

Evolutionäre Algorithmen: Entwurfstechniken

Karsten Weicker

HTWK Leipzig

5. Januar 2013

Überblick

- 1 Entwurfsmethode
- 2 Nutzung von Problemwissen

Überblick

- 1 Entwurfsmethode
- 2 Nutzung von Problemwissen

Motivation

No Free Lunch

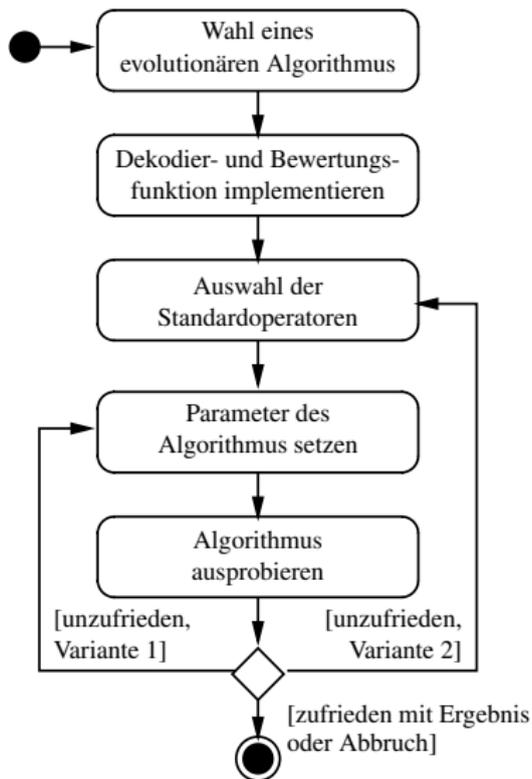
- EA müssen angepasst werden
- Wunsch: klare ingenieurmäßige Anleitung

Motivation

No Free Lunch

- EA müssen angepasst werden
- Wunsch: klare ingenieurmäßige Anleitung
- **bleibt unerfüllt**

Wiederverwendungsbasierter Ansatz



Wiederverwendungsbasierter Ansatz

Variante 1: Standardalgorithmus

Variante 2: Entwurfsmuster aus der Literatur

Wiederverwendungsbasierter Ansatz

Variante 1: Standardalgorithmus

- dies ist die Regel
- + einfach: Bibliotheken
- universell anwendbar \neq universeller Optimierer
- Kreativität: Bewertungsfunktion
- Anpassung: Parametereinstellung

Variante 2: Entwurfsmuster aus der Literatur

Wiederverwendungsbasierter Ansatz

Variante 1: Standardalgorithmus

- dies ist die Regel
- + einfach: Bibliotheken
- universell anwendbar \neq universeller Optimierer
- Kreativität: Bewertungsfunktion
- Anpassung: Parametereinstellung

Variante 2: Entwurfsmuster aus der Literatur

- + Ingenieursdenkweise
- zu grobe Klassifikationen
- fehlende Metriken für Schwierigkeit und Art des Problems

Forma-basierter Ansatz

- theoretischer Ansatz (Schema-Theorem)
- stellt die Repräsentation in den Mittelpunkt
- Abstimmung Operatoren – Repräsentation

Forma-basierter Ansatz

- theoretischer Ansatz (Schema-Theorem)
- stellt die Repräsentation in den Mittelpunkt
- Abstimmung Operatoren – Repräsentation

Entwurfsregeln

- minimale Redundanz der Kodierung (Rep),
- Ähnlichkeit der Formae hinsichtlich der Güte (Rep),
- Abschluss gegen den Schnitt von Formae (Rep),
- Verträglichkeit der Formae mit dem Rekombinationsoperator (Rek),
- Übertragung von Genen (Rek),
- Verschmelzungseigenschaft (Rek) und
- Erreichbarkeit aller Punkte im Suchraum (Mut).

Forma-basierter Ansatz

Ähnlichkeit der Formae bzgl. der Güte

Metrik: Forma-Güte-Varianz

$$FGV(\Delta, P) = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i \in \{1, \dots, n\}} \left(F(A^{(i)}) - \frac{1}{n} \cdot \sum_{k \in \{1, \dots, n\}} F(A^{(k)}) \right)^2 .$$

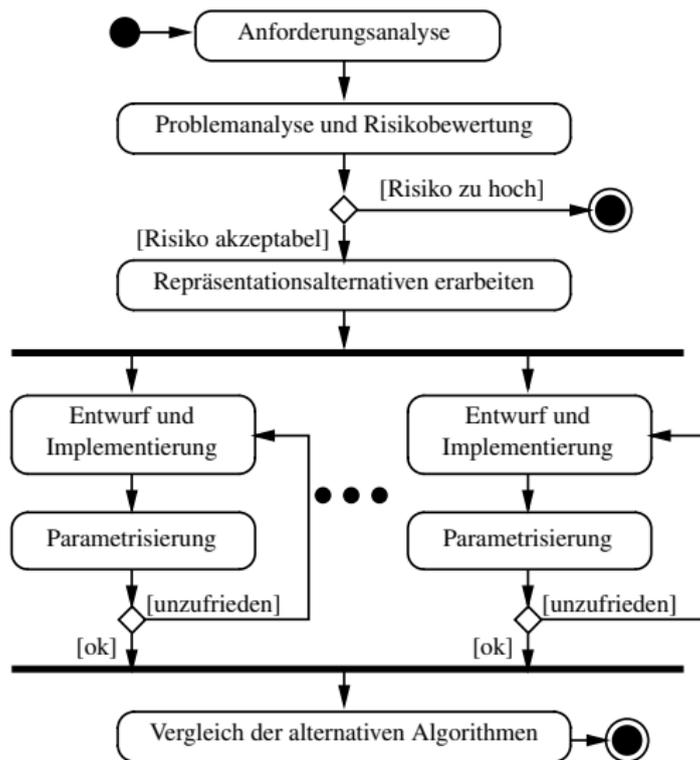
sollte klein sein für Δ kleiner Ordnung

Forma-basierter Ansatz

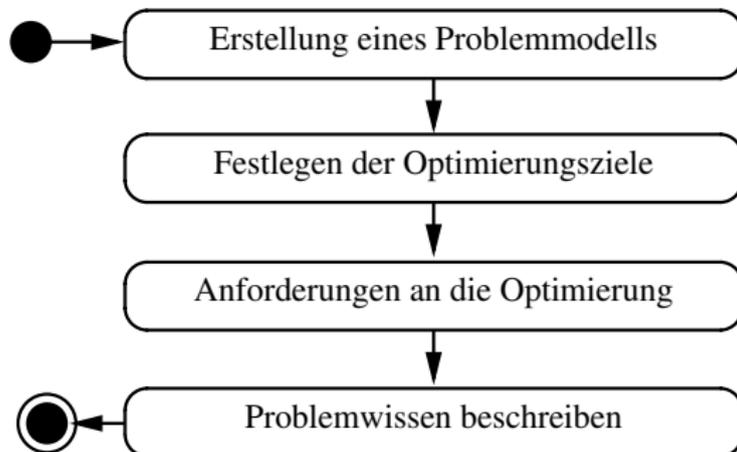
Bewertung

- + mehrere erfolgreiche Umsetzungen
- wenig anleitend/konstruktiv, sondern betont die Eingebung
- feste Aufgabenverteilung der Operatoren
- nicht für alle Probleme möglich

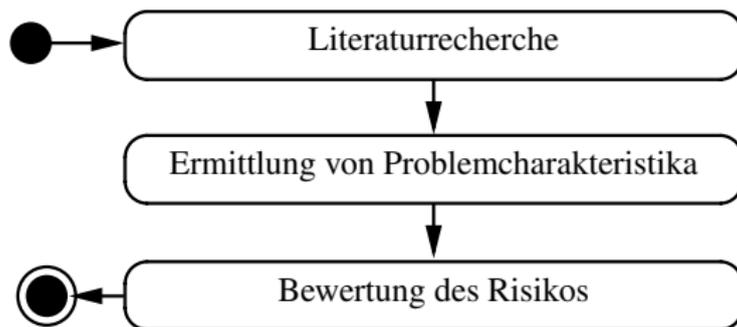
Analysebasierter Ansatz



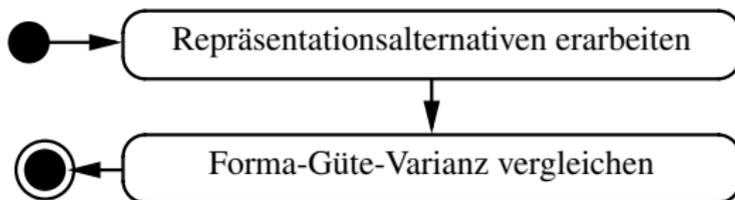
Phase 1: Anforderungsanalyse



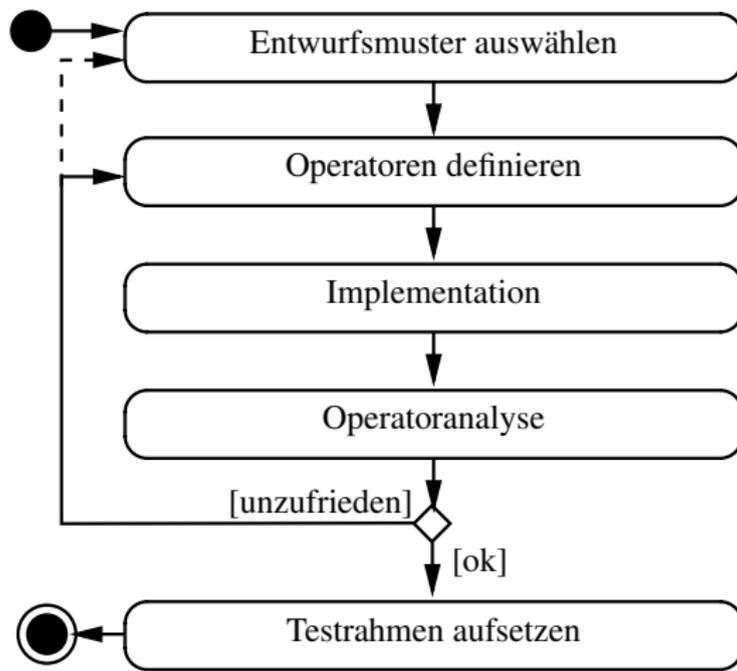
Phase 2: Problemanalyse und Risiko



Phase 3: Repräsentationsalternativen



Phase 4: Entwurf und Implementierung



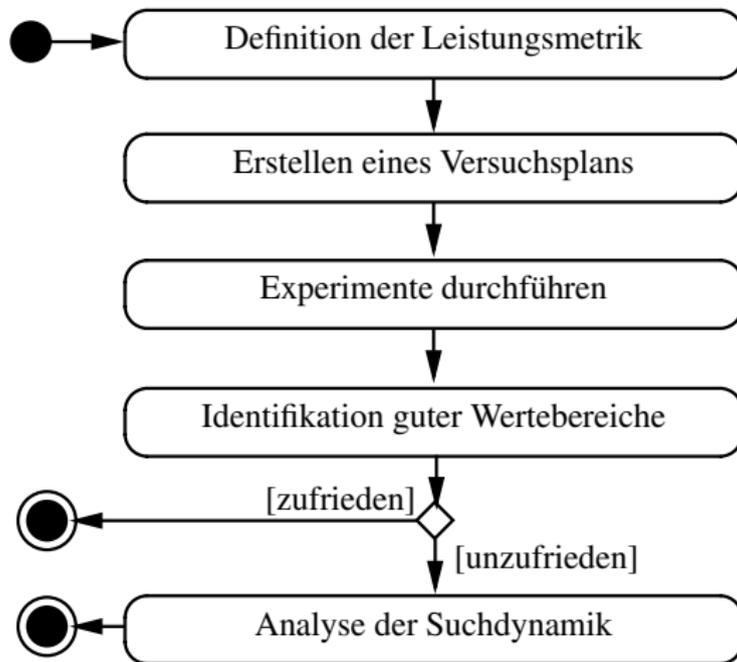
Phase 4: Entwurfsmuster

Aspekt	Beschreibung
Name des Muster	eindeutiger Bezeichner
Kontext	Problemstellungen, die eine Anwendbarkeit des Musters nahe legen
Mutationsrolle	Vorgaben zur Wahl oder zum Entwurf des Mutationsoperators (oder der Mutationsoperatoren)
Rekombinationsrolle	Vorgaben zur Wahl oder zum Entwurf des Rekombinationsoperators (oder der Rekombinationsoperatoren)
Selektionsrolle	Vorgaben zur Wahl oder zum Entwurf des Selektionsoperators (oder der Selektionsoperatoren)
Erfolgsfaktoren	Konkrete Eigenschaften des Optimierungsproblems oder sonstiger Anforderungen, die nach bisherigen Erfahrungen das Entwurfsmuster positiv beeinflussen
Metriken zum Test	konkrete Angaben zu Messungen, die dieses Muster aufweisen sollte, wenn die Operatoranalyse durchgeführt wird

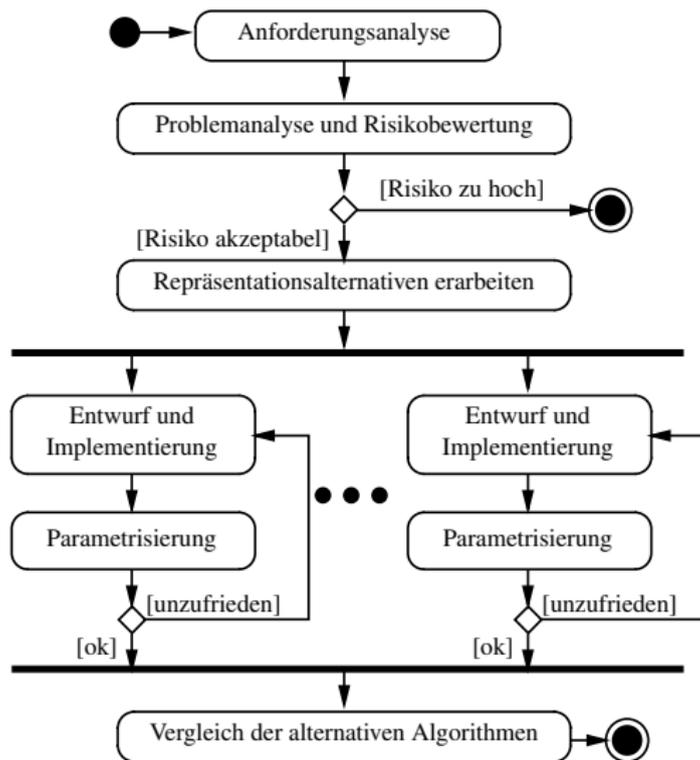
Phase 4: Metriken der Operatoranalyse

Metrik	Kurzbeschreibung
induzierte Optima	Schätzung: wieviele lokale Optima induziert Mutation. Technik: Hillclimbing-Läufe.
Isoliertheit lokaler Opt.	Schätzung: Tiefe der Täler zwischen lokalen Optima. Technik: umgekehrtes Hillclimbing.
Verbesserungsw-keit	der Kinder über die Eltern (abhängig von Elterngüte oder Parameterwerten). Technik: Stichproben/Hillclimbing.
erwartete Verbesserung	Der durchschnittliche Güteunterschied, falls das Kind eine Verbesserung darstellt.
Korrelation Elter-/Kindgüte	für Mutation: Autokorrelation, für Rekombination: Kovarianz-Term im „fehlenden“ Schema-Theorem.

Phase 5: Parametrisierung



Analysebasierter Ansatz



Anwendungen

	Anforderungsanalyse	Problemanalyse – Risikoanalyse	Repräsentationsalternativen – Forma-Güte-Varianz	Entwurf – Operatoranalyse	Parametrisierung – Versuchsplan – Suchdynamikanalyse	Vergleich – Hypothesentest
Antennenopti. TSP (Fischer)	X X	X X X	X X X	X X X X	X X X	X X X

Fazit

Bewertung

- + Prozess ist leicht anpassbar
- + Machbarkeit aller Bausteine ist erwiesen
- Zeitaufwand
- noch fehlende Werkzeugunterstützung

Fazit

Bewertung

- + Prozess ist leicht anpassbar
- + Machbarkeit aller Bausteine ist erwiesen
- Zeitaufwand
- noch fehlende Werkzeugunterstützung

Zukünftige Baustellen

- fehlender Baustein: Debugging von EA
Abgleich des Normverhalten eines Musters mit
experimentellen Daten
- weitere Erfahrungen

Überblick

- 1 Entwurfsmethode
- 2 Nutzung von Problemwissen

Nutzung von Problemwissen

Formen von Problemwissen

- beste bekannte Lösungskandidaten
- Hintergrundwissen über Zusammenhänge im Problem
- Erfahrungsschatz der Experten
- (manuelle) Heuristiken

Konkrete Schritte

Wahl des Genotyps

- kompatibel zu Heuristiken
 - Genotyp = Phänotyp oder
 - bijektive Dekodierungsfunktion
- Initialisierung der Population
- lokale Optimierung von Lösungskandidaten
- Einbetten von Teilen einer Heuristik in Operatoren

Beispiel für Heuristik-Operator

Prüfungsstundenpläne

- Prüfungen müssen konfliktfrei in vorgegebenem Zeitraum geplant werden

Ausgangsheuristik

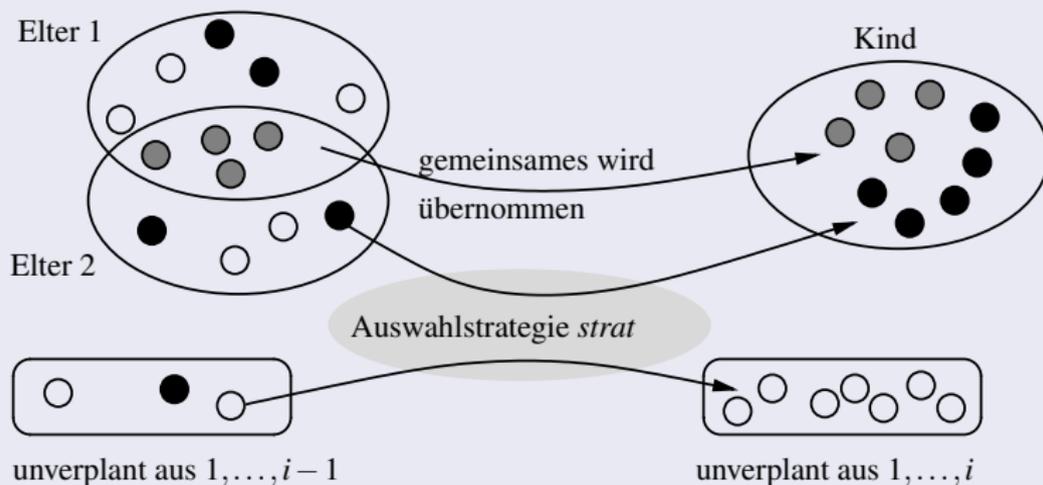
STUNDENPLAN-HEURISTIK(Prüfungsmenge M)

- 1 **for** Zeitschiene $i = 1, \dots, k$
- 2 **do** **repeat** **do** wähle eine konfliktfreie Menge von Prüfungen
- 3 **do** suche Räume mit passender Größe für Zeitschiene i
- 4 **until** ausgewählte Prüfungen können komplett verplant werden

Beispiel für Heuristik-Operator

Idee für Zeitschiene i

Veranstaltungen der Zeitschiene i



Beispiel für Heuristik-Operator

Resultierende Rekombination

PRÜFUNGS-REKOMBINATION(Individuen A, B wobei $A.G$ und $B.G$ Stunden pro Zeitschiene enthalten)

```

1  verschoben ← ∅
2  verplant ← ∅
3  for Zeitschiene  $i \leftarrow 1, \dots, k$ 
4  do  $\lceil C.G_i \leftarrow A.G_i \cap B.G_i$ 
5       $\lceil$  verplant ← verplant  $\cup C.G_i$ 
6       $\lceil$  verschoben ← (verschoben  $\cup A.G_i \cup B.G_i$ )  $\setminus$  verplant
7       $\lceil$  dazu ← strat (Auswahlstrategie) wählt zu  $C.G_i$  konfliktfreie Menge aus verschoben
8       $\lceil$   $C.G_i \leftarrow C.G_i \cup$  dazu
9       $\lceil$  verplant ← verplant  $\cup$  dazu
10      $\lfloor$  verschoben ← verschoben  $\setminus$  dazu
11 return  $C$ 

```

Beispiel für Heuristik-Operator

Auswahlstrategien

- Prüfungen mit der größten Anzahl an Konflikten insgesamt,
- Prüfungen mit ähnlichen Konflikten wie die der bereits verplanten Prüfungen,
- Prüfungen, die im anderen Elternteil sehr spät verplant sind, oder
- diejenigen Prüfungen mit einer möglichst minimalen Anzahl von Konflikten zur vorherigen Zeitschiene.

Auch hier: Erfahrungswerte aus der Praxis!