

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 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

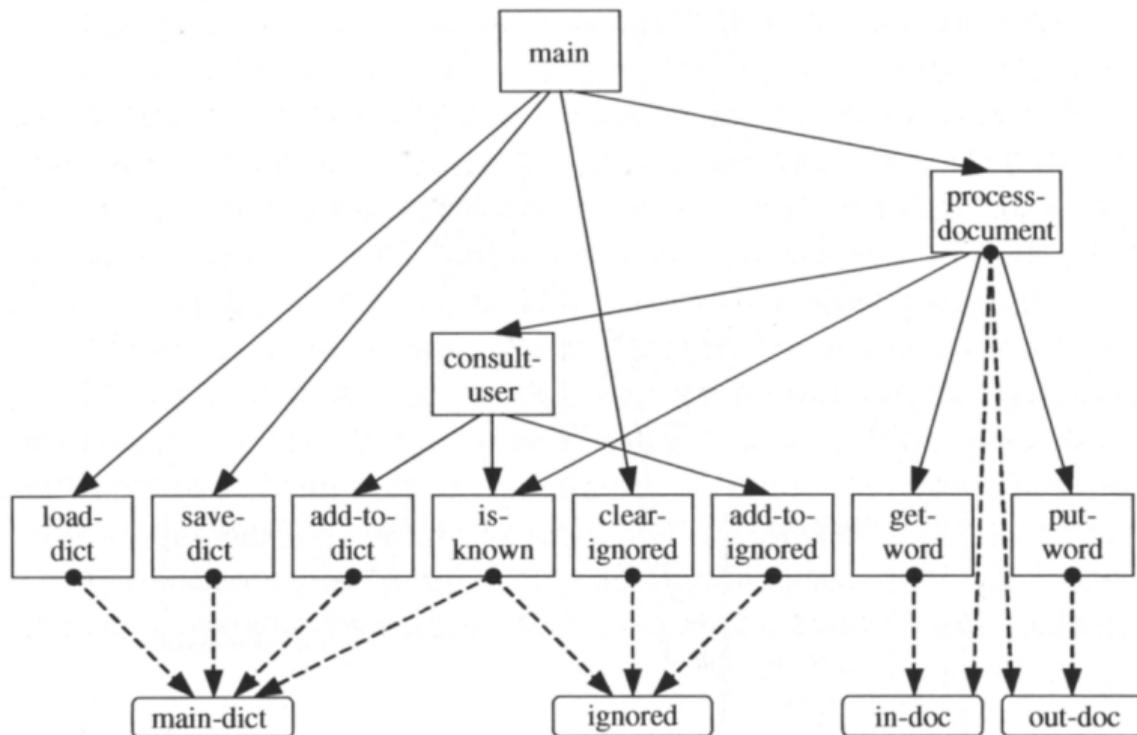
Fallstudie

- ▶ 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)

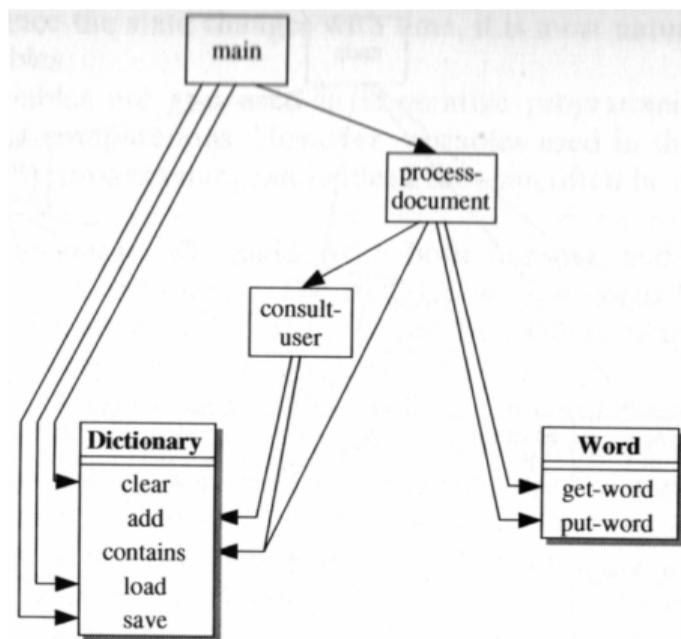
Imperative Systemarchitektur



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 Systemarchitekture



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)

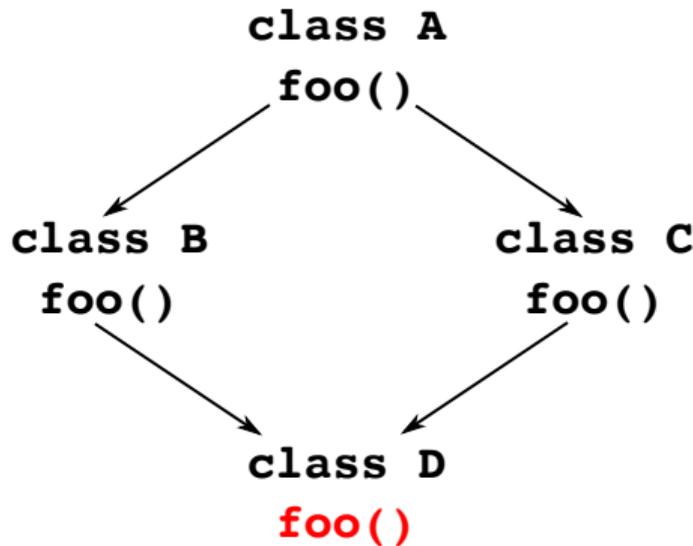
Probleme mit Mehrfachvererbung

1 Das **Diamanten-Problem** (diamond problem):

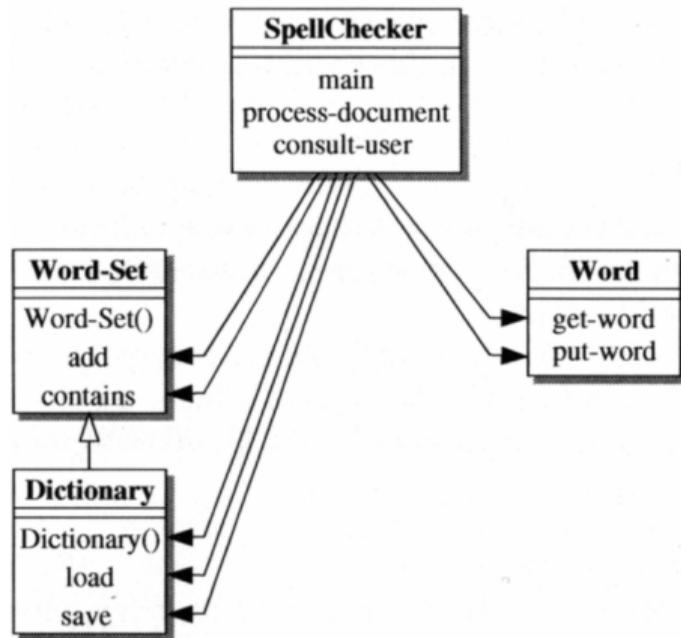
- ▶ B erbt von A und überschreibt `foo`
- ▶ C erbt von A und überschreibt `foo`
- ▶ D erbt von B und C — was ist `foo` in D?

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, Dictionary)
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.