

# *Grundlagen der Künstlichen Intelligenz*

Sebastian Iwanowski  
FH Wedel

**Kap. 5:**  
Ameisenalgorithmen

**5.1:** Grundprinzip: Dynamische Wegfindung von Ameisen und ihre Simulation

# Die Natur als Vorbild

## Ameisen als Verkehrsteilnehmer

Ameisen finden kürzeste Wege

- Koordination der Futtersuche
- Anpassung an Veränderungen der Umgebung

Wege in Verkehrsnetzen

- Kürzeste Route
- Schnellste Route
- Komfortabelste Route
- Dynamische Informationen nutzen



# Die Natur als Vorbild

## Grundprinzipien der Koordination

- Jede Ameise setzt auf ihrem Weg regelmäßig Pheromone.
- Bei Verzweigungen ist die Wahrscheinlichkeit, dass sich eine Ameise für einen Weg entscheidet, proportional zur Pheromonkonzentration auf diesem Weg.
- Es wird unterschieden, ob die Ameise auf dem Weg zur Futterquelle oder auf dem Rückweg (mit Futter) zum Nest ist:
  - a) Jede Ameise läuft denselben Weg zurück, den sie gekommen ist (sobald sie Futter gefunden hat)
  - b) Für Hin- und Rückweg werden unterschiedliche Pheromone benutzt

# Die Natur als Vorbild

## Kommunikationsmöglichkeiten von Ameisen

### Pheromone als Informationsträger

- Chemische Substanz, die jede Ameise wahrnimmt
- Permanente, konstante Ausschüttung
- Veränderung der lokalen Umgebung
- Grundlage für die eigene Wegentscheidung

### Stigmergie als Kommunikationsprinzip

- Kommunikation grundsätzlich nur indirekt über Pheromone
- Pheromone nur lokal ablesbar
- Pheromone liefern nur lokale Information

# Die Natur als Vorbild

## Vorteile der probabilistischen Entscheidung: Beispiel

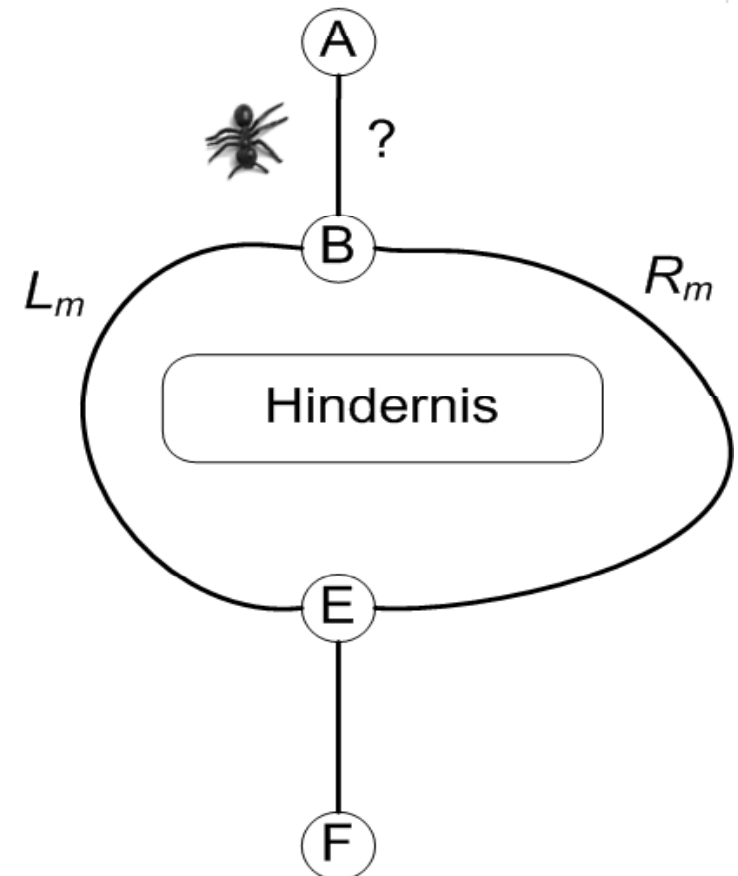
Einfaches Wegexperiment:

- Annahme: keine Verdunstung
- $m$  ... Anzahl der Ameisen
- $L_m$  ... Ameisen auf linken Weg
- $R_m$  ... Ameisen auf rechten Weg

$$P_L(m) = \frac{(L_m + k)^h}{(L_m + k)^h + (R_m + k)^h}$$

$$P_R(m) = 1 - P_L(m)$$

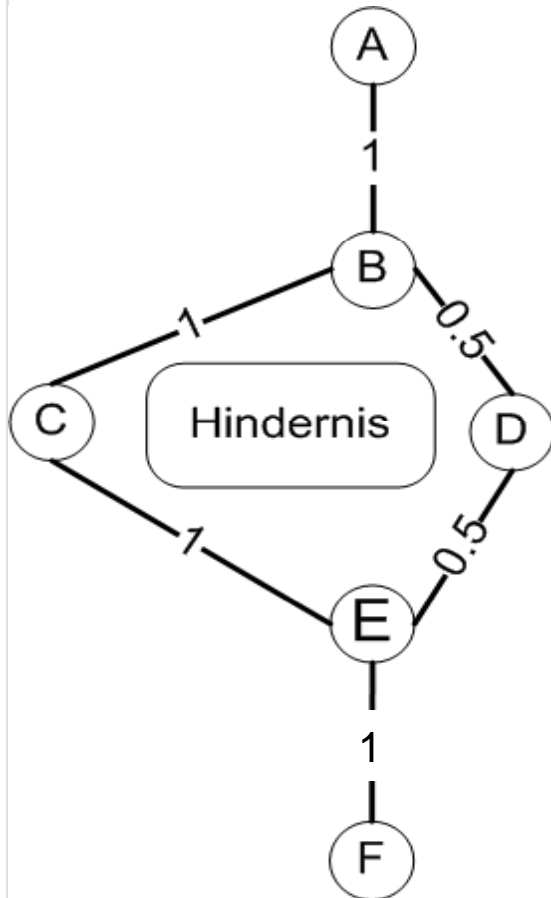
$$k = 20; h = 2$$



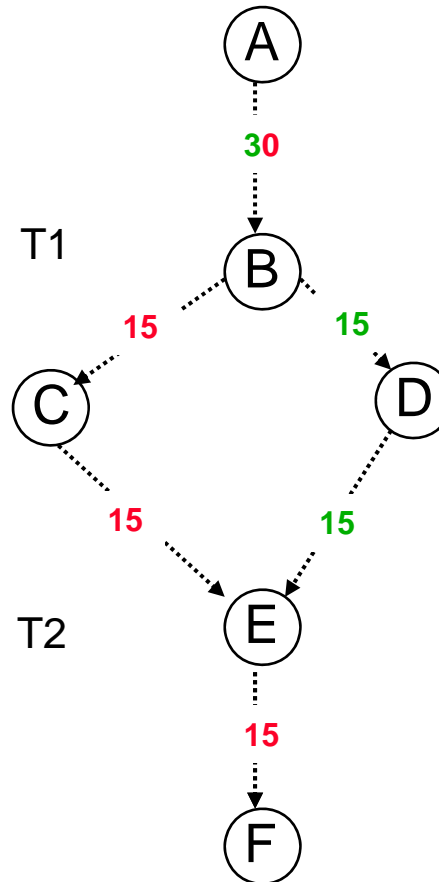
# Die Natur als Vorbild

## Vorteile der probabilistischen Entscheidung: Beispiel (Typ a)

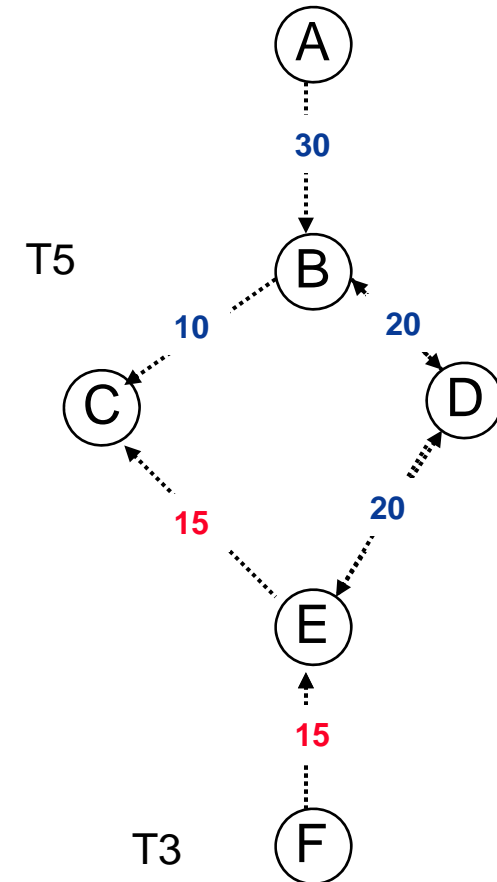
Entfernungen



T0: 30 **Pionierameisen**



T4: 30 **neue Ameisen**



# Die Natur als Vorbild

## Vorteile der probabilistischen Entscheidung: Zusammenfassung

### Autokatalyse

- Positives Feedback durch Pheromone
- Je höher die Pheromonkonzentration ist, desto mehr Ameisen werden diesen Weg wählen.

### Implizite Problemlösung

- Je kürzer ein Weg ist, desto mehr Ameisen durchlaufen diesen in gleicher Zeit, desto schneller steigt die Pheromonkonzentration

### Kombination dieser beiden Eigenschaften

- Je kürzer ein Weg ist, desto mehr Ameisen werden diesen Weg gehen.

# Die Natur als Vorbild

## Vorteile der natürlichen Verdunstung

### Problem: Stagnation

- Gute Lösungswege wirken anziehend
- Gefahr: schlechte Ameisen finden durchschnittliche Lösung
- Algorithmus konvergiert vorschnell
- Allmähliche Verschlechterung des Wegs wird nicht bemerkt

### Lösung: Pheromonverdampfung

- Differenz der Pheromonkonzentration wird begrenzt
- Neue Informationen zählen mehr als alte
- Kompromiss zwischen Verstärkung und Erforschung



# Künstliche Ameisenverfahren

## Reale Ameisen und Künstliche Ameisen

### Gemeinsamkeiten

- *Emergenz*: Superorganismus aus einfachen kooperierenden Individuen
- *Stigmergie*: Indirekte Kommunikation durch Umgebungsveränderung mittels Pheromonen
- Ausschließlich lokale begrenzte Wegentscheidungen
- Stochastische und „kurzsichtige“ Entscheidungsfaktoren
- Kontinuierliche Reaktion auf Wegeveränderungen

### Unterschiede

- Diskrete Welt, diskrete Zustandsübergänge durch Zeittakte
- Zustandsvariable, Gedächtnis
- Pheromonausschüttung korreliert mit Lösungsgüte
- Oftmals verzögerte Pheromonausschüttung
- Problemspezifische Fähigkeiten