Programmiersprachen
Vorlesung 10 vom 11.12.23
Programmierparadigmen

Christoph Lüth

Universität Bremen

Wintersemester 2023/24



## Organisatorisches

Die Vorlesung am **Do, 14.12.2023** fällt aus.



## Wo sind wir?

- Einführung
- Einfache Ausdrücke und Werte
- Einfache Typen, Anweisungen und Seiteneffekte
- Variablen und Speichermodelle
- Aggregierende Typen
- Ausnahmen und Fehlerbehandlung
- Prozeduren und Funktionen
- Fortgeschrittene Typsysteme
- Datenabstraktion
- Programmierparadigmen
- Skriptsprachen
- Ab Woche 11 (2024): Studentische Vorträge.



## Was ist ein Paradigma?

Definition nach dem Duden:

**Bedeutungen (2)**

1. Beispiel, Muster; Erzählung mit beispielhaftem Charakter
   Gebrauch **bildungssprachlich**
2. Gesamtheit der Formen der Flexion eines Wortes, besonders als Muster für Wörter, die in gleicher Weise flektiert werden
   Gebrauch **Sprachwissenschaft**

Definition nach Merriam-Webster:

**Full Definition of *paradigm***

1 : EXAMPLE, PATTERN
*especially* : an outstandingly clear or typical example or archetype
*// ... regard science as the paradigm of true knowledge.*
— G. C. J. Midgley

2 : an example of a conjugation or declension showing a word in all its inflectional forms

3 : a philosophical and theoretical framework of a scientific school or discipline within which theories, laws, and generalizations and the experiments performed in support of them are formulated
*// the Freudian paradigm of psychoanalysis*
*broadly* : a philosophical or theoretical framework of any kind



## Was ist ein Programmierparadigma?

**Programmierparadigma**

Ein Programmierparadigma ist eine **grundlegende Herangehensweise** an die Programmierung, und umfasst:

- ein **Berechnungsmodell** — wie rechne ich?
- ein **Weltmodell** — was sind die Objekte meiner Berechnungen?
- sowie darauf aufbauende Konzepte.

- Programmierparadigmen sind mehr als nur eine bestimmte Programmiersprache.
- Ein Programmierparadigma bedingt auch eine Modellierung und Systemarchitektur.



## Bekannte Programmierparadigmen

- Prozedural-Imperativ
- Objektorientiert
- Funktional
- Logisch



## Fallstudie

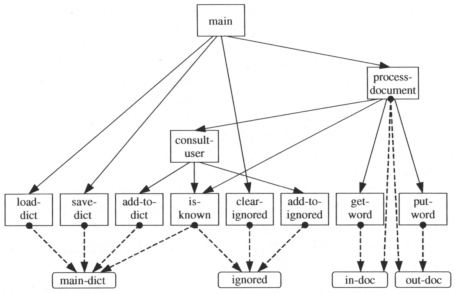
- Ein einfacher Spellchecker:
- Ablauf:
  - Eingabe: Text aus einer Datei
  - Zerlegt Text in Wörter
  - Prüft Wort gegen Wörterbuch
  - Wenn Wort nicht in Wörterbuch: ignorieren oder hinzufügen
  - Ausgabe: korrigierter Text in neuer Datei
- Quelle: Watt, Programming Language Design Concepts.



## Prozedural-Imperativ

- Berechnungsmodell: Zustandsübergänge
- Weltmodell: Abstraktion des Speichers
- Schlüsselkonzepte:
  - Variablen und Befehle
  - Prozeduren und Funktionen
  - Einfache Datentypen
- Prozedural: Abstraktion durch Funktionen und Prozeduren
- Mutter aller Programmierparadigmen
- Programmiersprachen: C (uvm)

## Imperative Systemarchitektur



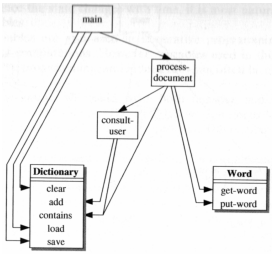



## Fallstudie imperativ

- Ablauf ist imperativ
- Keine Datenabstraktion:
  - Wörterbuch und Ignore-Liste globale Variablen
  - Ein- und Ausgabedatei global
  - Wörter sind `char *`, müssen anders deklariert werden



## Prozedurale Systemarchitekure






## Fallstudie prozedural

- Datenabstraktionen:
  - Funktionen zu `Dictionary` zusammengefasst
  - Dadurch Vereinfachung: `main_dict` und `ignored` sind beides Dictionaries.
  - Datenabstraktion zu `Word` immer noch unvollständig
- Erste Anflug von Objekt-Orientierung



## Objekt-Orientiertes Paradigma

- Objekte der Berechnung sind **Objekte**
- Berechnung sind (abstrakte) Nachrichten (**Methoden**), welche die Objekte austauschen.
- Im einzelnen:
  - Verkapselung der Objekte als **abstrakte Datentypen**
  - Typisierung der Objekte durch Klassen
  - Strukturierung der Klassen durch **Vererbung**
  - Methodenaufruf durch **dynamische Bindung**
  - **Polymorphie** durch Subtyping



## Geschichtliches

- Erste Sprache: Simula (1960s), Ole-Johann Dahl und Kristen Nygaard
- Simula kannte Objekte, Klassen, Vererbung, Koroutinen und hatte Speicherverwaltung.
- Spätere Sprachen: Smalltalk-80, C++, Eiffel, Java
- Noch spätere Sprachen: Ruby, Python, C#, Scala, OCaml



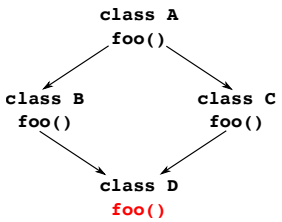
## Vererbung

- Vererbung löst ein Problem mit abstrakten Datentypen:
  - ADTs sind **verkapselt** und könnten gut erweitert und wiederverwendet werden.
  - Aber: Verkapselung verhindert Wiederverwendung
  - Ferner: keine **hierarchischen** Definitionen
- Arten der Vererbung:
  - Einfache Vererbung (jede Klasse hat **eine** Oberklasse)
  - Mehrfachvererbung (jede Klasse hat **mehrere** Oberklassen)



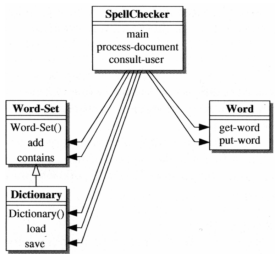
## Probleme mit Mehrfachvererbung

1. Das **Diamanten-Problem** (diamond problem):
   - `B` erbt von `A` und überschreibt `foo`
   - `C` erbt von `A` und überschreibt `foo`
   - `D` erbt von `B` und `C` — was ist `foo` in `D`?
2. Implementation




- Sprachen mit Mehrfachvererbung: C++, Eiffel, Python
- Sprachen mit Einfachvererbung: Java, Scala, ...
  - Dafür Interfaces und/oder Traits

## Die Fallstudie objekt-orientiert






## Funktionales Programmierparadigma

- Berechnungsmodell: rekursive Funktionen
- Weltmodell: algebraische Datentypen
  - frei definierbar — SML, Haskell
  - fest — LISP
- Schlüsselkonzepte:
  - Sprachen können pur (Haskell) oder gemischt sein (SML, LISP)
  - Getypt (Haskell, SML) oder ungetypt (LISP)
  - Strikt (SML, LISP) oder nicht-strikt (Haskell)



## Die Fallstudie funktional

- Erste Annäherung:
  - Modularchitektur ähnlich vorher
  - Implementation ähnlich Java
- Zweite Annäherung: funktionale Modellierung
  - `spellcheck` als `stream processor`

```
consultUser :: String → Dictionaries → IO (String, Dictionaries)
dropWord :: String → (String, String)
getWord :: String → Maybe (String, String)
```



## Zusammenfassung

- Programmierparadigmen bestehen aus einem Weltmodell und einem Berechnungsmodell
  - Was sind die Objekte meiner Berechnung?
  - Wie berechne ich?
- Beispiele:
  - imperativ und prozedural
  - objekt-orientiert
  - funktional
  - logisch
- Die meisten Programmiersprachen sind **gemischt** und unterstützen mehrere Paradigmen.
  - Aber meistens ein bestimmtes besonders gut.