TECHNISCHE UNIVERSITÄT
KAISERSLAUTERN

Software Entwicklung 1

Annette Bieniusa / Arnd Poetzsch-Heffter

AG Softech
FB Informatik
TU Kaiserslautern

TECHNISCHE UNIVERSITÄT
KAISERSLAUTERN

Fallstudie: Arithmetische Ausdrücke

Überblick

- Rückblick und Wiederholung
    - Subtyping und Vererbung
    - Statische Methoden
    - Rekursive Datenstrukturen (Bäume)
    - Grammatiken
    - Parsen durch rekursiven Abstieg
- Design Pattern: Factory
- Eliminierung von Linksrekursion in Grammatiken
- Testen von Exceptions

Rekursive Klassen

Eine Klasse ist **rekursiv**, falls sie ein Attribut der gleichen Klasse, einer Superklasse oder eines implementierten Interfaces besitzt.

Typische Beispiele:

- Knoten von verketteten Listen
- Baumstrukturen

Arithmetische Ausdrücke

Ein arithmetischer Ausdruck ist entweder

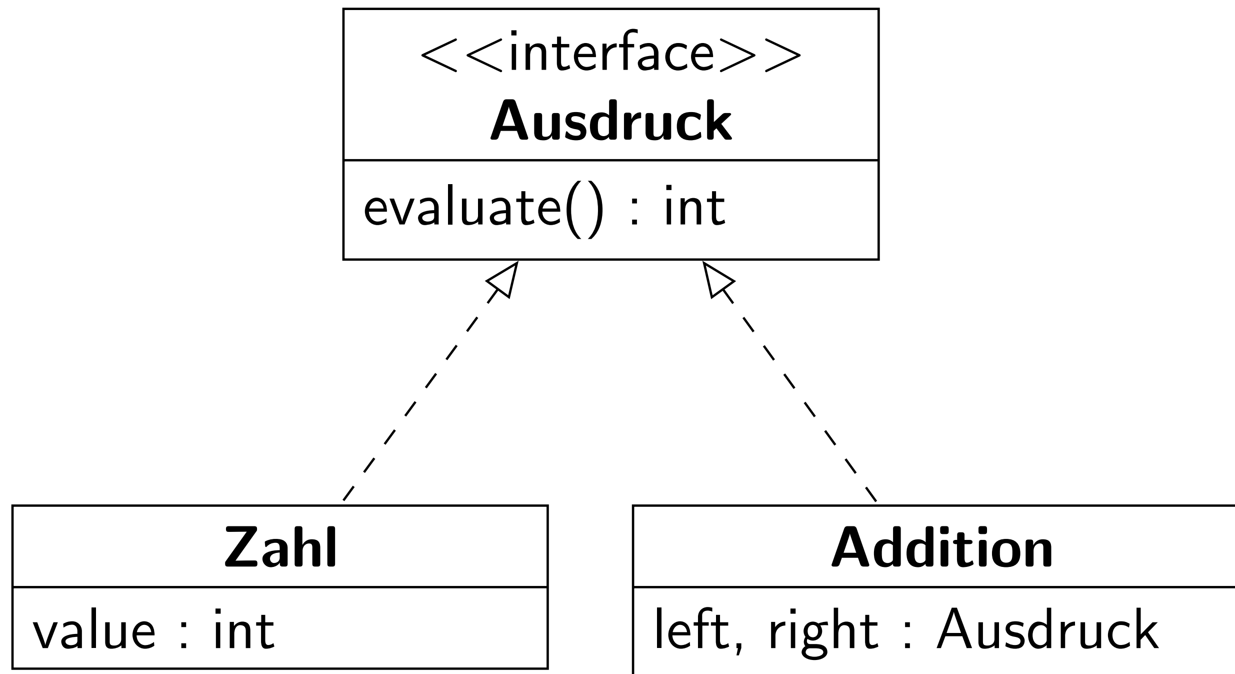
- eine Konstante (eine ganze Zahl)
  Beispiele: `0, 51, -42`
- eine Summe von zwei arithmetischen Ausdrücken
  Beispiele: `3+4, 17+4, 17+ (2+2)`

Typische Operationen auf arithmetischen Ausdrücken

- Berechnen des Werts

TECHNISCHE UNIVERSITÄT KAISERSLAUTERN

Arithmetische Ausdrücke: Klassendiagramm



Methodenentwurf: Auswertung von Konstanten

- Der Wert einer Konstanten ist die Konstante selbst.

```
assertEquals(42, new Zahl(42).evaluate());
```

- Implementierung

```
public class Zahl implements Ausdruck {
  // Felder und Konstruktor ...

  public int evaluate() {
      return this.value;
  }
}
```

Methodenentwurf: Auswertung von Summen

- Der Wert eines `Addition`-Ausdrucks ist die Summe der Werte seiner Teilausdrücke.

```
assertEquals(21, new Addition(new Zahl (17), new Zahl (4)).evaluate());
assertEquals(21, new Addition(new Zahl (17),
                              new Addition (new Zahl (2),
                                            new Zahl (2))).evaluate());
```

- Implementierung

```
public class Addition implements Ausdruck {
  // Felder und Konstruktoren ...

  public int evaluate() {
    return left.evaluate() + right.evaluate();
  }
}
```

Erweiterung: Neue Arten von Ausdrücken

Ein arithmetischer Ausdruck ist entweder

- eine Konstante (eine natürliche Zahl)
  Bsp.: `0, 51, 42`
- eine Summe von zwei arithmetischen Ausdrücken
  Bsp.: `3+4, 17+4, 17+ (2+2)`
- ein Produkt von zwei arithmetischen Ausdrücken
  Bsp.: `3*4, 2 * (17+4), (2 * 3) * 4`

Arithmetische Ausdrücke: Erweiterung

Zum Hinzufügen einer neuen Art von Ausdruck muss nur eine neue Klasse definiert werden, die das Interface Ausdruck implementiert.

```
class Multiplikation implements Ausdruck {
    private Ausdruck left;
    private Ausdruck right;

    Multiplikation(Ausdruck left, Ausdruck right) {
        this.left = left;
        this.right = right;
    }

    public int evaluate() {
        return left.evaluate() * right.evaluate();
    }

    public String toString() {
        return "(" + left + "*" + right + ")";
    }
}
```

Erweiterung: Neue Operation hinzufügen

Ein arithmetischer Ausdruck kann

- mit `evaluate()` seinen Wert berechnen;
- mit `size()` seine Größe berechnen.

Die Größe eines arithmetischen Ausdrucks ist die Anzahl seiner Operatoren und Konstanten.

Erweiterung: Neue Operation hinzufügen

- Interface anpassen

```
public interface Ausdruck {
  int eval();
  int size();
}
```

- **In jeder Klasse, die das Interface implementiert, muss die neue Methode `size()` hinzugefügt werden**

Nachteil

- Die Änderung ist nicht lokal.
- Es müssen **ggf. viele Klassen angepasst werden**.

Methodenentwurf: `size()` von Konstanten

- Die Größe einer Konstanten ist 1.

```
assertEquals(1,new Zahl(42).size());
```

- Implementierung

```
public class Zahl implements Ausdruck {
  ...
  public int size() {
    return 1;
  }
}
```

Methodenentwurf `size()` von Summen

- Die Größe eines `Addition`-Ausdrucks ist die Summe der Größen seiner Teilausdrücke plus 1 für die Addition.

```
assertEquals(3, new Addition(new Zahl(17), new Zahl(4)).size());
assertEquals(5, new Addition(new Zahl(17),
                             new Addition(new Zahl(2),
                                          new Zahl(2))).size());
```

- Implementierung

```
public class Addition implements Ausdruck
...
  public int size() {
    return 1 + left.size() + right.size();
  }
}
```

- Analog bei Produkten!

Erzeugen von Beispiel-Ausdrücken

Mit Java Konstruktoren

```
@Test
 public void testEval() {
   // (42 + (5 * 4)) * (2 + 1)
   Ausdruck e = new Produkt(new Addition(new Zahl(42),
                     new Produkt(new Zahl(5), new Zahl(4))),
                     new Add(new Zahl(2), new Zahl(1)));
   assertEquals(186, e.evaluate());
 }
```

Java's Syntax für Konstruktoraufrufe ist für das **Erstellen verschachtelter Strukturen** sehr unleserlich.

Erzeugen von Beispiel-Ausdrücken

Mit statischen Factory-Methoden

```
@Test
public void testEvalStatic() {
  // (42 + (5 * 4)) * (2 + 1)
  Ausdruck e = mult(add(cnst(42), mult(cnst(5),cnst(4))),
                    add(cnst(2),cnst(1)));
  assertEquals(186, e.evaluate());
}
```

- Die statischen Methoden `mult` und `add` sind **statische Methoden** aus einer Klasse `AusdruckFactory`.

Parsen

Aufgabenstellung Parsen

Gesucht ist ein Parser-Objekt `p` für einen String `input` mit Methode

```
Ausdruck parse();
```

so dass folgendes gilt:

1. Falls `input` einen korrekt geformten Ausdruck enthält, so liefert `parse()` ein Objekt von Type `Ausdruck`, das der Eingabe entspricht.
2. Falls `input` keinen korrekt geformten Ausdruck enthält, so liefert `parse()` eine Exception als Fehlermeldung.
3. Für alle Objekte `e` ungleich `null` von Typ `Ausdruck` soll gelten, dass `p.parse(e.toString()).toString()` den gleichen String liefert wie `e.toString()`.
   Insbesondere wird keine Exception ausgelöst.

Beispiele für `toString()`

```
public void test() {
  checkParseToString(cnst(45));
  checkParseToString(add(cnst(3),cnst(4)));
  checkParseToString(mult(cnst(3),cnst(4)));
  checkParseToString(add(mult(cnst(2),cnst(3)),cnst(4)));
}

private void checkParseToString(Ausdruck e) {
  String r = e.toString();
  Parser p = new Parser(r);
  Ausdruck e_parsed = p.parse();
  assertEquals(e.toString(),e_parsed.toString());
}
```

Lexeme: Bestandteile eines Ausdrucks

1. Konstante: Folge von Ziffern
2. Klammer auf
3. Klammer zu
4. Pluszeichen
5. Multiplikationszeichen
6. Trennsymbole: Leerzeichen, Tabulatoren, etc (**whitespace**) (hier nicht betrachtet)

Die Zeichenfolgen nach 1-5 heißen **Lexeme**.
Zwischen zwei Lexemen dürfen beliebig viele Trennsymbole eingefügt werden.

Grammatik für Ausdrücke

$$
\begin{array}{lcl}
\text{Ausdruck} & ::= & \text{Ausdruck} + \text{Term} \\
 & | & \text{Term} \\
\text{Term} & ::= & \text{Term} * \text{Factor} \\
 & | & \text{Factor} \\
\text{Factor} & ::= & \text{Zahl} \\
 & | & (\ \text{Ausdruck}\ )
\end{array}
$$

- Für diese Grammatik gibt es zu jedem String höchstens eine Ableitung.
- Die Ableitung $\text{Ausdruck} \Rightarrow \cdots \Rightarrow 1 + 2 * 3$
entspricht `1 + (2 * 3)`

Wunschzettelaktion

Welches Thema wünschen Sie sich im neuen Jahr?

- Muss Bezug zum Programmieren oder Software-Engineering haben
- Bitte notieren Sie Ihren Wunsch auf einem Zettel!

Parsen durch rekursiven Abstieg

Parsen durch rekursiven Abstieg: Idee

- Jedes Nichtterminalsymbol N wird durch eine Methode `parseN` repräsentiert.
- Die Methode zum Nichtterminalsymbol N liest aus der Eingabe einen String, der aus N abgeleitet werden kann.
- Die Definition der Methode ergibt sich aus den Produktionen für N.
    - Anhand des vorliegenden Lexems wird eine Alternative der Produktion ausgewählt.
    - Für die Symbole auf der rechten Seite wird von rechts nach links Code generiert.
    - Für ein Nichtterminalsymbol N' wird `parseN'` aufgerufen.
    - Für ein Terminalsymbol t wird `tryParseT()` aufgerufen.
- Bemerkung: Die Methoden rufen sich gegenseitig rekursiv auf!

Beispiel: Methode für Factor

$$\text{Factor} ::= \text{Zahl} \mid (\ \text{Ausdruck}\ )$$

```
Ausdruck parseFactor() throws ParseException {
  Zahl z = tryParseZahl();
  if (z != null) {
    return z;
  }
  if (tryParseKlammerAuf() != null) {
    Ausdruck e = parseAusdruck();
    if (tryParseKlammerZu() != null) {
      return e;
    } else {
      throw new ParseException("Klammer zu erwartet", pos);
    }
  }
  throw new ParseException("Kann keinen Factor parsen", pos);
}
```

Linksrekursion

TECHNISCHE UNIVERSITÄT KAISERSLAUTERN

Problem: Methode für Ausdruck

- Verfahren funktioniert gut für Factor, weil jede Alternative mit einem anderen Lexem beginnt.
- Bei den anderen Nichtterminalen ist das nicht der Fall.
- Betrachte das Beispiel Ausdruck

$$\text{Ausdruck} ::= \text{Ausdruck} + \text{Term} \mid \text{Term}$$

```
public Ausdruck parseAusdruck() {
  Ausdruck left = parseAusdruck();
  // oops, rekursiver Aufruf terminiert nicht!!!
  // ...
}
```

- Um dieses Problem zu vermeiden, muss die Grammatik umstrukturiert werden!

Elimination von Linksrekursion

Die Produktionen für Ausdruck und Term sind **linksrekursiv**, d.h., das gleiche Nichtterminalsymbol taucht direkt am Anfang der rechten Seite einer Regel auf.

$$\begin{array}{lcl} \text{Ausdruck} & ::= & \text{Ausdruck} + \text{Term} \mid \text{Term} \\ \text{Term} & ::= & \text{Term} * \text{Factor} \mid \text{Factor} \end{array}$$

Diese Produktionen können umgeformt werden, so dass sie nicht mehr linksrekursiv sind, aber dass die gleiche Sprache erkannt wird.

$$\begin{array}{lcl} \text{Ausdruck} & ::= & \text{Term Ausdruck1} \\ \text{Ausdruck1} & ::= & \varepsilon \mid + \text{Term Ausdruck1} \\ \text{Term} & ::= & \text{Factor Term1} \\ \text{Term1} & ::= & \varepsilon \mid * \text{Factor Term1} \end{array}$$

Lookahead

Unterscheiden der Alternativen durch Lookahead

$$
\begin{array}{lcl}
\text{Ausdruck} & ::= & \text{Term Ausdruck1} \\
\text{Ausdruck1} & ::= & \varepsilon \mid + \text{ Term Ausdruck1} \\
\text{Term} & ::= & \text{Factor Term1} \\
\text{Term1} & ::= & \varepsilon \mid * \text{ Factor Term1} \\
\text{Factor} & ::= & \text{Zahl} \mid (\text{ Ausdruck })
\end{array}
$$

Erkennen der Regel-Alternativen durch Lookahead

- Ausdruck, Term: nur eine Alternative
- Ausdruck1: durch Testen des folgenden Lexems (Lookahead)
  - falls + in der Eingabe, dann zweite Regel
  - sonst, erste (leere) Regel
- Term1: durch Testen des folgenden Lexems (Lookahead)
  - falls $*$ in der Eingabe, dann zweite Regel
  - sonst, erste (leere) Regel
- Factor: Testen des Lexems (Zahl oder Klammer auf)

Beispiel: Methode für Term1

```
Ausdruck parseTerm1(Ausdruck left) throws ParseException {
    if (tryParseStar() != null) {
      Ausdruck right = parseFactor();
      return parseTerm1(new Multiplikation(left,right));
    }
    return left;
  }
```

- `parseTerm1` erhält beim Aufruf den linken Faktor als Argument.
- Dadurch wird $*$ links-assoziativ.
- `parseAusdruck1` wird analog implementiert.

Erinnerung

- Probeklausur: 12.01.2016!
- Anmeldung über STATS
- Feedback zur Vorlesung über die VLU!
- Übungsblatt 9 ist bereits online

TECHNISCHE UNIVERSITÄT
KAISERSLAUTERN

Frohe Weihnachten und einen guten Start in 2016!