Praktische Informatik 3: Funktionale Programmierung

Vorlesung 12 (17.01.2023): Funktionale Webanwendungen

Christoph Lüth

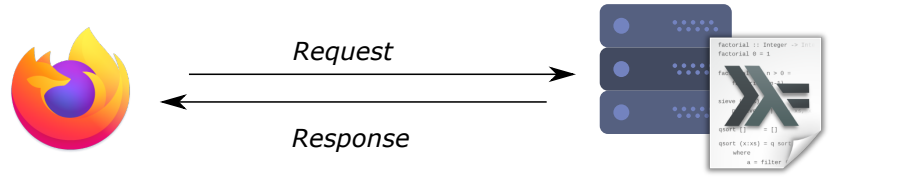
Wintersemester 2022/23

Fahrplan

- Teil I: Funktionale Programmierung im Kleinen
- Teil II: Funktionale Programmierung im Großen
- **Teil III: Funktionale Programmierung im richtigen Leben**
  - Aktionen und Zustände
  - Monaden als Berechnungsmuster
  - Funktionale Webanwendungen
  - Scala — Eine praktische Einführung
  - Rückblick & Ausblick

I. Eine kurze Einführung in die Webentwicklung

Wie funktioniert das Web?



Kennzeichen einer Webanwendung

- **Zustandsfreiheit**: jeder Request ist ein neuer
- **Nebenläufigkeit**: ein Server, viele Browser (gleichzeitig)
- **Entkoppelung**: Serveranwendung und Browser weit entfernt

Grober Ablauf

1. Browser stellt **Anfrage**
   - *Gib mir Seite /home/cxl/*
2. Server nimmt Anfrage entgegen, **löst** Anfrage auf
   - */home/cxl/, das muss die Datei /var/www/cxl/index.html sein.*
3. Server sendet Antwort
   - *Hier ist die Seite:* `<h1>Hallo</h1><p>Foo ba...`

Verfeinerter Ablauf

- Das **Protokoll** ist HTTP (RFC 2068, 7540).
  - HTTP kennt vier Arten von Requests: GET, POST, PUT, DELETE.
- Der Server löst den **Pfad** `/bar/bar/` zu einer **Resource** auf (**Routing**). Das kann eine Datei sein (static routing), oder es wird eine Funktion aufgerufen, die ein Ergebnis erzeugt.
- HTTP kennt verschiedene Arten von **response codes** (100, 404, ...). Der Inhalt der Antwort ist **beliebig**, und nicht notwendigerweise HTML.

Architekturerwägungen

- Webanwendungen müssen **zustandsfrei** sein und **skalieren**
- Übertragung ist **unzuverlässig**.
- Architekturstil: **REST** (Representational State Transfer)
  - Sammlung von **Architekturprinzipien**
- Dazu: CRUD (create, read, update, delete)

Merkmale von REST-Architekturen

1. Zustandslosigkeit — jede Nachricht in sich vollständig
2. Caching
3. Einheitliche Schnittstelle:
   - Adressierbare Ressourcen — als URL
   - Repräsentation zur Veränderungen von Ressourcen
   - Selbstbeschreibende Nachrichten
   - *Hypermedia as the engine of the application state* (HATEOAS)
4. Architektur: Client-Server, mehrschichtig

Anatomie einer Web-Applikation

- **Routing:** Auflösen der Pfade zu Aktionen
- Eigentliche Aktion
- **Persistentes** Backend
- Erzeugung von HTML (meistens), JSON (manchmal)

☞ Siehe Übung 12.**??**

II. Web Development in Haskell

Scotty: ein einfaches Web-Framework

From the web-page `https://hackage.haskell.org/package/scotty`:

Scotty is the cheap and cheerful way to write RESTful, declarative web applications.

- A page is as simple as defining the verb, url pattern, and Text content.
- It is template-language agnostic. Anything that returns a Text value will do.
- Conforms to WAI Application interface.
- Uses very fast Warp webserver by default.

Ein erster Eindruck

```haskell
{-# LANGUAGE OverloadedStrings #-}

import Web.Scotty

import Data.Monoid (mconcat)

main = scotty 3000 $
  get "/:word" $ do
    beam ← param "word"
    html $ mconcat ["<h1>Scotty, ", beam, " me up!</h1>"]
```

(Auch von der Webseite.)

Ein erstes Problem

- Repräsentation von Zeichenketten als `type String=[Char]` ist elegant, aber benötigt **Platz** und ist **langsam**.
- Daher gibt es **mehrere** Alternativen:
  - `Data.Text` Unicode-Text, strikt und schnell
  - `Data.Text.Lazy`, Unicode-Text, String kann größer sein als der Speicher
  - `Data.ByteString` Sequenzen von Bytes, kein Unicode, kompakt
- Deshalb `mconcat [...]` oben (`class Monoid`)
- String-Literale können **überladen** werden (`LANGUAGE OverloadedStrings`)
- Mit `pack` und `unpack` Konversion von Strings in oder von `Text`.
- Potenzielle Quelle der Verwirrung: Scotty nutzt `Text.Lazy`, Blaze nutzt `Text`.

HTML

- Scotty gibt nur den Inhalt zurück, aber wir wollen HTML erzeugen.
- Drei Möglichkeiten:
  1. Text selber zusammensetzen: `"<h1>Willkommen!</h1>\n<span␣class=".">`
  2. Templating: HTML-Dokumente durch Haskell anreichern lassen (Hamlet, Heist)
  3. Zugrundeliegende Struktur (DOM) in Haskell erzeugen, und in Text konvertierten.

Erzeugung von HTML: Blaze

Selbstbeschreibung: `https://jaspervdj.be/blaze/`

BlazeHtml is a blazingly fast HTML combinator library for the Haskell programming language. It embeds HTML templates in Haskell code for optimal efficiency and composability.

- Kann (X)HTML4 und HTML5 erzeugen.
- Dokument wird als Monade repräsentiert und wird durch Kombinatoren erzeugt:

```
numbers :: Int→ Html
numbers n = docTypeHtml $ do
    H.head $ do
        H.title "Natural␣numbers"
    body $ do
        p "A␣list␣of␣natural␣numbers:"
        ul $ forM_ [1 .. n] (li ∘ toHtml)
```

```
image = img ! src "foo.png" ! alt "A␣foo␣image."
```

- Siehe Tutorial.

Persistenz

- Eine Web-Applikation muss **Zustände** verwalten können
  - Nutzerdaten, Warenbestand, Einkauf, ...
- Üblicher Ansatz: **Datenbank**
  - ACID-Eigenschaften garantiert, insbesondere Nebenläufigkeit
  - Aber: externe Anbindung nötig
- Hier: **Mutable Variables** `MVar a` (nicht durable, aber schnell und einfach)

Nebenläufige Zustände

- Haskell ist **nebenläufig** (hier ein Thread pro Verbindung)
- `MVar` α sind synchronisierte veränderlich Variablen.
- Kann **leer** oder **gefüllt** sein.

```
newMVar  :: α→ IO (MVar α)
readMVar  :: MVar α→ IO α — MVar bleibt gefüllt
takeMVar  :: MVar α→ IO α — MVar danach leer
putMVar   :: MVar α→ α → IO () — Füllt MVar
```

- `readMvar` und `takeMVar` **blockieren**, wenn Variable leer ist
- Erlaubt einfache Synchronisation (vgl. `synchronized` in Java)

Zustand

- Wie können wir den Benutzer **identifizieren**?
- Ein Ansatz: **Cookies**
  - Widerspricht dem REST-Ansatz.
- Hier: über die URL — jeder Benutzer bekommt eine Resource

☞ Siehe Übung 12.**??**

III. Ein Web-Shop für Onkel Bob

Architektur des Web-Shop

Model-View-Controller-Paradigma (Entwurfsmuster):

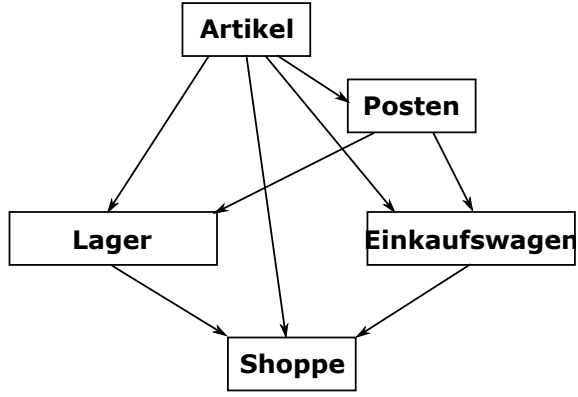
- Das **Model** ist der eigentliche (und persistente) Teil der Anwendung, bestehend aus den Datentypen samt der Funktionen darauf.
- Die **Views** sind Funktionen, die Webseiten aufbauen.
- Der **Controller** übersetzt Anfragen von außen in die Aufrufe der Model-Funktionen, erzeugt aus den Ergebnissen mit den Views Webseiten und schickt diese wieder zurück.

Entwurf der Anwendung

Resource	Methode	Daten
`/`	GET	Home-Page: Angebote anzeigen. Link zu neuem Einkauf
`/einkauf/neu`	GET	Neuen Einkauf beginnt, Einkaufswagen wird zugeteilt. Dann Weiterleitung zu folgender:
`/einkauf/:id`	GET	Einkaufswagen darstellen Link zur Bezahlseite
`/einkauf/:id`	POST	Angegebene Produkte in den Einkaufswagen
`/einkauf/:id/kasse`	GET	Bezahlseite mit Rechnung. Link zur Home-Page
`/einkauf/:id/kaufen`	GET	Bezahlt, Einkaufswagen löschen
`/einkauf/:id/abbruch`	GET	Abgebrochen, Produkte zurück
`/einkauf/lieferung`	POST	Anlieferung von Artikeln
`/einkauf/lager`	GET	Lagerbestand als JSON-Objekt

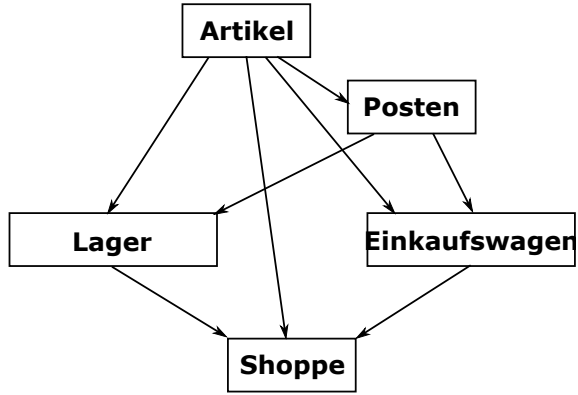
Model: der Shop

- Einheitliches Interface des Shop.
- Verwaltet Menge von **Einkäufen** (Einkaufswagen),
- Funktionen (Auszug):
  - Neuer Einkaufswagen
  - Produkt in Einkaufswagen
  - Einkauf abschließen/abbrechen
- Rein funktional, ADT `Shop` α



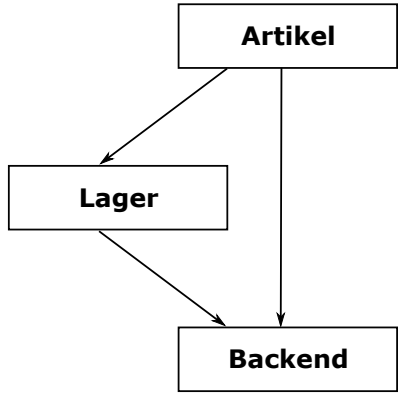
Model: der Shop

- Einheitliches Interface des Shop.
- Verwaltet Menge von **Einkäufen** (Einkaufswagen),
- Funktionen (Auszug):
  - Neuer Einkaufswagen
  - Produkt in Einkaufswagen
  - Einkauf abschließen/abbrechen
- Rein funktional, ADT `Shop` α
- Änderungen:
  - Einheitliche Mengen
  - Posten nicht mehr als ADT
  - Einkaufswagen nicht mehr als Modul



Model: der Shop

- Einheitliches Interface des Shop.
- Verwaltet Menge von **Einkäufen** (Einkaufswagen),
- Funktionen (Auszug):
  - Neuer Einkaufswagen
  - Produkt in Einkaufswagen
  - Einkauf abschließen/abbrechen
- Rein funktional, ADT `Shop` α
- Änderungen:
  - Einheitliche Mengen
  - Posten nicht mehr als ADT
  - Einkaufswagen nicht mehr als Modul



Controller

- Persistiert den **Zustand** des Shop (nur für Laufzeit des Servers)
- Nutzt `UUID` zur Zuordnung des Einkauf (garantiert eindeutige Bezeichner)
- **Zugriff** auf den Shop:
  - **Ändernd** (muss synchronisieren)
  - **Lesen** (ohne Synchronisation)

View

- Erzeugt Seiten (Templates):

```
homePage :: Text→ [(Posten, Int)]→ Html

shoppingPage :: String→ String→ [Text]→ [(Posten, Int)]
              → Int→ [Posten]→ Html

checkoutPage :: String→ String→ [(Posten, Int)]→ Int→ Html

thankYouPage :: Text→ Html
```

- Weitere Funktionen: Artikelname, Mengeneinheiten, Euros etc.
- Artikel werden über eine eindeutige Kennung (`articleId`) identifiziert.

Zusammenfassung

- Wichtige Prinzipien für Web-Anwendungen:
  - Nebenläufigkeit, Zustandsfreiheit, REST
- Haskell ist für Web-Development gut geeignet:
  - Zustandsfreiheit macht Nebenläufigkeit einfach
  - Bequeme Manipulation von Bäumen
  - Abstraktionsbildung
- Web-Programmierung ist **umständlich**.