

Methoden der Offline Bewegungsplanung

Feuerbekämpfung

Elmar Langetepe

Universität Bonn, Institut für Informatik

22.01.2014

Bewegungsplanung: Feuerbekämpfung

- Wichtiges Problem:
Schlagen von Feuerschneisen
- Vorhandene Schneisen
Neue Schneisen
- Einfaches Modell:
Gleichmäßige Ausbreitung
- Geschwindigkeit: $s \in [0, 1)$



Bewegungsplanung: Feuerbekämpfung

- Wichtiges Problem:
Schlagen von Feuerschneisen
- Vorhandene Schneisen
Neue Schneisen
- Einfaches Modell:
Gleichmäßige Ausbreitung
- Geschwindigkeit: $s \in [0, 1)$



Bewegungsplanung: Feuerbekämpfung

- Wichtiges Problem:
Schlagen von Feuerschneisen
- Vorhandene Schneisen
Neue Schneisen
- Einfaches Modell:
Gleichmäßige Ausbreitung
- Geschwindigkeit: $s \in [0, 1)$



- $s \approx 0.38 \in [0, 1)$
- $s = \cos(\alpha)$,
 $\alpha \in (0, \pi/2]$

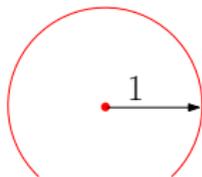
•

Bewegungsplanung: Feuerbekämpfung

- Wichtiges Problem:
Schlagen von Feuerschneisen
- Vorhandene Schneisen
Neue Schneisen
- Einfaches Modell:
Gleichmäßige Ausbreitung
- Geschwindigkeit: $s \in [0, 1)$



- $s \approx 0.38 \in [0, 1)$
- $s = \cos(\alpha)$,
 $\alpha \in (0, \pi/2]$

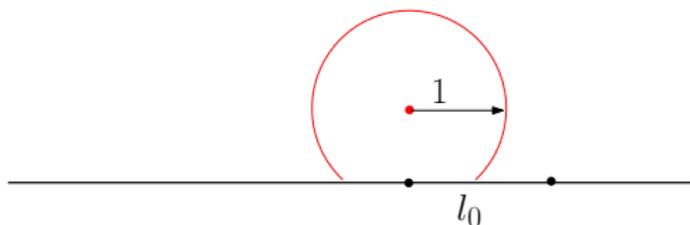


Bewegungsplanung: Feuerbekämpfung

- Wichtiges Problem:
Schlagen von Feuerschneisen
- Vorhandene Schneisen
Neue Schneisen
- Einfaches Modell:
Gleichmäßige Ausbreitung
- Geschwindigkeit: $s \in [0, 1)$



- $s \approx 0.38 \in [0, 1)$
- $s = \cos(\alpha)$,
 $\alpha \in (0, \pi/2]$

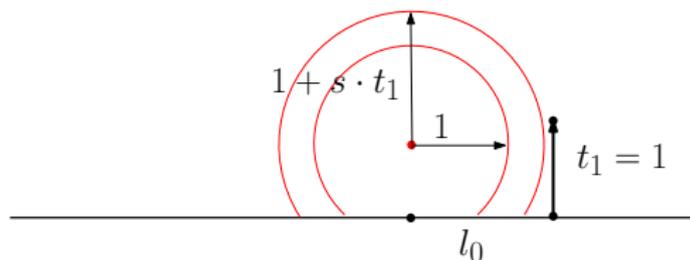


Bewegungsplanung: Feuerbekämpfung

- Wichtiges Problem:
Schlagen von Feuerschneisen
- Vorhandene Schneisen
Neue Schneisen
- Einfaches Modell:
Gleichmäßige Ausbreitung
- Geschwindigkeit: $s \in [0, 1)$



- $s \approx 0.38 \in [0, 1)$
- $s = \cos(\alpha)$,
 $\alpha \in (0, \pi/2]$

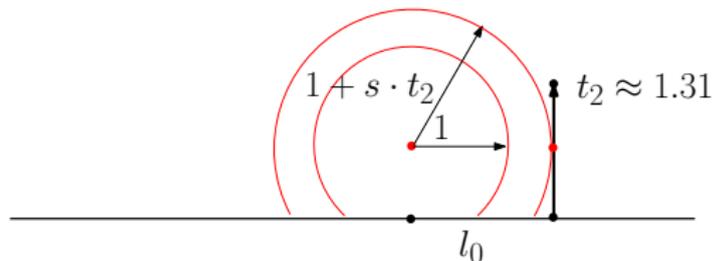


Bewegungsplanung: Feuerbekämpfung

- Wichtiges Problem:
Schlagen von Feuerschneisen
- Vorhandene Schneisen
Neue Schneisen
- Einfaches Modell:
Gleichmäßige Ausbreitung
- Geschwindigkeit: $s \in [0, 1)$



- $s \approx 0.38 \in [0, 1)$
- $s = \cos(\alpha)$,
 $\alpha \in (0, \pi/2]$



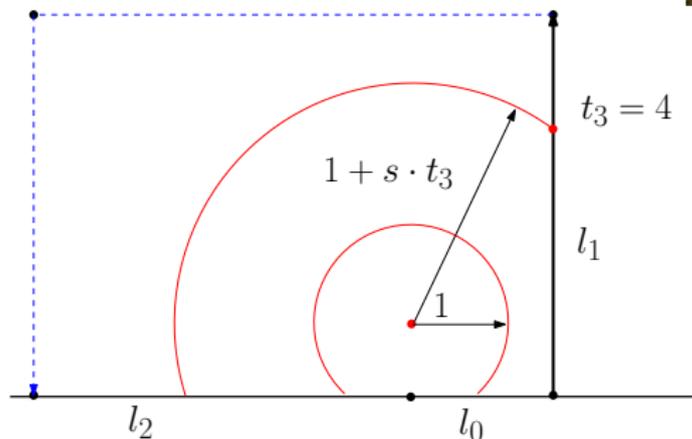
Bewegungsplanung: Feuerbekämpfung

- Wichtiges Problem:
Schlagen von Feuerschneisen
- Vorhandene Schneisen
Neue Schneisen
- Einfaches Modell:
Gleichmäßige Ausbreitung
- Geschwindigkeit: $s \in [0, 1)$



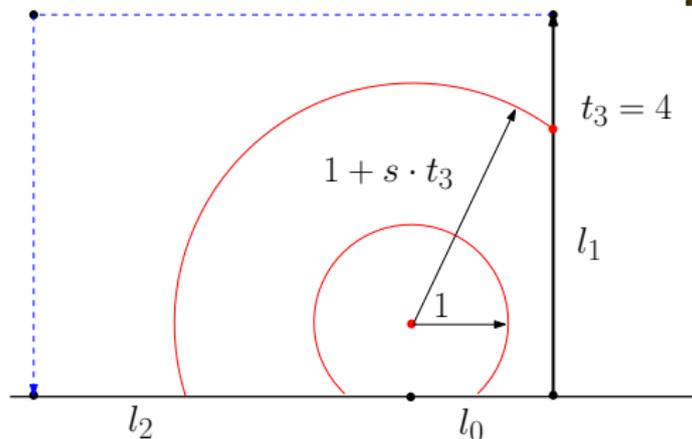
- $s \approx 0.38 \in [0, 1)$

- $s = \cos(\alpha),$
 $\alpha \in (0, \pi/2]$



Bewegungsplanung: Feuerbekämpfung

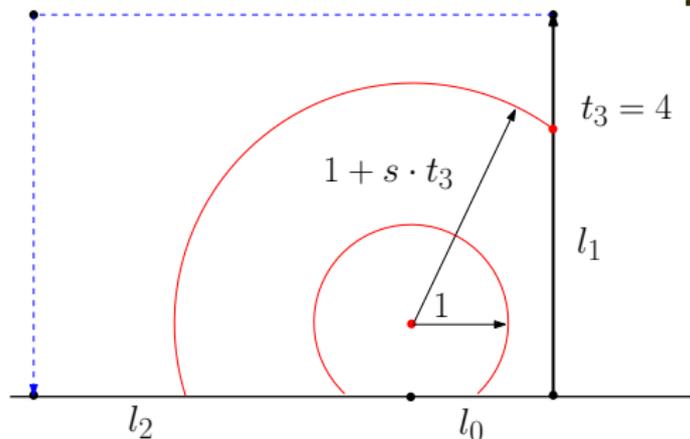
- Wichtiges Problem:
Schlagen von Feuerschneisen
- Vorhandene Schneisen
Neue Schneisen
- Einfaches Modell:
Gleichmäßige Ausbreitung
- Geschwindigkeit: $s \in [0, 1)$



- $s \approx 0.38 \in [0, 1)$
- $s = \cos(\alpha)$,
 $\alpha \in (0, \pi/2]$
- Feuer schnell
umschließen
(Zeitminimierung!)

Bewegungsplanung: Feuerbekämpfung

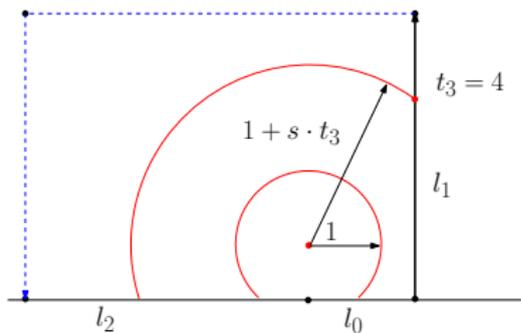
- Wichtiges Problem:
Schlagen von Feuerschneisen
- Vorhandene Schneisen
Neue Schneisen
- Einfaches Modell:
Gleichmäßige Ausbreitung
- Geschwindigkeit: $s \in [0, 1)$



- $s \approx 0.38 \in [0, 1)$
- $s = \cos(\alpha)$,
 $\alpha \in (0, \pi/2]$
- Feuer schnell
umschließen
(Zeitminimierung!)
- l_0, l_1, l_2 gefahrlos
minimieren!

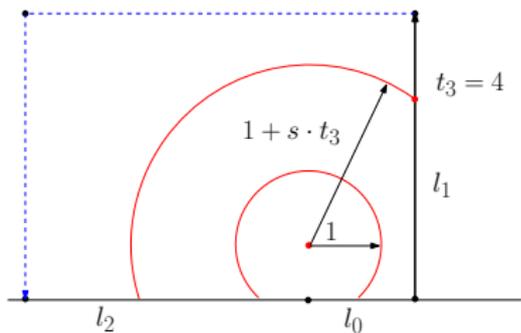
Bewegungsplanung: Feuerbekämpfung

- Geht das immer?
- Was ist optimal?



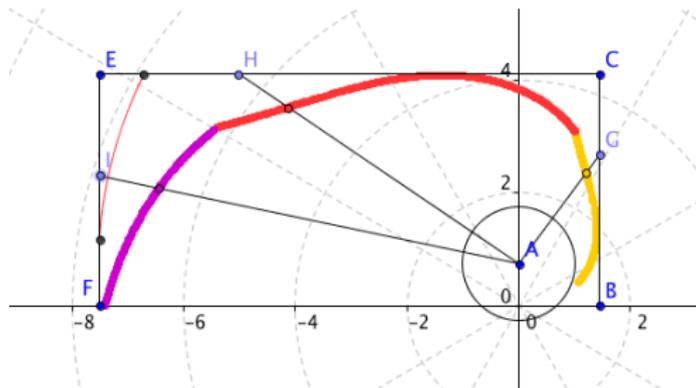
Bewegungsplanung: Feuerbekämpfung

- Geht das immer?
- Was ist optimal?
- Mehrere Trupps, ohne Schneise, andere Wege, verschiedene Ziele ...?



Bewegungsplanung: Feuerbekämpfung

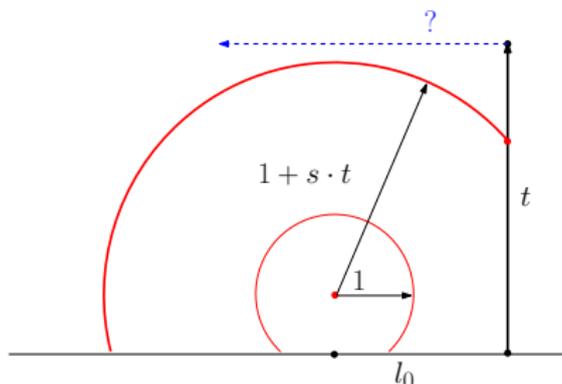
- Geht das immer?
- Was ist optimal?



- $s \approx 0.38 = \cos(1.18)$
Optimale Lösung!
- Minimieren der Werte
- *Passieren* des Feuers
- Zeit *und* Fläche!

Bewegungsplanung: Feuerbekämpfung

- So geht das nicht immer!
- Wenn das Feuer zu schnell ist!
- Ab $s = 0.707 \dots = \cos(\pi/4)$ ganz sicher nicht!
- Wir kommen gar nicht auf die *andere* Seite!
- Beispiel: $s \approx 0.82 = \cos(0.6)$

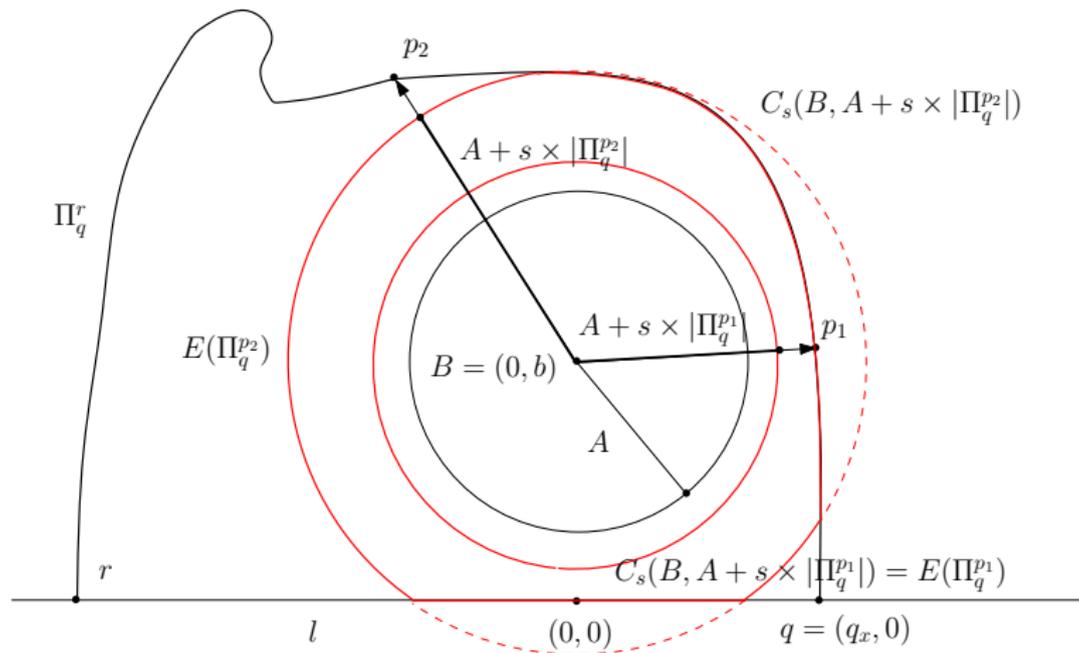


Theorem: There exists a unique area and completion time optimal axis-parallel firebreak for all $\alpha \in (\pi/4, \pi/2]$. For $\alpha \in (0, \pi/4]$ no solution exists.

Beweis!

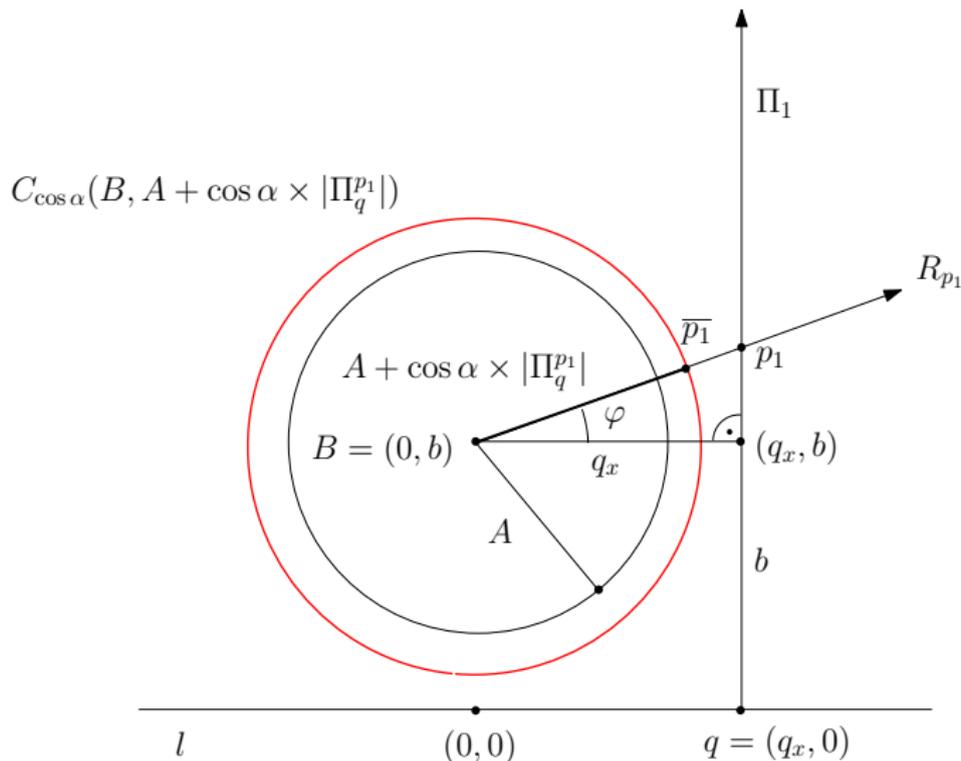
Bewegungsplanung: Feuerbekämpfung

Definitionen!



Bewegungsplanung: Feuerbekämpfung

Situation erster Teil!

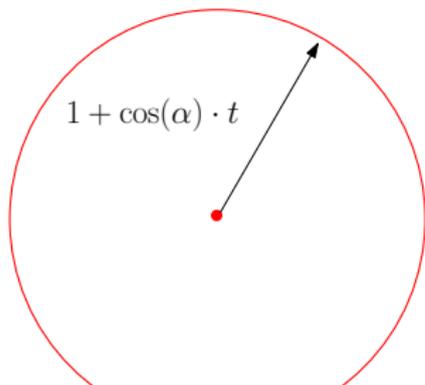


Bewegungsplanung: Feuerbekämpfung

- Für $\alpha \in (0, \pi/4]$ keine Lösung!
- Geht das, wenn die Firefigther beliebig graben dürfen?
- Idee: Starte nah am Feuer und bleibe dran!
- Geschwindigkeit $\cos(\alpha)$, $\alpha \in (0, \pi/2]$
- Kontinuierlich lokal in Richtung α !

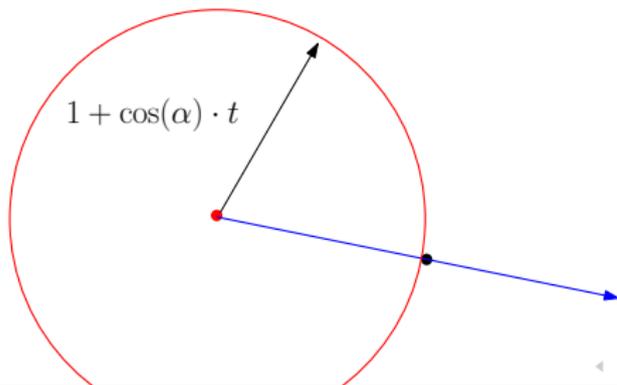
Bewegungsplanung: Feuerbekämpfung

- Für $\alpha \in (0, \pi/4]$ keine Lösung!
- Geht das, wenn die Firefigther beliebig graben dürfen?
- Idee: Starte nah am Feuer und bleibe dran!
- Geschwindigkeit $\cos(\alpha)$, $\alpha \in (0, \pi/2]$
- Kontinuierlich lokal in Richtung α !



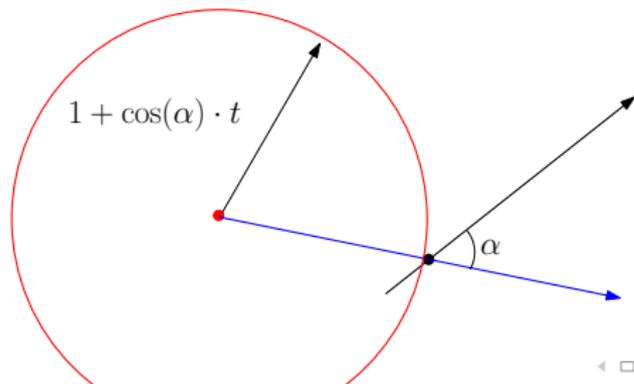
Bewegungsplanung: Feuerbekämpfung

- Für $\alpha \in (0, \pi/4]$ keine Lösung!
- Geht das, wenn die Firefigther beliebig graben dürfen?
- Idee: Starte nah am Feuer und bleibe dran!
- Geschwindigkeit $\cos(\alpha)$, $\alpha \in (0, \pi/2]$
- Kontinuierlich lokal in Richtung α !



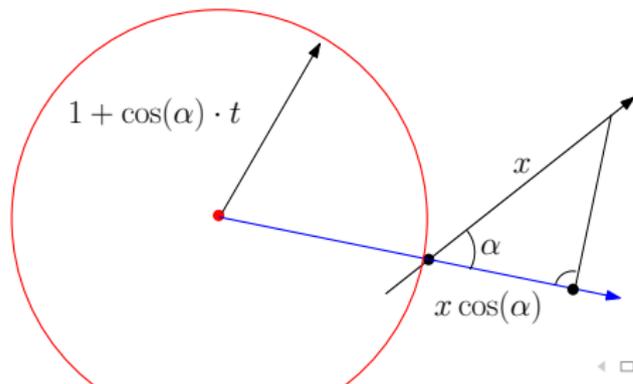
Bewegungsplanung: Feuerbekämpfung

- Für $\alpha \in (0, \pi/4]$ keine Lösung!
- Geht das, wenn die Firefigther beliebig graben dürfen?
- Idee: Starte nah am Feuer und bleibe dran!
- Geschwindigkeit $\cos(\alpha)$, $\alpha \in (0, \pi/2]$
- Kontinuierlich lokal in Richtung α !



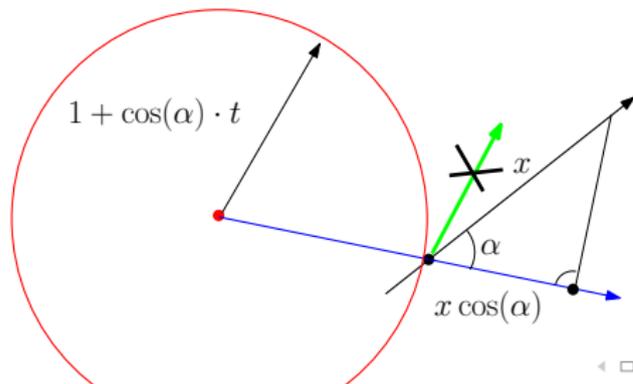
Bewegungsplanung: Feuerbekämpfung

- Für $\alpha \in (0, \pi/4]$ keine Lösung!
- Geht das, wenn die Firefigther beliebig graben dürfen?
- Idee: Starte nah am Feuer und bleibe dran!
- Geschwindigkeit $\cos(\alpha)$, $\alpha \in (0, \pi/2]$
- Kontinuierlich lokal in Richtung α !



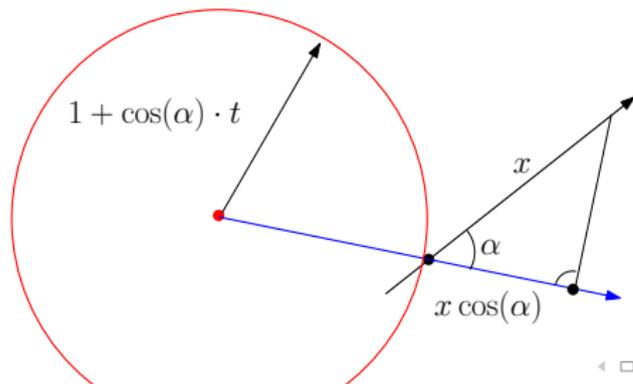
Bewegungsplanung: Feuerbekämpfung

- Für $\alpha \in (0, \pi/4]$ keine Lösung!
- Geht das, wenn die Firefigther beliebig graben dürfen?
- Idee: Starte nah am Feuer und bleibe dran!
- Geschwindigkeit $\cos(\alpha)$, $\alpha \in (0, \pi/2]$
- Kontinuierlich lokal in Richtung α !



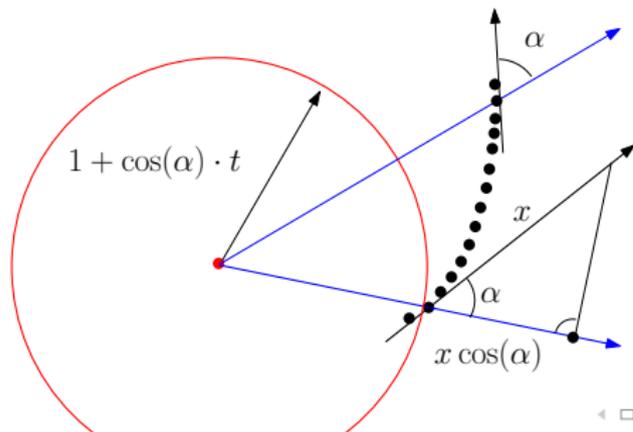
Bewegungsplanung: Feuerbekämpfung

- Für $\alpha \in (0, \pi/4]$ keine Lösung!
- Geht das, wenn die Firefigther beliebig graben dürfen?
- Idee: Starte nah am Feuer und bleibe dran!
- Geschwindigkeit $\cos(\alpha)$, $\alpha \in (0, \pi/2]$
- Kontinuierlich lokal in Richtung α !



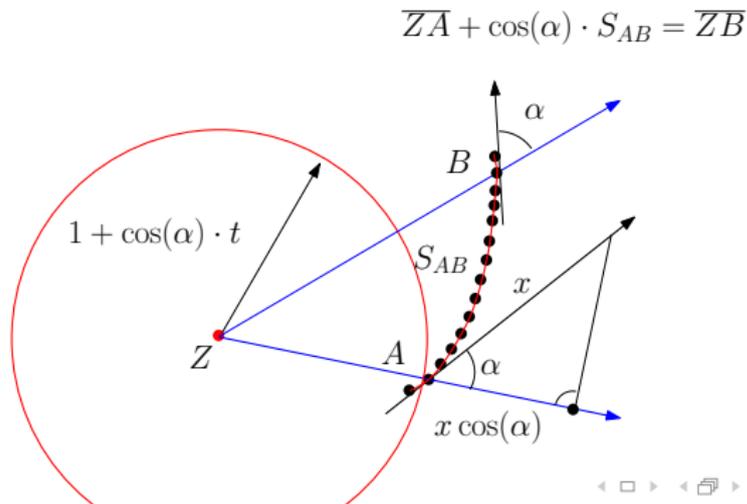
Bewegungsplanung: Feuerbekämpfung

- Für $\alpha \in (0, \pi/4]$ keine Lösung!
- Geht das, wenn die Firefigther beliebig graben dürfen?
- Idee: Starte nah am Feuer und bleibe dran!
- Geschwindigkeit $\cos(\alpha)$, $\alpha \in (0, \pi/2]$
- Kontinuierlich lokal in Richtung α !



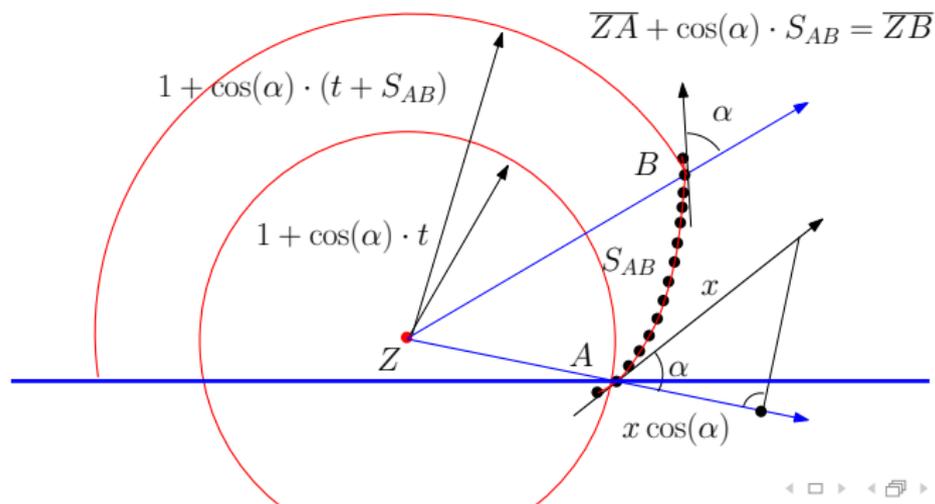
Bewegungsplanung: Feuerbekämpfung

- Für $\alpha \in (0, \pi/4]$ keine Lösung!
- Geht das, wenn die Firefigther beliebig graben dürfen?
- Idee: Starte nah am Feuer und bleibe dran!
- Geschwindigkeit $\cos(\alpha)$, $\alpha \in (0, \pi/2]$
- Kontinuierlich lokal in Richtung α !



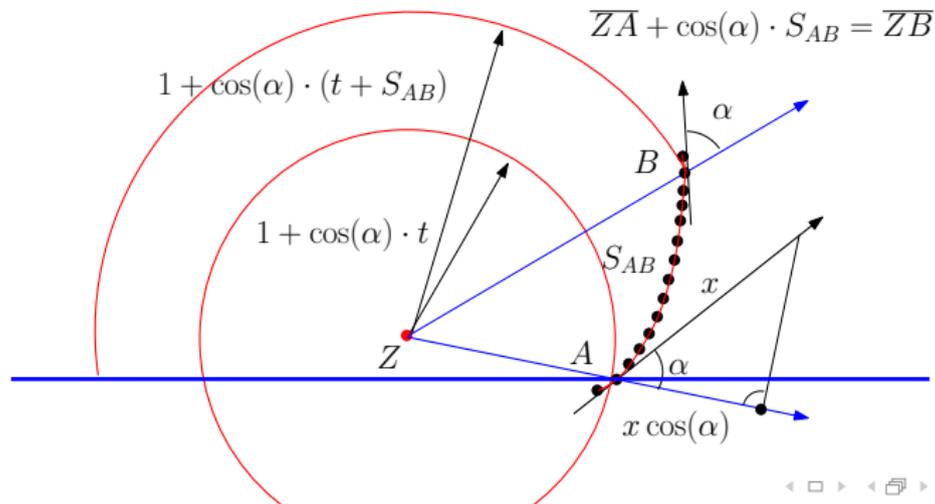
Bewegungsplanung: Feuerbekämpfung

- Für $\alpha \in (0, \pi/4]$ keine Lösung!
- Geht das, wenn die Firefigther beliebig graben dürfen?
- Idee: Starte nah am Feuer und bleibe dran!
- Geschwindigkeit $\cos(\alpha)$, $\alpha \in (0, \pi/2]$
- Kontinuierlich lokal in Richtung α !



Bewegungsplanung: Feuerbekämpfung

- Für $\alpha \in (0, \pi/4]$ keine Lösung!
- Geht das, wenn die Firefigther beliebig graben dürfen?
- Idee: Starte nah am Feuer und bleibe dran!
- Geschwindigkeit $\cos(\alpha)$, $\alpha \in (0, \pi/2]$
- Kontinuierlich lokal in Richtung α !
- Weg: Logarithmische Spirale mit Exzentrizität α !

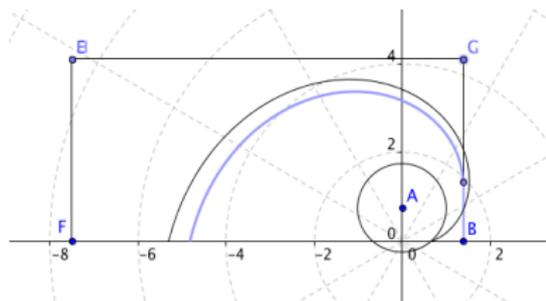


Bewegungsplanung: Feuerbekämpfung

- Mit Spiralen eine bessere/optimale Lösung erstellen!
- Verschiedene Kandidaten!
- Optimale Lösung: Zeitminimierung für jedes α !!!

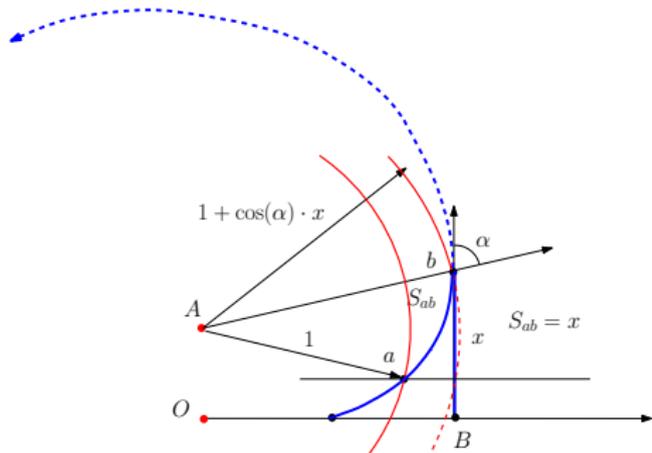
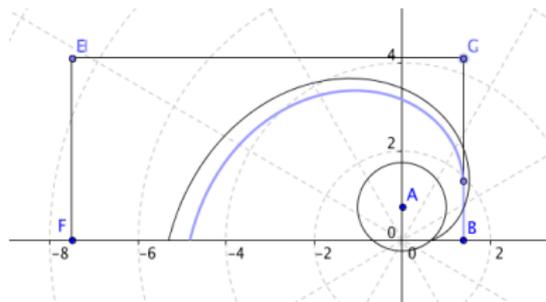
Bewegungsplanung: Feuerbekämpfung

- Mit Spiralen eine bessere/optimale Lösung erstellen!
- Verschiedene Kandidaten!
- Optimale Lösung: Zeitminimierung für jedes α !!!
- Begründung! (Beweis!) Gilt für alle $\alpha \in (0, \pi/2]$



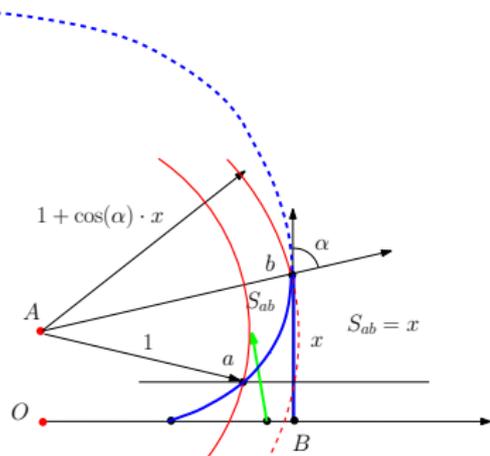
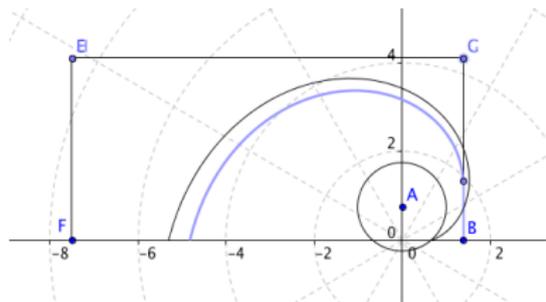
Bewegungsplanung: Feuerbekämpfung

- Mit Spiralen eine bessere/optimale Lösung erstellen!
- Verschiedene Kandidaten!
- Optimale Lösung: Zeitminimierung für jedes α !!!
- Begründung! (Beweis!) Gilt für alle $\alpha \in (0, \pi/2]$



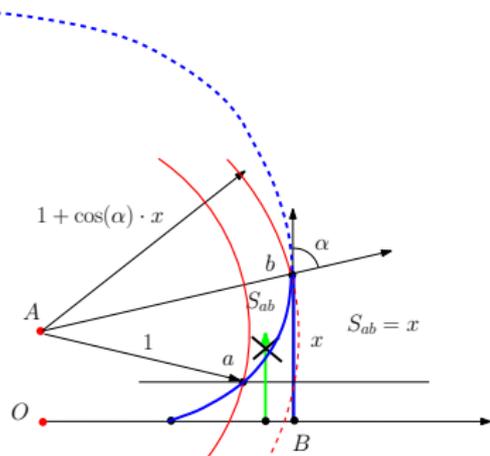
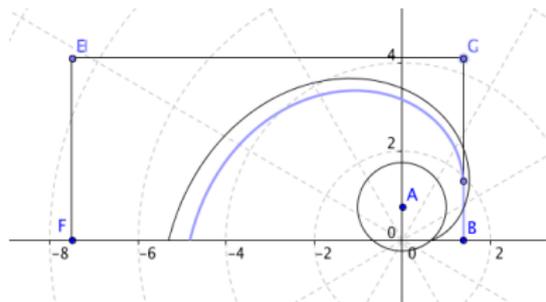
Bewegungsplanung: Feuerbekämpfung

- Mit Spiralen eine bessere/optimale Lösung erstellen!
- Verschiedene Kandidaten!
- Optimale Lösung: Zeitminimierung für jedes α !!!
- Begründung! (Beweis!) Gilt für alle $\alpha \in (0, \pi/2]$



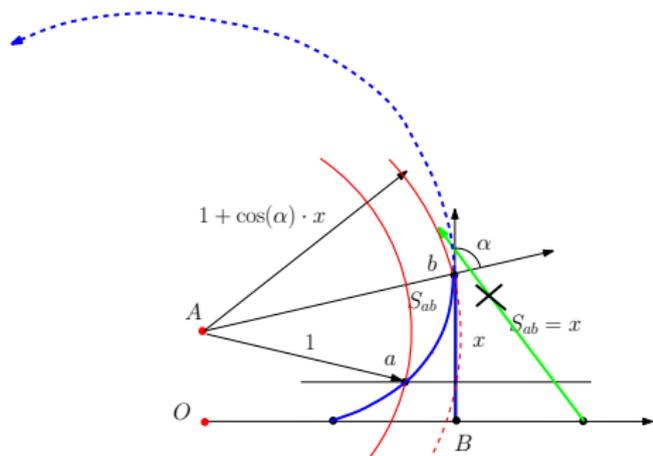
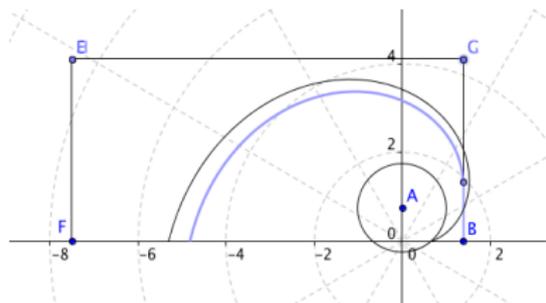
Bewegungsplanung: Feuerbekämpfung

- Mit Spiralen eine bessere/optimale Lösung erstellen!
- Verschiedene Kandidaten!
- Optimale Lösung: Zeitminimierung für jedes α !!!
- Begründung! (Beweis!) Gilt für alle $\alpha \in (0, \pi/2]$



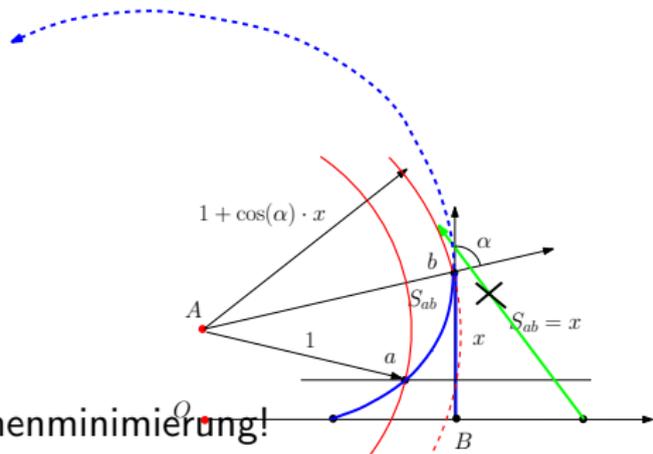
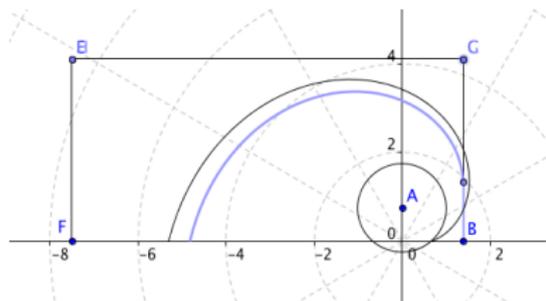
Bewegungsplanung: Feuerbekämpfung

- Mit Spiralen eine bessere/optimale Lösung erstellen!
- Verschiedene Kandidaten!
- Optimale Lösung: Zeitminimierung für jedes α !!!
- Begründung! (Beweis!) Gilt für alle $\alpha \in (0, \pi/2]$



Bewegungsplanung: Feuerbekämpfung

- Mit Spiralen eine bessere/optimale Lösung erstellen!
- Verschiedene Kandidaten!
- Optimale Lösung: Zeitminimierung für jedes α !!!
- Begründung! (Beweis!) Gilt für alle $\alpha \in (0, \pi/2]$



Achtung: Nicht optimal für Flächenminimierung!

Bewegungsplanung: Feuerbekämpfung

- Waldbrände, Grundsätze
- Ausbreitungsgeschwindigkeit klein: 0.5 km/h
- Graben mit Winkel
- Veränderte Ausbreitungskurven
- Modellerweiterungen

