A215

Forside

Introduktion

Problemformulering

Programover

Gruppeteor

Diame^{*}

Kociembas Optimale Løser

Demonstration

Resultater

Konklusion

rocesanalyse

samling

Rubik's Cube Netværk og Algoritmer

A215

Aalborg Universitet

24. juni 2010

- ▶ Ingeniør med speciale i arkitektur
- ▶ Patent i 1977
- Varemærke



Introduktion

Problemformulerin

Programoversi

Gruppeteor

Diameter

Begynderalgoritmer

Kociembas Optimale Løser

Demonstration

Resultater

Konklusion

Procesanalyse

Forsi

Introduktion

Problemformulerin

Programovers

Gruppeteo

Diamete

Begynderalgoritmer

Kociembas Optimale Løser

Demonstration

Resultater

Konklusion

Procesanalyse

- ▶ 26 cubies
- ▶ 6 faces
 - 9 facelets pr. face



Introduktio

Problemformulering

Programove

Gruppeteo

Diamete

Begynderalgoritme

Kociembas Optimale Løser

Demonstration

Resultater

Konklusion

rocesanalyse

osamling

- Fællesskaber
 - ► Time-wise
 - ► Twist-wise
- Algoritmer
 - ► Begynder algoritmen
 - Kociemba's optimale løser

Introduktio

Problemformulering

Programove

Gruppeteo

Diameter

Begynderalgoritmen

Kociembas Optimale Løser

Demonstration

esultater

onklusion

rocesanalyse

- How have the upper and lower bounds of the Rubik's Cube progressed and how have they been proven?
- ► How efficient is Kociemba's optimal solver compared to beginner's algorithm and how can this be tested?

Introduktio

Problemformulerin

Programoversigt

Gruppeteo

Diameter

Begynderalgoritme

Kociembas Optimale Løser

Demonstration

Pacultator

Kanklusian

rocesariarys

- Gruppeteori
- Grænser
- ► Begynderalgoritmen
- Kociembas optimale løser
- Demonstration
- Resultater
- Konklusion
- Procesanalyse

Gruppe definition

► Rubik's gruppen ► $M_1 * M_2 \in G$

(set, operator)

▶ Tomt move: e * M = M▶ Invers move: M * M' = e

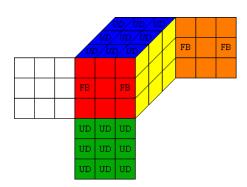
• Associative lov: $(M_1 * M_2) * M_3 = M_1 * (M_2 * M_3)$

Forside

Gruppeteori

▶ Undergruppe

- ► H-gruppen
 - Relabel
 - Alle cubies har korrekt orientation
 - Cubies i midterlag
 - Lukket under A-moves:"U, U', U2, D, D', D2, R2, L2, F2, B2"



A215

. 0.5.00

Introduktio

Problemformulerin

Programover

Gruppeteori

Diameter

Begynderalgoritme

Kociembas Optimale Løser

Demonstratio

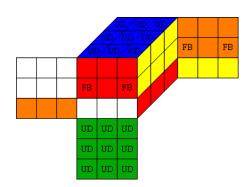
Resultater

Conklusion

Procesanalys

▶ Undergruppe

- ► H-gruppen
 - Relabel
 - Alle cubies har korrekt orientation
 - Cubies i midterlag
 - Lukket under A-moves:"U, U', U2, D, D', D2, R2, L2, F2, B2"



A215

I OI SIGE

Introduktion

Problemformulerin

Programovers

Gruppeteori

Diameter

Begynderalgoritme

Kociembas Optimale Løser

Demonstratio

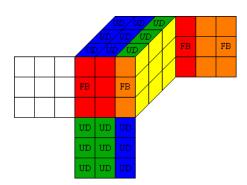
Resultater

Conklusion

Procesanalys

▶ Undergruppe

- ► H-gruppen
 - Relabel
 - Alle cubies har korrekt orientation
 - Cubies i midterlag
 - Lukket under A-moves:"U, U', U2, D, D', D2, R2, L2, F2, B2"



A215

I OI SIGE

Introduktio

Problemformulerin

Programover

Gruppeteori

Diameter

Begynderalgoritme

Kociembas Optimale Løser

Demonstration

Resultater

Conklusion

Procesanalyse

Introduktio

Problemformulering

Programovers

Gruppeteo

Diameter

Begynderalgoritme

Kociembas Optimale Løser

Demonstration

Recultator

- ▶ Den øvre grænse
 - **2**2
 - Rokickis set solver
- ▶ Den nedre grænse
 - **2**0
 - Super flip
- Udvikling

Forsic

Introduktio

Problemformulerin

Programovers

Gruppeteo

Diameter

Begynderalgoritmer

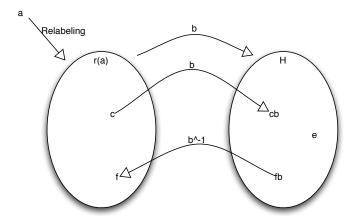
Optimale Løse

Demonstration

esultater

Konklusion

Procesanalyse



Forsic

Introduktio

Problemformulerin

Programovers

Gruppeteo

Diameter

Begynderalgoritmer

Kociembas Optimale Løse

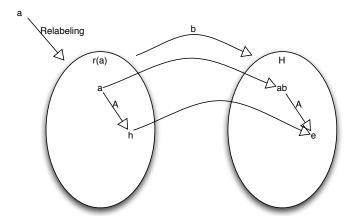
Demonstration

Resultater

Konklusion

Procesanalys

nsamling



Forsic

Introduktio

Problemformulerin

Programover

Gruppeteo

Diameter

Begynderalgoritme

Kociembas Optimale Løse

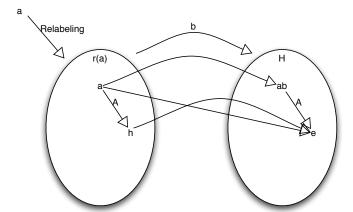
Demonstration

esultater

Konklusion

Procesanalyse

nsamling



Den Nedre Grænse

Rubik's Cube

A215

Forsic

Introduktio

Problemformulering

Programoversi

Gruppeteor

Diameter

Begynderalgoritme

Kociembas Optimale Løse

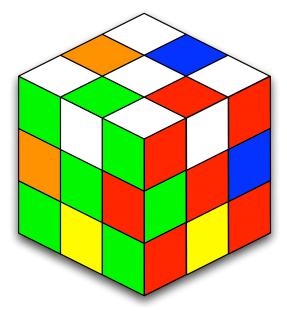
Demonstration

Resultater

Konklusion

Procesanalyse

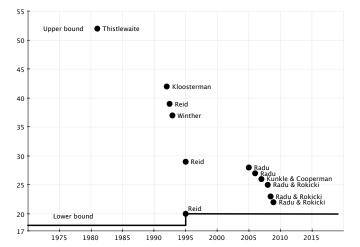
neamling



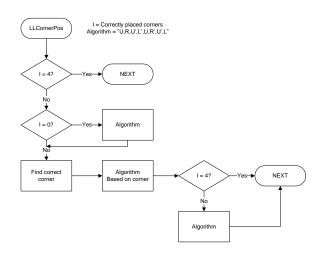


Diameter





► Opdelt i 5 trin



Forsid

Introduktio

Problemformulering

i rogramove

Begynderalgoritmen

Kociembas Optimale Løser

Demonstration

Resultater

Konklusion

Procesanalyse

Implementeringen

Effektivisering

Lineær eksekvering

Twist reducering

Flere algoritmer

Forskellige udgangspunkter

Skal være tro til den originale algoritme

Forside

Begynderalgoritmen

Kociembas Optimale Løser

Rubik's Cube

A215

Forsid

Introduktio

Problemformulerin

Programover

Gruppeted

Diameter

Regunderalgoritme

Kociembas Optimale Løser

Demonstration

ecultater

.......

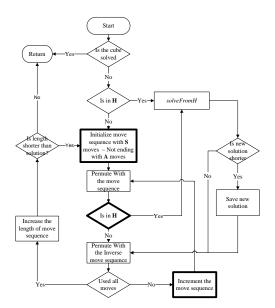
ocesanaryse

psamling

Funktionalitet

- ▶ Undergruppen H
- ▶ Bredde først søge algoritme

Kociembas Optimale Løser



Famal al.

Inducation and a

Problemformulerin

Programovei

Gruppeteo

Diamete

Begynderalgoritmei

Kociembas Optimale Løser

Demonstratio

lesultater

Konklusion

Procesanalys

Introduktio

Problemformulerin

Programovers

Gruppeteo

Diamete

Begynderalgoritme

Kociembas Optimale Løser

Demonstration

Resultater

Konklusion

rocesanalyse

- Problemstillinger ved implementeringen
 - Manglende opslag
 - Langsom
- Effektivisering
 - ► Flere H'er
 - ► Nogle opslag
 - Længde
 - Sidste move sekvenser

Demonstration

Rubik's Cube

A215

Forsid

Introduktion

Problemformulerin

Programovers

Gruppete

Diamete

Regunderalgoritme

Kociembas Optimale Løse

Demonstration

Resultater

Konklusion

rocesanalys

Resultater

Rubik's Cube

Introduktio

B 11 6

Programoversi

Gruppeteo

Diamete

Kociembas

Optimale Løse

Demonstratio

Resultater

Conklusion

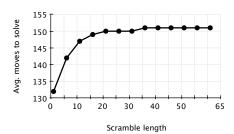
. .

osamling

Computertests

- Begynderalgoritmen
- Kociemba's optimale løser

- ▶ 50 scrambles per terning
- ▶ 13.000.000 løste terninger
- ▶ 151 træk i gennemsnit
- Løsning på under et millisekund
- Maksimalt 241 træk
- ► Minimum 56 træk



Introduktion

Problemformulering

Programover

Gruppeteor

Diameter

. Begynderalgoritmer

Kociembas Optimale Løser

Demonstration

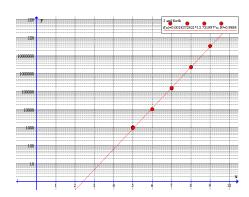
Resultater

. .. .

Procesanalysi



- Altid optimal løsning
- Lang tid for hver løsning
 - Løsning efter 18 millioner år
 - ▶ I H findes altid en løsning inden 256 år



Introduktion

Problemformulering

Programovers

Gruppeteori

Diameter

Begynderalgoritmer

Kociembas Optimale Løser

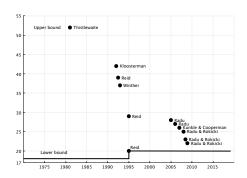
Demonstration

Resultater

Konklusion

Procesanalys

- ► How have the upper and lower bounds of the Rubik's Cube progressed and how have they been proven?
 - Den øvre grænse er bevist med Rokicki's set solver.
 - Den nedre grænse bevist ved test.



Introduktio

Problemformulerin

Programove

Gruppeteoi

Diameter

Begynderalgoritme

Kociembas Optimale Løs

Demonstratio

Resultater

Konklusion

Procesanalys

osamling

introduktion

i iobieiiioiiiiaieiii

Programover

Gruppeteor

Diamete

Kociembas

- .

....

...

Konklusion

Procesanalyse

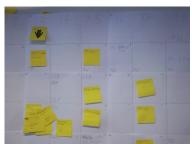
samling

4 D > 4 A > 4 B > 4 B > 9 Q Q

► How efficient is Kociemba's optimal solver compared to beginner's algorithm and how can this be tested?

- Twist-wise
 - Vores begynderalgoritme bruger i snit 151 træk
 - ▶ Vores Kociemba bruger højest 22 træk
- ► Time-wise
 - Vores begynderalgoritme bruger under 1 ms
 - ▶ Vores Kociemba bruger op til 18 mio. år
- Computertests
 - Computerimplementering af løsningsalgoritmer

- Projektplanlægning
 - ► Roller
 - Kalender
 - Rettelser løbende
- Gruppesamarbejde
 - To mands grupper
 - Mødetid
 - ▶ Fælles Pauser
- Samarbejde med vejleder
- ► Læringsmål



Introduktio

Problemformulerin

. .

Gruppeteor

Diamet

Begynderalgoritmer

Kociembas Optimale Løser

Demonstration

Resultater

Konklusion

Procesanalyse

Opsamling

Introduktion

Problemformulering

Gruppeteori

Diameter

Begynderalgoritmen

Kociembas Optimale Løser

Demonstration

Resultater

Konklusion

Procesanalyse