmetode.

Tilpas præcist skrevet ned: tegning, tekst, pseudo-kode,...

**Datastruktur** = data + effektive operationer herpå.

Forskellige datastrukturer gemmer forskellige typer data og/eller tilbyder forskellige operationer. Har stor anvendelse som delelement i algoritmer.

Relevante handlinger for en programmeringsopgave:

1. **Opfind** en algoritme som løser opgaven.
2. **Sammenlign** flere algoritmer som løser opgaven.
3. Hvad er **den bedste** algoritme som løser opgaven?

# Udvikling og vurdering af algoritmer

**Punkt 1** Opfind en algoritme som løser opgaven: Kræver ideer, erfaring, og en værktøjskasse af kendte algoritmer og generelle algoritmeudviklingsmetoder. Vurder korrektighed af algoritme: ved analyse eller ved implementation/afprøvning?

# Udvikling og vurdering af algoritmer

**Punkt 1** Opfind en algoritme som løser opgaven: Kræver ideer, erfaring, og en værktøjskasse af kendte algoritmer og generelle algoritmeudviklingsmetoder. Vurder korrekthed af algoritme: ved analyse eller ved implementation/afprøvning?

**Punkt 2** Sammenlign flere algoritmer som løser opgaven: Kræver definition af hvad er kvalitet. Sammenligning: ved analyse eller implementation/afprøvning?

# Udvikling og vurdering af algoritmer

**Punkt 1** Opfind en algoritme som løser opgaven: Kræver ideer, erfaring, og en værktøjskasse af kendte algoritmer og generelle algoritmeudviklingsmetoder. Vurder korrekthed af algoritme: ved analyse eller ved implementation/afprøvning?

**Punkt 2** Sammenlign flere algoritmer som løser opgaven: Kræver definition af hvad er kvalitet. Sammenligning: ved analyse eller implementation/afprøvning?

**Analyse:** Giver høj sikkerhed for korrekthed af metoden/idéen. Sparer implementationsarbejde. Sammenligning upåvirket af: maskine, sprog, programmør, konkrete input. **Afprøvning:** fanger implementationsfejl, belyser andre/flere ting end analysen.

# Udvikling og vurdering af algoritmer

**Punkt 1** Opfind en algoritme som løser opgaven: Kræver ideer, erfaring, og en værktøjskasse af kendte algoritmer og generelle algoritmeudviklingsmetoder. Vurder korrekthed af algoritme: ved analyse eller ved implementation/afprøvning?

**Punkt 2** Sammenlign flere algoritmer som løser opgaven: Kræver definition af hvad er kvalitet. Sammenligning: ved analyse eller implementation/afprøvning?

**Analyse:** Giver høj sikkerhed for korrekthed af metoden/idéen. Sparer implementationsarbejde. Sammenligning upåvirket af: maskine, sprog, programmør, konkrete input. **Afprøvning:** fanger implementationsfejl, belyser andre/flere ting end analysen.

**Punkt 3** Hvad er den bedste algoritme som løser opgaven? Kan *kun* afklares med analyse.

# Udvikling og vurdering af algoritmer

DM507/DM578/DS814/SE4-DMAD vil have mest fokus på analyse, lidt mindre på implementation og afprøvning.

# Udvikling og vurdering af algoritmer

DM507/DM578/DS814/SE4-DMAD vil have mest fokus på analyse, lidt mindre på implementation og afprøvning.

I alle byggefag analyserer og planlægger man før man bygger (tænk f.eks. storebæltsbro). Din fremtidige chef vil forlange det!



# Målsætning for kurset

DM507 giver dig en værktøjskasse af algoritmer for fundamentale opgaver, samt metoder til at udvikle og analysere nye algoritmer og varianter af eksisterende.



## Målsætning for kurset

Øvelser og programmeringsprojekter øger din forståelse for værktøjerne og træner dig i brug af værktøjskassen.



## Målsætning for kurset

Øvelser og programmeringsprojekter øger din forståelse for værktøjerne og træner dig i brug af værktøjskassen.



Undervejs begejstres du måske også over smarte og elegante ideer i algoritmer og analyser.



# Konkret indhold af kurset

## Algoritmer:

- ▶ Analyse af algoritmer: korrekthed og køretid (værktøj)
- ▶ Del og hersk algoritmer (algoritmemetode)
- ▶ Grådige algoritmer (algoritmemetode)
- ▶ Dynamisk programmering (algoritmemetode)
- ▶ Konkrete algoritmer for sortering, graf-problemer (BFS, DFS, korteste veje, udspændende træer, . . . ), fil-komprimering, multiplikation af matricer, . . .

## Datastrukturer:

- ▶ Ordbøger (søgetræer og hashing)
- ▶ Prioritetskøer (heaps)
- ▶ Disjunkte mængder