



# Einführung in Operations & Supply Chain Management I

## (IBL III)

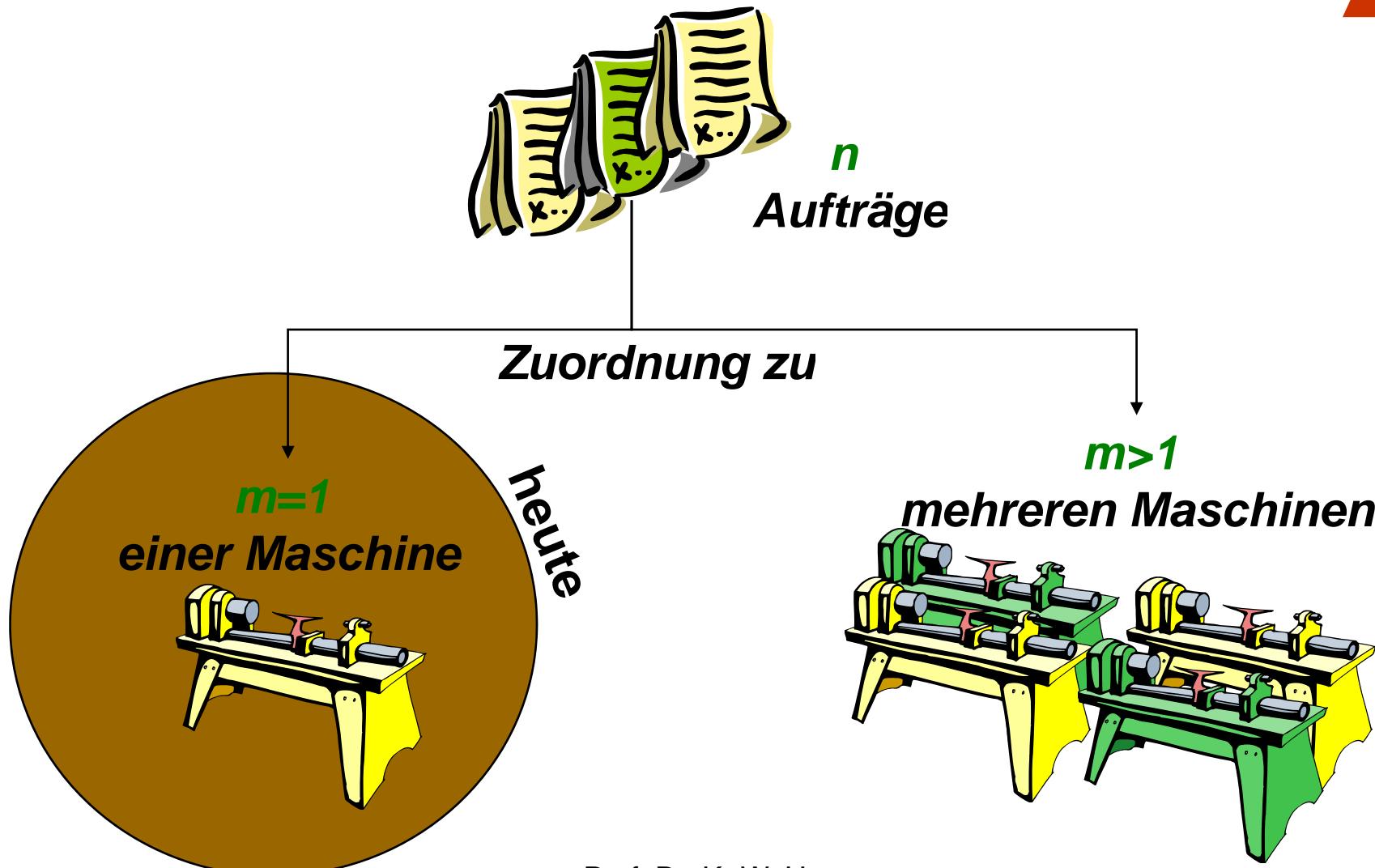
**Willkommen zur 10. Veranstaltung**

# Produktionssteuerung mit Ameisenalgorithmen I

Prof. Dr. K.-W. Hansmann

	Termin	Thema
1.	21.10.08	Grundlagen des operativen Produktionsmanagements
2.	28.10.08	Produktionsprogrammplanung I (Absatzprognose)
3.	04.11.08	Produktionsprogrammplanung II (Optimierungsrechnung)
4.	11.11.08	Grundlagen der Materialbereitstellung
5.	18.11.08	Brutto-Netto-Rechnung
6.	25.11.08	Losgrößenplanung I (Andler & heuristische Verfahren)
7.	02.12.08	Losgrößenplanung II (Wagner-Whitin-Algorithmus)
8.	09.12.08	Zeit- und Kapazitätsplanung
9.	16.12.08	Produktionssteuerung mit Prioritätsregeln
10.	06.01.09	Produktionssteuerung mit Ameisenalgorithmen I
11.	13.01.09	Produktionssteuerung mit Ameisenalgorithmen II
12.	20.01.09	Praxisvortrag Herr Dr. Mahlert – maxingvest ag
13.	27.01.09	Integration von Auftragsfreigabe und Maschinenbelegung
14.	03.02.09	Fragestunde

# Arten von Problemen der Maschinenbelegung



Neue Problemstellung:  
Minimierung der **Rüstzeiten**



**Schleifmittel**



**Paint Shop im Automobilbau**



**Zigarettenproduktion**

# Reihenfolgeabhängige Rüstzeiten – Einführendes Beispiel



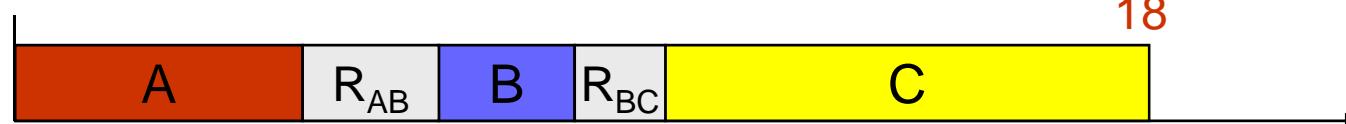
## Inputdaten:

A	5 ZE
B	2 ZE
C	8 ZE

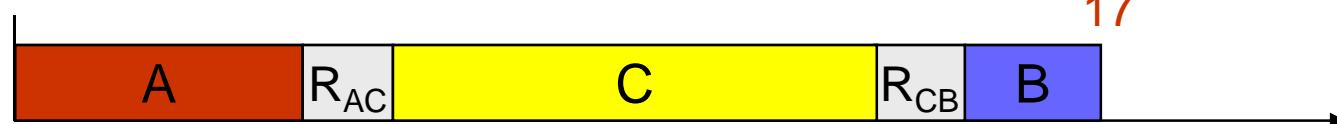
	A	B	C
A	-	2	1
B	2	-	1
C	1	1	-

Rüstmatrix

Rüstzeit  
von B nach C  
 $= R_{BC}$



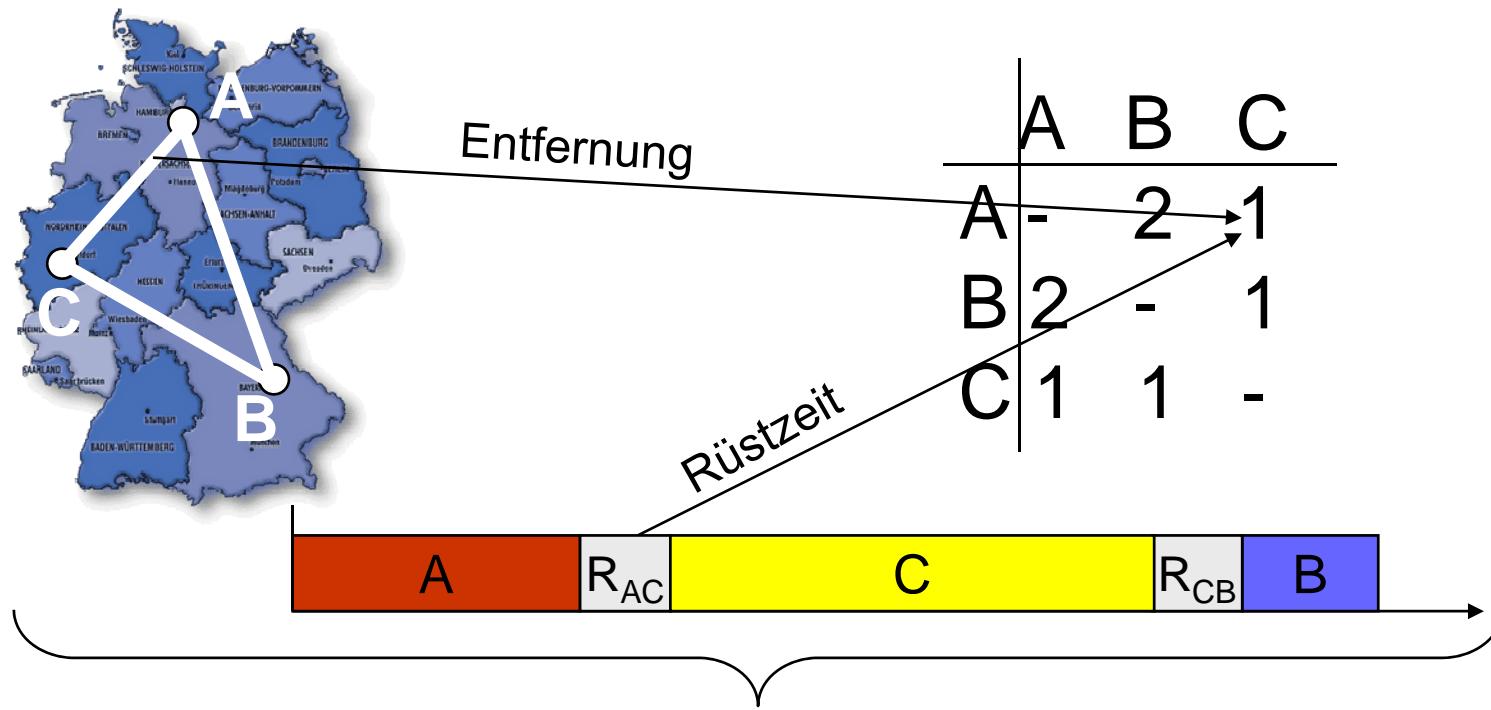
$$\sum \text{Rüstzeiten} = 3$$



$$\sum \text{Rüstzeiten} = 2$$



# Äquivalenz zum Travelling Salesman Problem (TSP)



**TSP: Minimiere die zurückgelegte Entfernung  
bei einer Rundreise durch alle Städte**

=

**Minimiere die reihenfolgeabhängigen Rüstzeiten  
einer Fertigungsfolge von gegebene Aufträgen**

# Analyse des Problems



**Ausgangsort:**  
Hamburg (HH)

**Besuchsorte:**  
(1) München (M)

**Routen:**  
(1) HH -> M -> HH

# Anzahl Rundreisen

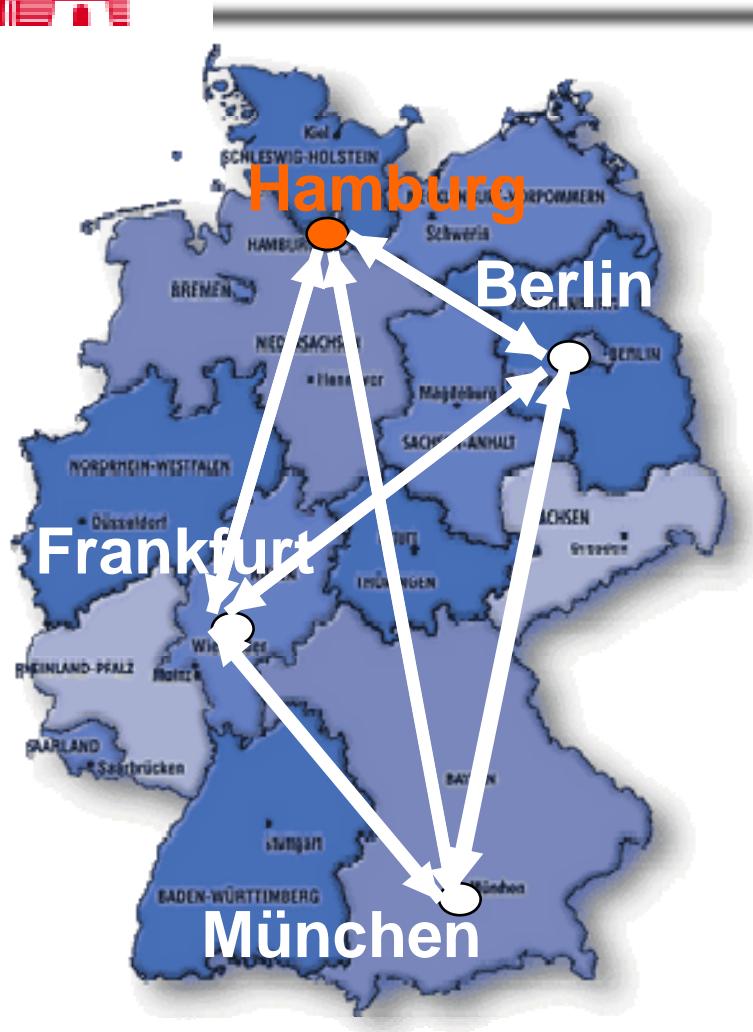


**Ausgangsort:**  
Hamburg (HH)

**Besuchsorte:**  
(1) München (M)  
(2) Berlin (B)

**Routen:**  
(1) HH -> M -> B -> HH  
(2) HH -> B -> M -> HH

# Anzahl Rundreisen



**Ausgangsort:**  
Hamburg (HH)

**Besuchsorte:**  
(1) München (M)  
(2) Berlin (B)  
(3) Frankfurt (F)

**Routen:**

- (1) HH -> M -> B -> F -> HH
- (2) HH -> M -> F -> B -> HH
- (3) HH -> B -> M -> F -> HH
- (4) HH -> B -> F -> M -> HH
- (5) HH -> F -> M -> B -> HH
- (6) HH -> F -> B -> M -> HH



## Ergebnis der Analyse



Besuchsort (von HH nach München) → **1** Route

? Besuchsorte (von HH nach München und Berlin) → **2** Routen

3 Besuchsorte (von HH nach B,M und F) → **6** Routen

4 Besuchsorte → **24** Routen

0 Besuchsorte → **2 432 902 008 176 640 000** Routen

Ein großer Computer braucht dazu **77 140 Jahre** Rechenzeit.

- (bei 1.000.000 Lösungen pro Sekunde)



# Erfinden einer Lösungs- methode



**Unsystematisches** Probieren ist **aussichtslos**.  
(zu viele Routen)

**Einfache Regel:** Gehe von jedem Ort immer zum **nächsten** gelegenen Ort. (Problem: große Entfernungen am Ende der Reise)

**Optimierungs-Methode:** Versuche durch wiederholte Anwendung „**kluger**“ Regeln immer bessere Lösungen zu erreichen und schließlich die kürzeste Route zu finden.

Die **Evolution** hat viele „**kluge**“ Regeln hervor gebracht.

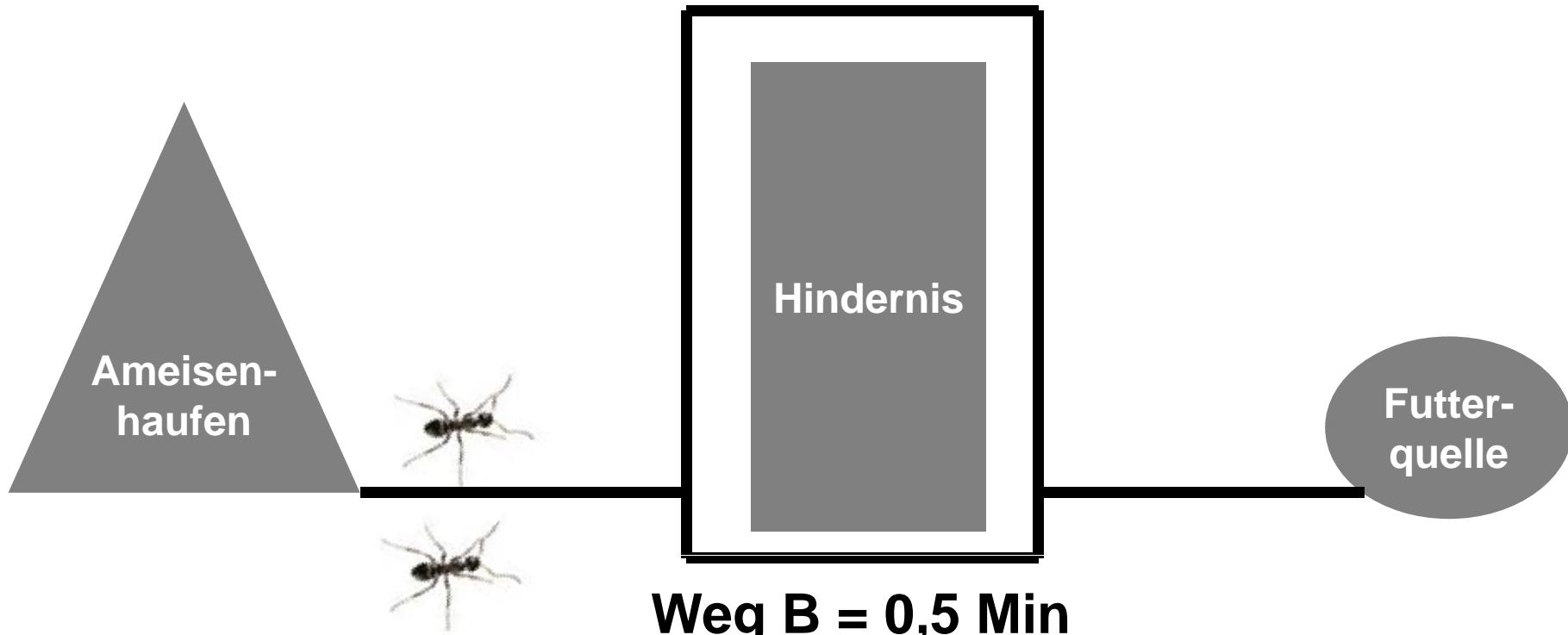


- Ameisen besitzen eine **Drüse** am Hinterleib, mit der sie einen chemischen Lockstoff namens **Pheromon** auf ihrem Weg hinterlassen können.
- Nachfolgende Ameisen orientieren sich am Pheromon ihrer Vorgänger und wählen mit **hoher** Wahrscheinlichkeit den am **stärksten markierten** Weg.

# Wie finden Ameisen ihren Weg zwischen Futterquelle und Ameisenhaufen?



**Weg A = 1 Min**



**Bei der Rückkehr hinterlassen die Ameisen eine Pheromon-Einheit auf dem Weg**

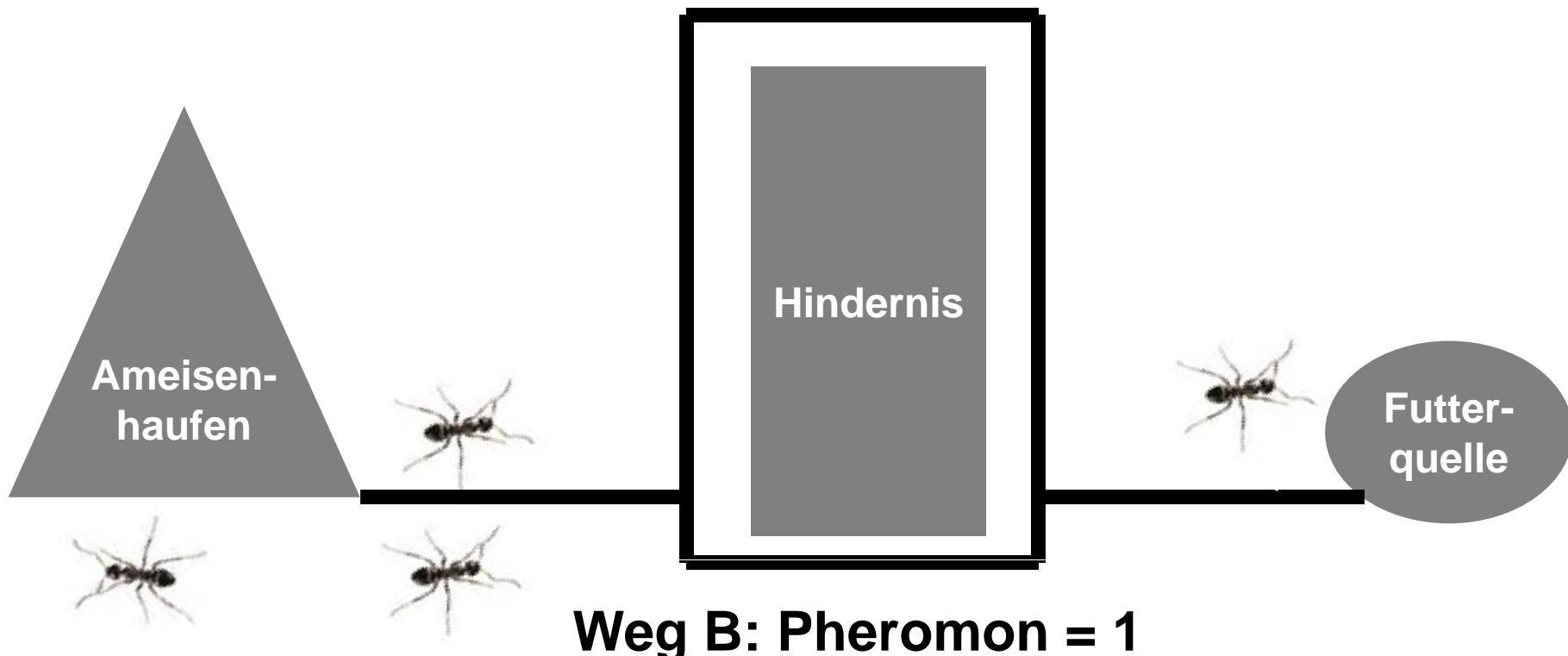
Prof. Dr. K.-W. Hansmann

# Wie finden Ameisen ihren Weg zwischen Futterquelle und Ameisenhaufen?



Nach 1 Minute

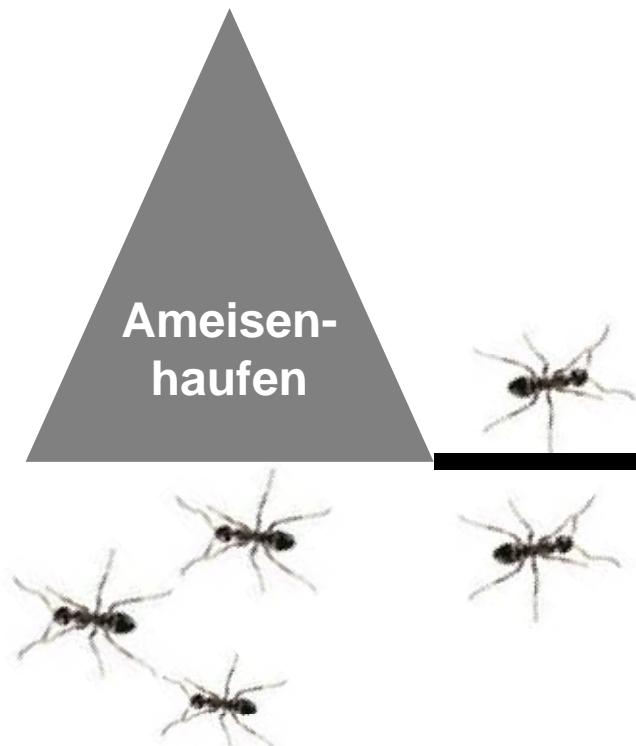
Weg A: Pheromon = 0



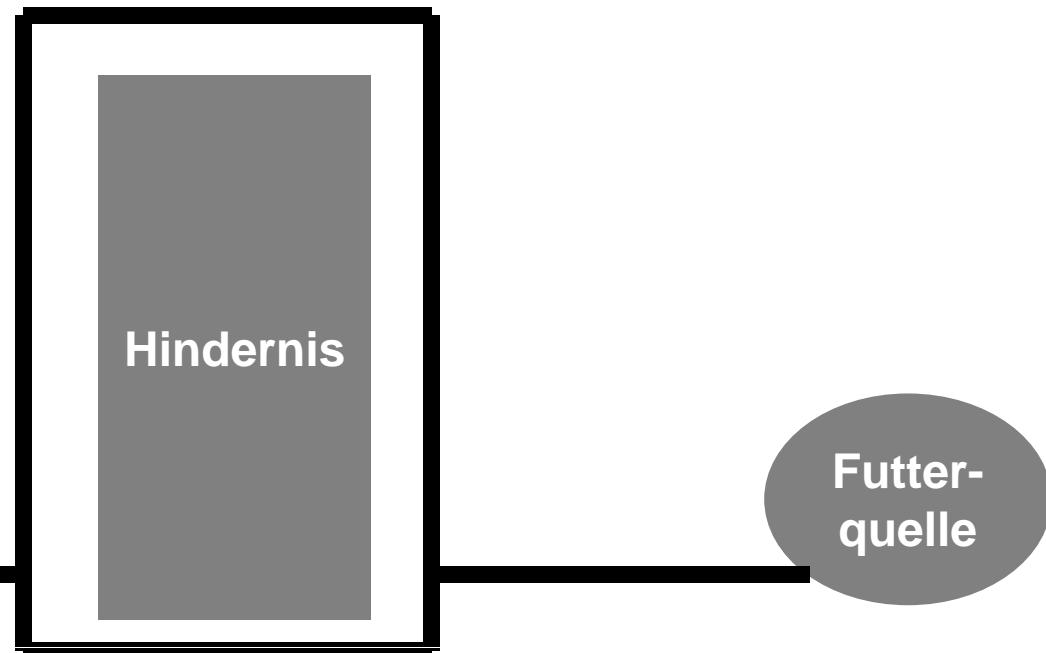
# Wie finden Ameisen ihren Weg zwischen Futterquelle und Ameisenhaufen?



Nach 2 Minute



Weg A: Pheromon = 1



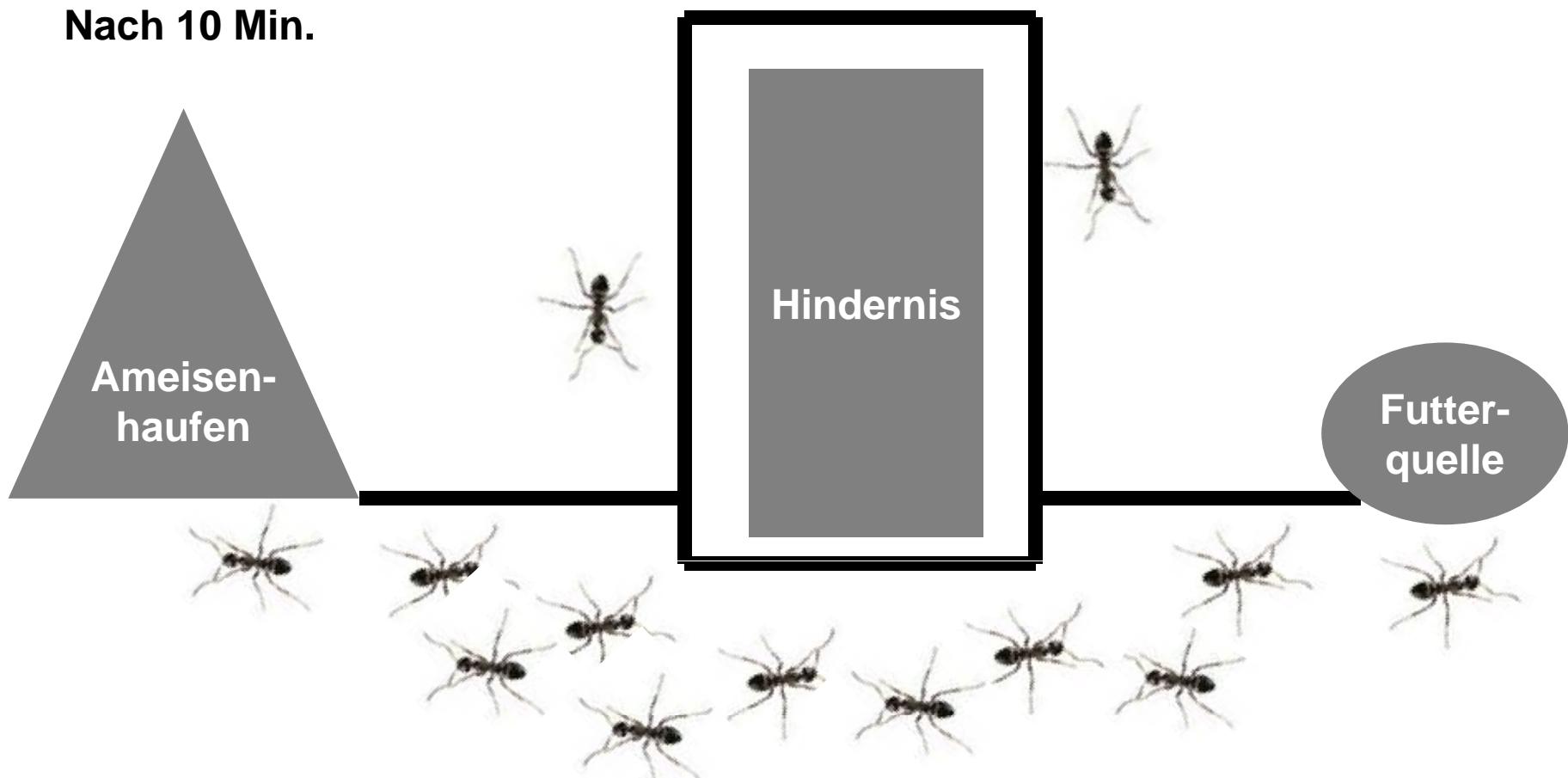
Weg B: Pheromon = 3

# Wie finden Ameisen ihren Weg zwischen Futterquelle und Ameisenhaufen?



Die Ameisenstrasse ist auf dem kürzesten Weg entstanden !

Nach 10 Min.





# Wegkonstruktion einer Computer-Ameise



Die **Attraktion einer Teilstrecke** wird durch den Quotienten

**Pheromonablage : Streckenlänge**

wiedergegeben

# Wegkonstruktion einer Computer-Ameise



gewählt: HH -> B (300 km)

Entferungen (km)

	HH	B	F	M
HH	-	300	500	780
B	300	-	550	590
F	500	550	-	400
M	780	590	400	-

Pheromon

	HH	B	F	M
HH	-	200	100	100
B	200	-	100	300
F	100	100	-	200
M	100	100	200	-

# Wegkonstruktion einer Computer-Ameise



gewählt: HH -> B -> M (890 km)

## Entfernungen (km)

	HH	B	F	M
HH	-	300	500	780
B	300	-	550	590
F	500	550	-	400
M	780	590	400	-

## Pheromon

	HH	B	F	M
HH	-	200	100	100
B	200	-	100	300
F	100	100	-	200
M	100	100	0.02	-

# Wegkonstruktion einer Computer-Ameise



gewählt: HH -> B -> M -> F -> HH (1790 km)

Prof. Dr. K.-W. Hansmann

# Pheromonabgabe der Computer-Ameise



**Länge der Rundreise  
1790 km**

**Diese Tour erhält  
nun Pheromon.**



# Pheromonabgabe der Computer-Ameise



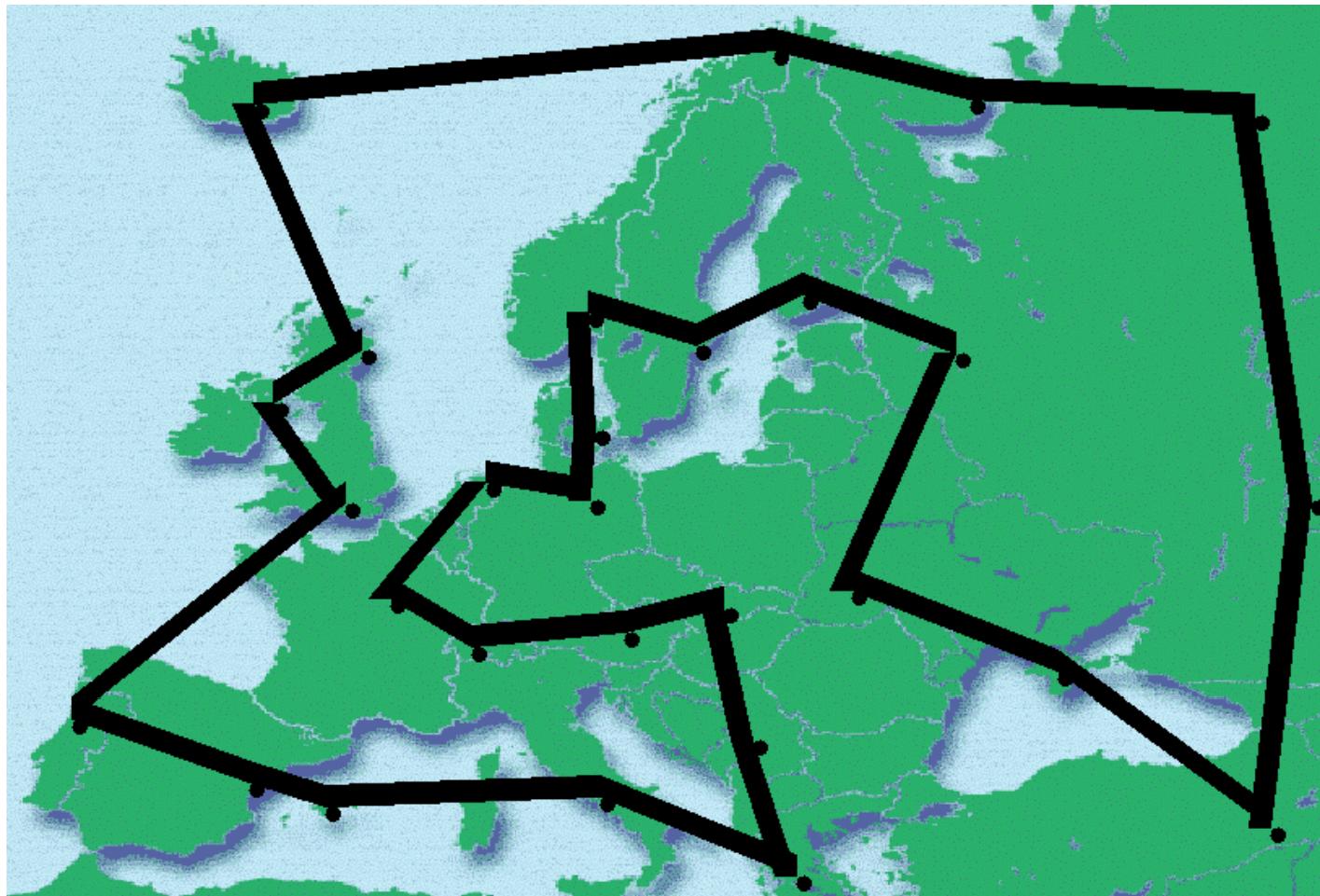
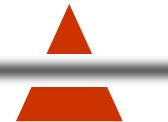
$$\begin{aligned}\text{Pheromon (neu)} &= \text{Pheromon (alt)} \\ &+ 10.000 / \text{Tourlänge}\end{aligned}$$

Pheromon (alt)				Pheromon (neu)				
HH	B	F	M	HH	B	F	M	
HH	-	200	100	100	HH	-	206	100
B	200	-	100	300	B	200	-	100
F	100	100	-	200	F	106	100	-
M	100	100	200	-	M	100	100	206

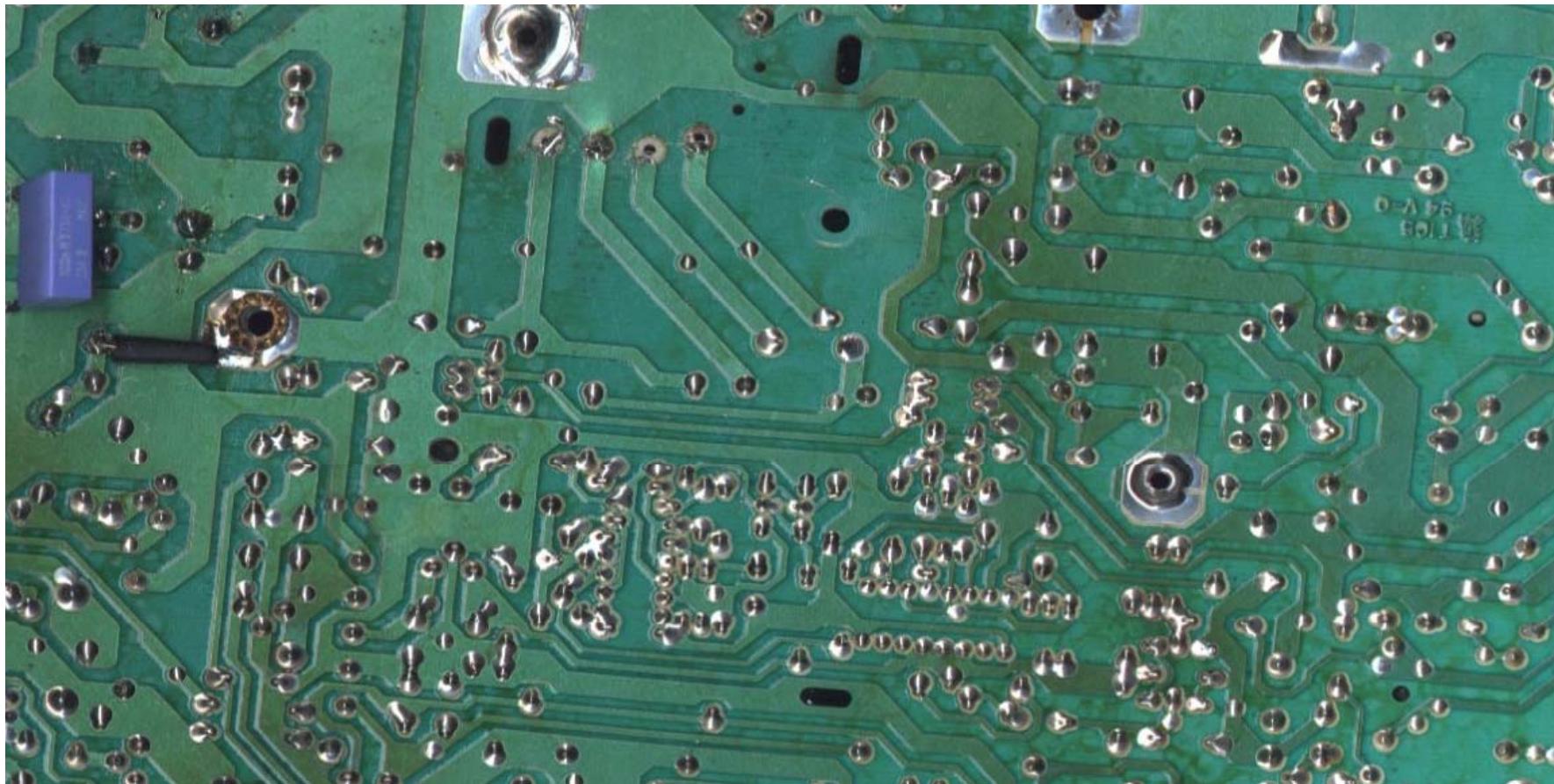


- **Die Ameisen treffen eine Zufallsauswahl proportional zur Attraktivität der alternativen Strecken**  
→ Einige „Querulanten“, die nicht der Mehrheit folgen, sind nützlich.
- **Durch Wind und Wetter verwittert die Pheromonspur im Zeitablauf. Strecken, die lange nicht benutzt wurden, verlieren an Attraktivität.**

# Der Ameisen-Algorithmus im Einsatz !



# Anwendungsbeispiele





- **Wie sind Arbeiter und Maschinen am Fließband anzurichten (Fließbandabstimmung)?**
- **In welcher Reihenfolge sind die einzelnen Automobilvarianten zu fertigen (Reihenfolgeplanung)?**



## Ameisen coachen Unternehmen



**Ich hoffe, es hat Ihnen Spaß gemacht.**

**Herzlichen Dank  
Für Ihre  
Aufmerksamkeit !**

**Spielen Sie weiter unter  
[www.ameisenalgorithmus.de](http://www.ameisenalgorithmus.de)**