Virtuelle Trennung von Belangen

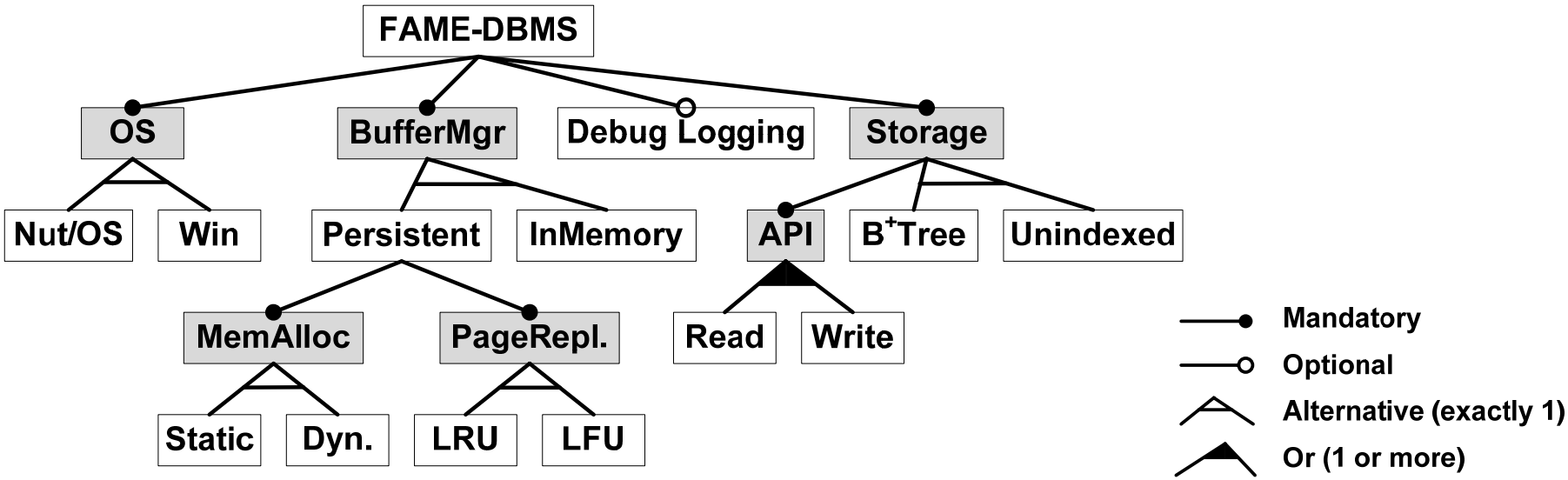
Präprozessor 2.0

Christian Kästner*, Sven Apel**, Gunter Saake*

* Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg
** Universität Passau

Software-Produktlinien & Features

- Menge verwandter Softwaresysteme in einer Domäne
- Generiert aus **gemeinsamer Codebasis**
- Produkte unterschieden durch **Features**



Bedingte Kompilierung mit Präprozessoren

- Annotierte Quelltext-fragmente
- Varianten mit und ohne Features
- Gebräuchlich für die Implementierung von Software-Produktlinien in der **Praxis**

```
static int _rep_queue_filedone(...
    DB_ENV *dbenv;
    REP *rep;
    __rep_fileinfo_args *rfp; {
#ifndef HAVE_QUEUE
    COMPQUIET(rep, NULL);
    COMPQUIET(rfp, NULL);
    return (__db_no_queue_am(dbenv
#else
    db_pgno_t first, last;
    u_int32_t flags;
    int empty, ret, t_ret;
#ifdef DIAGNOSTIC
    DB_MSGBUF mb;
#endif
    ...
```

Excerpt from Oracle's Berkeley DB

Präprozessoren in C, C++, Java ME, Pascal, Erlang, C#, Visual Basic, ...
GPP, GNU M4, SPLET, Frames/XVCL, Gears, pure::variants

Kritik / Schlechter Ruf

Entworfen in 70ern, kaum weiterentwickelt

“#ifdef considered harmful”

“#ifdef hell”

“maintenance becomes a ‘hit or miss’ process”

“is difficult to determine if the code being viewed is actually compiled into the system”

“incomprehensible source texts”

“programming errors are easy to make and difficult to detect”

“CPP makes maintenance difficult”

“source code rapidly becomes a maze”

“preprocessor diagnostics are poor”

Forschung: Kompositionsbasierte Ansätze

Base / Platform

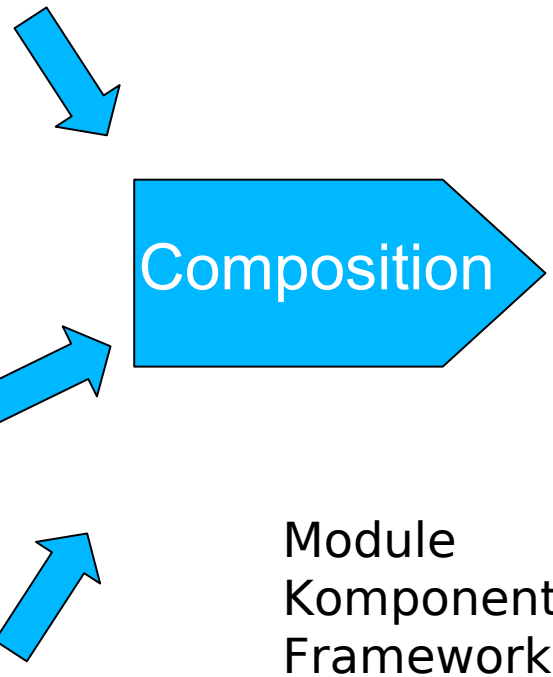
```
class Stack {
  void push(Object o) {
    elementData[size++] = o;
  }
  ...
}
```

Feature: Queue

```
refines class Stack {
  void push(Object o) {
    Lock l = lock(o);
    Super.push(o);
    l.unlock();
  }
  ...
}
```

Feature: Diagnostic

```
aspect Diagnostics {
  ...
}
```




```
class Stack {
  void push(Object o) {
    Lock l = lock(o);
    elementData[size++] = o;
    l.unlock();
  }
  ...
}
```

Module
Komponenten
Frameworks, Plugins
Feature-Module / Mixin Layers / ...
Aspekte / Themen, Hyper/J

Agenda

- Probleme und Vorteile von Präprozessoren
- 4 Verbesserungen
  - Sichten
  - Visuelle Darstellung
  - Disziplinierte Annotationen
  - Typsystem
- Zusammenfassung und Perspektive

Problem 1: Trennung von Belangen (Separation of Concerns)

- Verstreuter und vermischter Quelltext
- Verstehen eines Features erfordert Suche im ganzen Quelltext
- Selbst Löschen eines Features wird Herausforderung
- Arbeitsteilige Entwicklung wird erschwert
- Schwierige Wiederverwendung

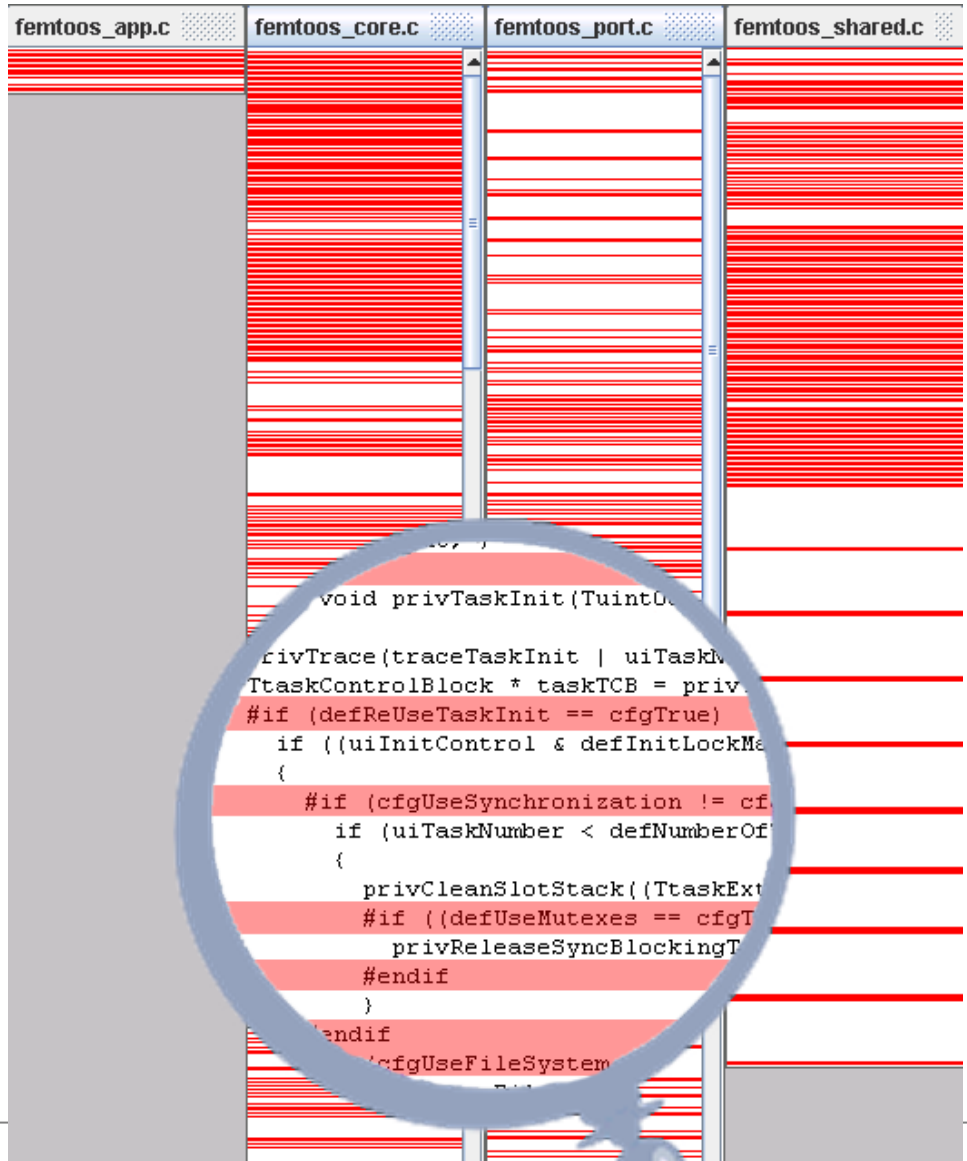
Beispiel Berkeley DB:
Feature Sperren mit 1835 LOC in 28 von 300 Dateien an 155 Stellen

Problem 2: Unlesbarer Quelltext

- Vermischung von zwei Sprachen (C und #ifdef, ...)
- Kontrollfluss schwer nachvollziehbar
- Lange Annotationen schwer zu finden
- Zusätzliche Zeilenumbrüche zerstören Layout

```
class Stack {
    void push(Object o
#ifdef SYNC
    , Transaction txn
#endif
    ) {
        if (o==null
#ifdef SYNC
            || txn==null
#endif
            ) return;
#ifdef SYNC
        Lock l=txn.lock(o);
#endif
        elementData[size++] = o;
#ifdef SYNC
        l.unlock();
#endif
        fireStackChanged();
    }
}
```

Präprozessor in Femtoos



Problem 3: Fehleranfällig

- Syntax-Fehler

```
static int _rep_queue_filedone(...)
    DB_ENV *dbenv;
    REP *rep;
    __rep_fileinfo_args *rfp; {
#ifndef HAVE_QUEUE
    COMPQUIET(rep, NULL);
    COMPQUIET(rfp, NULL);
    return (__db_no_queue_am(dbenv));
#else
    db_pgno_t first, last;
    u_int32_t flags;
    int empty, ret, t_ret;
#ifdef DIAGNOSTIC
    DB_MSGBUF mb;
#endif
    // over 100 lines of additional code
}
#endif
```

- Typfehler

```
#ifdef TABLES
class Table {
  void insert(Object data,
              Txn txn) {
      storage.set(data,
              txn.getLock());
  }
}
#endif
class Storage {
#ifdef WRITE
   boolean set(…) { ... }
#endif
}
```

Problem 3: Fehleranfällig

- Syntax-Fehler

```
static int _rep_queue_filedone(...)
    DB_ENV *dbenv;
    REP *rep;
    __rep_fileinfo_args *rfp; {
#ifndef HAVE_QUEUE
    COMPQUIET(rep, NULL);
    COMPQUIET(rfp, NULL);
    return (__db_no_queue_am(dbenv));
#else
    db_pgno_t first, last;
    u_int32_t flags;
    int empty, ret, t_ret;
#ifdef DIAGNOSTIC
    DB_MSGBUF mb;
#endif
    // over 100 lines of additional code
}
#endif
```

- Typfehler

```
#ifdef TABLES
class Table {
  void insert(Object data,
              Txn txn) {
      storage.set(data,
              txn.getLock());
  }
}
#endif
class Storage {
#ifdef WRITE
   boolean set(…) { ... }
#endif
}
```

Problem 3: Fehleranfällig

- Syntax-Fehler

```
static int _rep_queue_filedone(...)
    DB_ENV *dbenv;
    REP *rep;
    __rep_fileinfo_args *rfp; {
#ifndef HAVE_QUEUE
    COMPQUIET(rep, NULL);
    COMPQUIET(rfp, NULL);
    return (__db_no_queue_am(dbenv));
#else
    db_pgno_t first, last;
    u_int32_t flags;
    int empty, ret, t_ret;
#ifdef DIAGNOSTIC
    DB_MSGBUF mb;
#endif
    // over 100 lines of additional code
}
#endif
```

- Typfehler

```
#ifdef TABLES
class Table {
  void insert(Object data,
              Txn txn) {
      storage.set(data,
              txn.getLock());
  }
}
#endif
class Storage {
#ifdef WRITE
   boolean set(…) { ... }
#endif
}
```

Vorteile

- Einfache Benutzung
  - markieren und entfernen
  - In vielen Sprachen bereits enthalten / simple Tools
  - Den meisten Entwicklern bereits bekannt
- Flexibel / ausdrucksstark
- Sprachunabhängig / Uniform
- Geringe Einführungshürden
  - auch nachträgliche Einführung von Variabilität in bestehendes Projekt

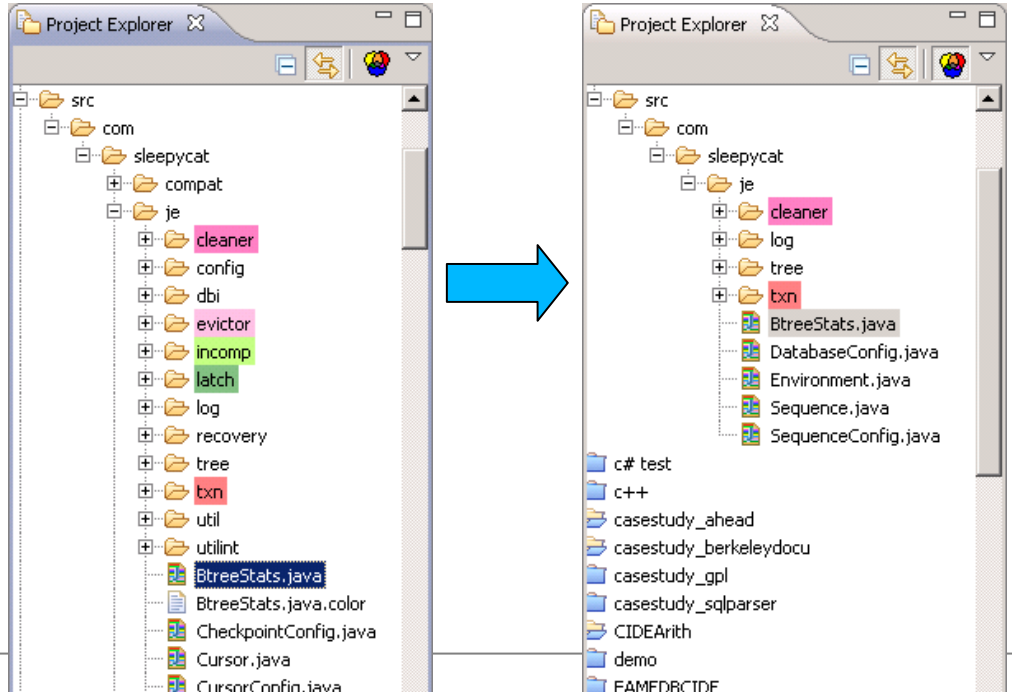
Agenda

- Probleme und Vorteile von Präprozessoren
- 4 Verbesserungen
  - Sichten
  - Visuelle Darstellung
  - Disziplinierte Annotationen
  - Typsystem
- Zusammenfassung und Perspektive

[ICSE'08, ViSPLE'08]

Sichten

- Sicht zeigt Ausschnitt des Quelltextes
- Irrelevanter Quelltext wird ausgeblendet
  - Ganze Dateien ausblenden
  - In Datei manche Zeilen ausblenden



Verwandte Arbeiten:
- C-CLR
- Version Editor
- FeatureMapper
- pure::variants
- Effective Views
- on-demand remodularization

...

Expression Problem

```
1  #ifdef ADD
2  class Add extends Expr {
3    Expr left, right;
4    Add(Expr l, Expr r)
5        {left=l; right=r;}
6  #ifdef EVAL
7    double eval() {
8      return left.eval() +
9          right.eval();
10   }
11 #endif
12 #ifdef PRINT
13   void print() {
14     left.print();
15     System.out.print("+");
16     right.print();
17   }
18 #endif
19 }
20 #endif
```

```
21 #ifdef POWER
22 class Pow extends Expr {
23   Expr base, exp;
24   Pow(Expr b, Expr e)
25       { base=b; exp=e; }
26 #ifdef EVAL
27   int eval() {
28     return MathLib.pow(
29         base.eval(),
30         right.eval());
31   }
32 #endif
33 #ifdef PRINT
34   void print() {
35     left.print();
36     System.out.print("^");
37     right.print();
38   }
39 #endif
40 }
41 #endif
```

```
42 class MathLib {
43   static int pow
44     (int b, int e)
45   {
46     if (e<=0)
47       return 1;
48     return b *
49       pow(b, e-1);
50   }
51   //...
52 }
```

Sicht auf Feature Eval

```
1  #ifdef ADD
2  class Add [...] {
3    [...]
4  #ifdef EVAL
5    int eval() {
6      return left.eval() +
7          right.eval();
8    }
9  #endif
10   [...]
11 }
12 #endif
```

```
13 #ifdef POWER
14 class Pow [...] {
15   [...]
16 #ifdef EVAL
17   int eval() {
18     return MathLib.pow(
19         base.eval(),
20         right.eval());
21   }
22 #endif
23   [...]
24 }
25 #endif
```

- Zeigt alle Dateien mit Quelltext von *Eval*, egal wo
- Kontextinformationen bleiben erhalten (kursiv)
- Nicht-annotierter Quelltext wird ausgeblendet

Sicht auf Variante “Add und Eval”

```
1  #ifdef ADD
2  class Add extends Expr {
3    Expr left, right;
4    Add(Expr l, Expr r)
5        {left=l; right=r;}
6  #ifdef EVAL
7    int eval() {
8      return left.eval() +
9          right.eval();
10   }
11 #endif
12   [...]
13 }
14 #endif
```

```
15 class MathLib {
16   static int pow
17     (int b, int e)
18   {
19     if (e<=0)
20       return 1;
21     return b *
22       pow(b, e-1);
23   }
24   //...
25 }
```

- Datei *Power* wird komplett ausgeblendet
- Funktion *print* in *Add* wird ausgeblendet ([...])
- Nicht-annotierter Quelltext bleibt sichtbar

Agenda

- Probleme und Vorteile von Präprozessoren
- 4 Verbesserungen
  - Sichten
  - Visuelle Darstellung
  - Disziplinierte Annotationen
  - Typsystem
- Zusammenfassung und Perspektive

[ICSE'08, ViSPLE'08]

Visuelle Darstellung: Hintergrundfarben statt #ifdef

```
class Stack {
    void push(Object o
#ifdef SYNC
    , Transaction txn
#endif
    ) {
        if (o==null
#ifdef SYNC
            || txn==null
#endif
            ) return;
#ifdef SYNC
        Lock l=txn.lock(o);
#endif
        elementData[size++] = o;
#ifdef SYNC
        l.unlock();
#endif
        fireStackChanged();
    }
}
```

```
1 class Stack {
2   void push(Object o, Transaction txn) {
3     if (o==null || txn==null) return;
4     Lock l=txn.lock(o);
5     elementData[size++] = o;
6     l.unlock();
7     fireStackChanged();
8   }
9 }
```

Features: SYNCHRONIZATION

Verwandte Arbeiten:
- Spotlight
- NetBeans
- fmp2rsm
- FeatureMapper
- AspectBrowser

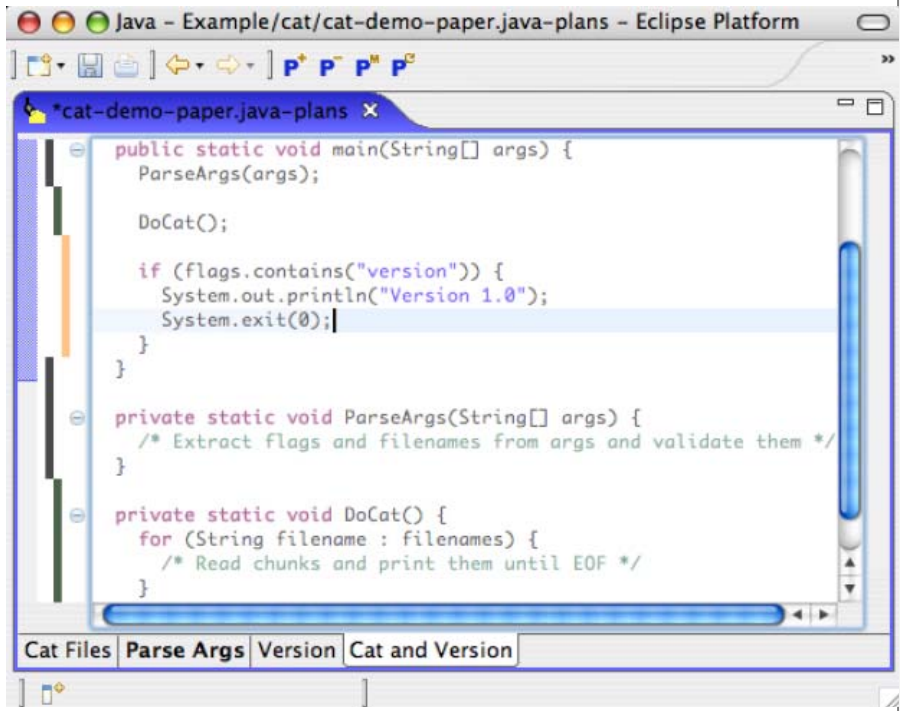
...

Visuelle Darstellung: Alternativen

- NetBeans

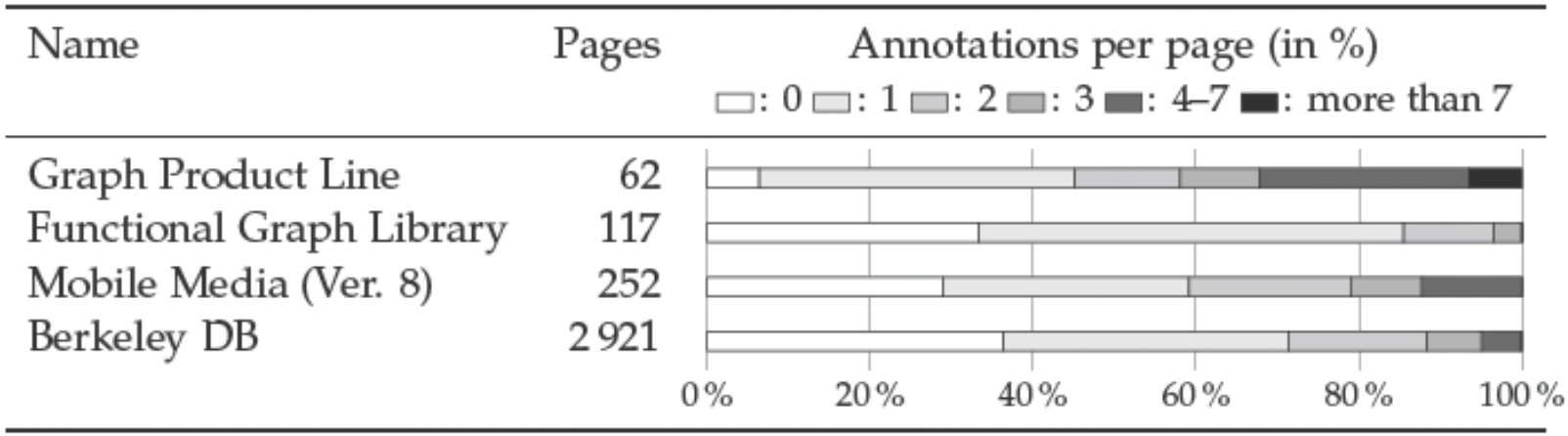
```
        /** Read HTML and if it has links, redirect and pars
        protected String parseHTMLRedirect(String url, Input
    throws IOException, Exception {
                //#ifdef DSMALLMEM
//#             throw new IOException("Error HTML not suppor
                //#else
                if (m_redirect) {
                        //#ifdef DLOGGING
//#                     logger.severe("Error 2nd redirect ur
                        //#endif
                        System.out.println("Error 2nd redire
                        throw new IOException("Error url " +
                                              " to 2nd redirect ur
                }
                m_redirect = true;
                m_redirectUrl = url;
                com.substanceofcode.rssreader.businessentit
                                HTMLLinkParser.parseFeeds(ne

//#
//#
//#
```

- Spotlight



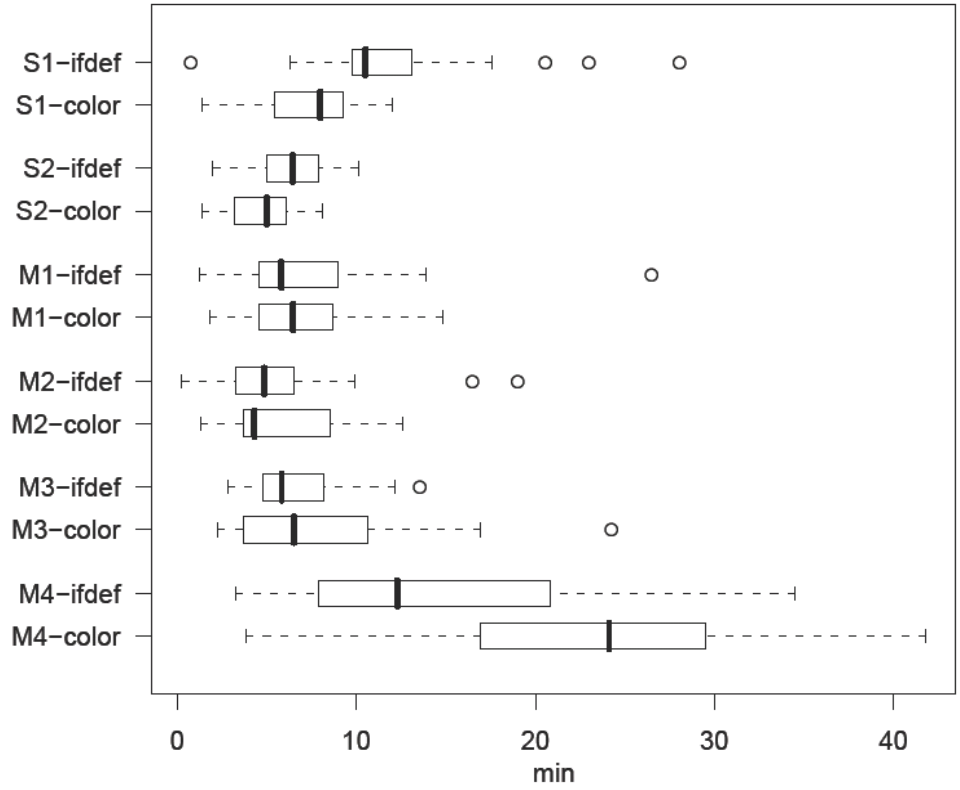
Visuelle Darstellung: Skalierung

- Konzentration auf wenige Features
- Wiederholte Farben / gezielte Farbzuweisung ausreichend
- Untersuchung 4 Java ME und 40 C Prog.:
  - für 96 % aller Quelltextseiten reichen 3 Farben
  - für 98,8 % aller Quelltextseiten reichen 7 Farben



Experimentelle Evaluierung

- #ifdef vs. Farben
- 43 Probanden in 2 Gruppen
- S1-2: Suchaufgaben Farben schneller (43% & 23%)
- M1-3: Fehlersuche kein Einfluss
- M4: Suche in rotem Quelltext -37%



- Generell kein Einfluss auf Korrektheit
- Probanden bevorzugen Farben

Agenda

- Probleme und Vorteile von Präprozessoren
- 4 Verbesserungen
  - Sichten
  - Visuelle Darstellung
  - Disziplinierte Annotationen
  - Typsystem
- Zusammenfassung und Perspektive

[Tools'09]

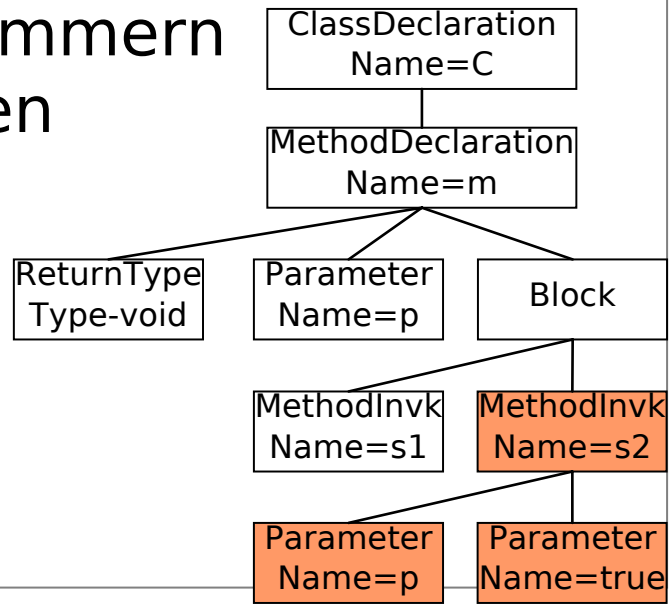
Disziplinierte Annotationen

- Syntaxfehler durch Annotationen auf beliebigen Zeichenfolgen

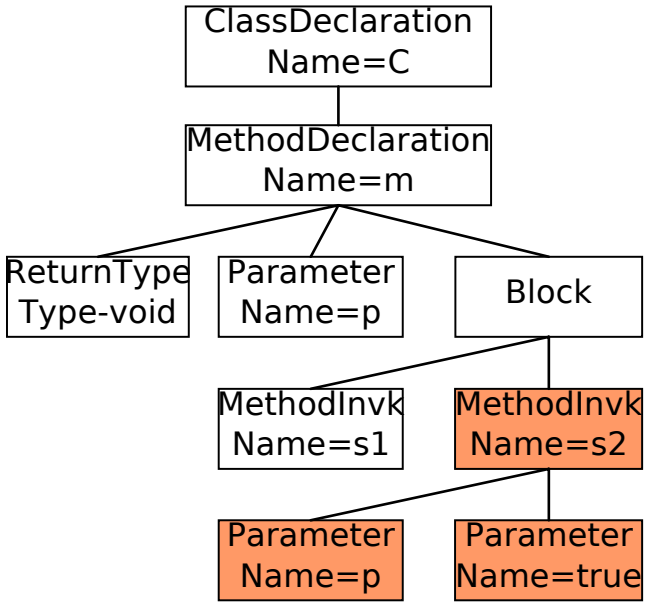
```
class Foo { }
class Foo { }
```

- Lösung: Struktur des Codes nutzen
  - Disziplinierte Annotationen auf ganzen Klassen, Methoden oder Statements
  - Annotationen auf einzelnen Klammern oder Schluesselwörtern verboten (undizipliniert)

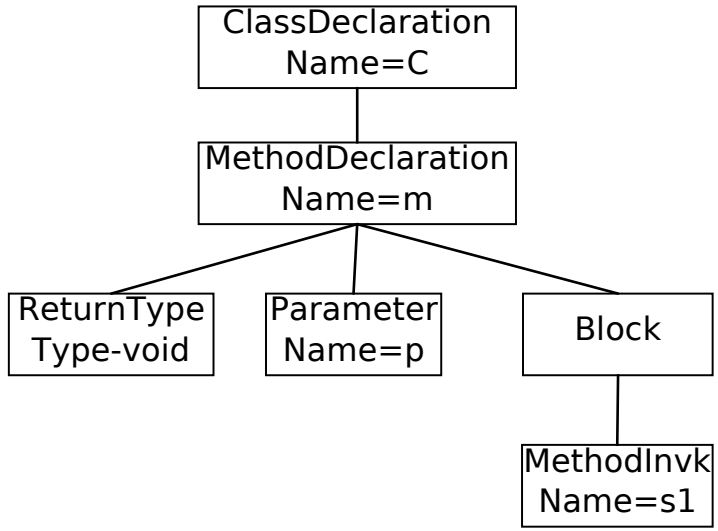
```
class C {
    void m(int p) {
        s1();
        s2(p, true);
    }
}
```



Varianten generieren durch AST-Transformation



generieren



parsen

```
class C {
    void m(int p) {
        s1();
        s2(p, true);
    }
}
```

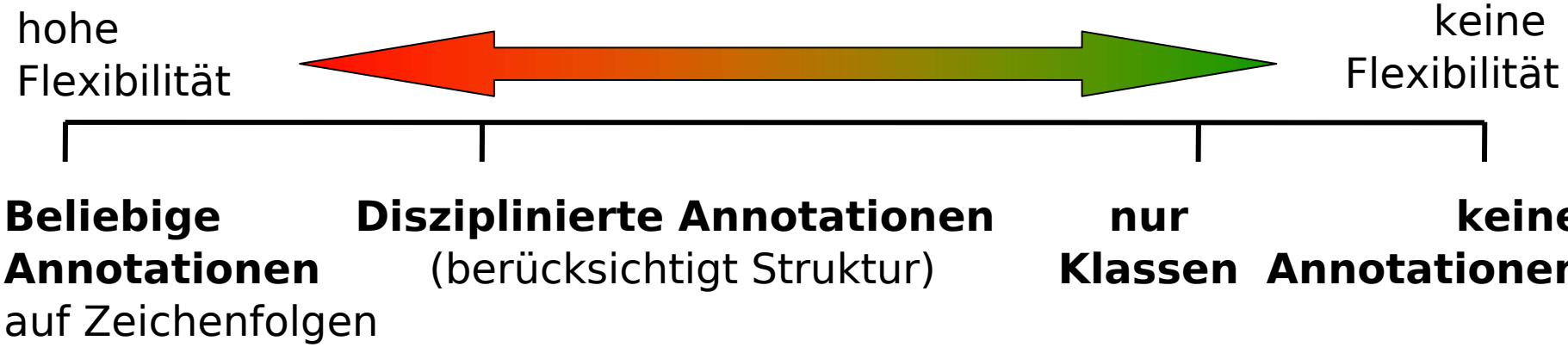
drucken/
unparse

```
class C {
    void m(int p) {
        s1();
    }
}
```

Bei der Generierung können keine Syntaxfehler entstehen!

Ausdrucksfähigkeit von disziplinierten Annotationen

- *Nicht mehr alle Annotationen sind möglich*
- Teilweise werden Workarounds benötigt
- In der Praxis: keine deutliche Einschränkung, typische Annotationen weiterhin möglich
- Ca. 90% der Annotationen in C Code bereits diszipliniert



Agenda

- Probleme und Vorteile von Präprozessoren
- 4 Verbesserungen
  - Sichten
  - Visuelle Darstellung
  - Disziplinierte Annotationen
  - Typsystem
- Zusammenfassung und Perspektive

[ASE'09]

Erweiterte Typprüfung

- Programm ohne Annotationen muss gültig sein
- Überprüfen von allen Paaren
  - Methodenaufruf und -deklaration
  - Referenz und Deklaration einer Klasse, Variable, usw.
  - ...
- Vergleichen der Annotationen auf den Paaren

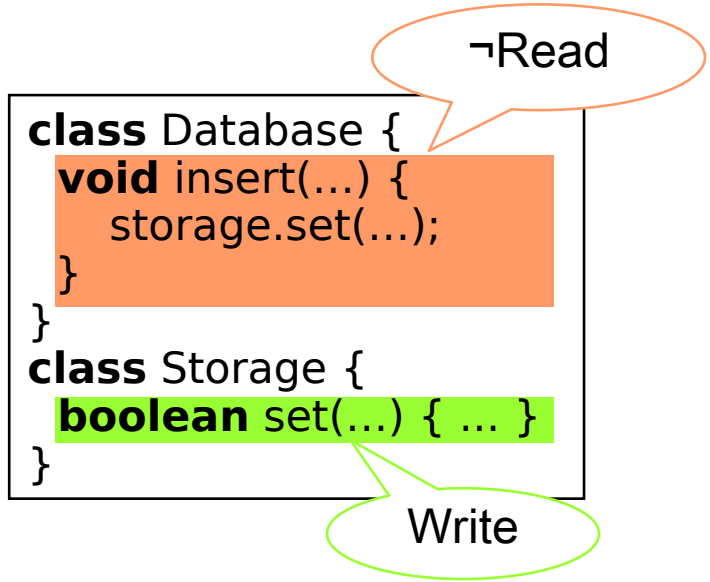
```
class Database {
  Storage storage;
  void insert(Object data
              Txn txn) {
      storage.set(data,
                  txn.getLock())
  }
}
class Storage {
#ifdef WRITE
   boolean set(…) { ... }
#endif
}
```

Deklaration annotiert
+ Aufruf nicht annotiert → Fehler in manchen Varianten

Verwandte Arbeiten:
- SafeGen
- fmp2rsm
- Safe Composition
- FFJPL
- Conditional Methods

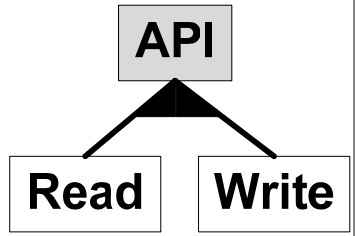
Typprüfung braucht Featuremodell

- Abhängigkeiten zwischen Annotationen prüfen
- Enthalten alle Varianten mit Aufruf auch die Deklaration?



- Prüfung mit Aussagenlogik:

$$FM = API \wedge (API \Rightarrow (read \vee write))$$



In allen Varianten in denen Fragment A enthalten ist, ist auch Fragment B enthalten:

$$FM \Rightarrow (AT(a) \Rightarrow AT(b))$$

[ASE'09]

Formalisierung: CFJ

- Basierend auf Featherweight Java
- Theorem: Generation preserves typing
  - Beweis mit Coq

Term typing $\boxed{\Gamma \vdash t : C}$

$$\frac{x : C \text{ with } \mathcal{A}' \in \Gamma \quad \mathcal{A} \to \mathcal{A}'}{\mathcal{A};\Gamma \vdash x : C} \text{ (T-VAR)}$$

$$\frac{\mathcal{A};\Gamma \vdash t_0 : C_0 \quad fields(C_0) = \overline{C\ f} \quad \mathcal{A} \to AT(C_i\ f_i)}{\mathcal{A};\Gamma \vdash t_0.f_i : C_i} \text{ (T-FIELD)}$$

$$\frac{\mathcal{A};\Gamma \vdash t_0 : C_0 \quad mtype(m, C_0, \mathcal{A}) = \overline{D\ y} \to C \quad AT(\bar{t});\Gamma \vdash \bar{t} : \overline{C} \quad \overline{C} <: \overline{D} \quad \mathcal{A} \to (AT(\bar{t}) \leftrightarrow AT(\overline{D\ y})) \quad AT(\bar{t}) \to \mathcal{A}}{\mathcal{A};\Gamma \vdash t_0.m(\bar{t}) : C} \text{ (T-INVK)}$$

$$\frac{fields(C) = \overline{D\ f} \quad AT(\bar{t});\Gamma \vdash \bar{t} : \overline{C} \quad \overline{C} <: \overline{D} \quad \mathcal{A} \to AT(C) \quad \mathcal{A} \to (AT(\bar{t}) \leftrightarrow AT(\overline{D\ f})) \quad AT(\bar{t}) \to \mathcal{A}}{\mathcal{A};\Gamma \vdash \text{new } C(\bar{t}) : C} \text{ (T-NEW)}$$

$$\frac{\mathcal{A};\Gamma \vdash t_0 : D \quad D <: C}{\mathcal{A};\Gamma \vdash (C)t_0 : C} \text{ (T-UCAST)}$$

$$\frac{\mathcal{A};\Gamma \vdash t_0 : D \quad C <: D \quad C \neq D \quad \mathcal{A} \to AT(C)}{\mathcal{A};\Gamma \vdash (C)t_0 : C} \text{ (T-DCAST)}$$

$$\frac{\mathcal{A};\Gamma \vdash t_0 : D \quad C \not<: D \quad D \not<: C \quad \textit{stupid w.}}{\mathcal{A};\Gamma \vdash (C)t_0 : C} \text{ (T-SCAST)}$$

$$\frac{P_{CFJ}\ \text{OK} \quad F \text{ is valid}}{variant(P_{CFJ}, F)\ \text{OK}}$$

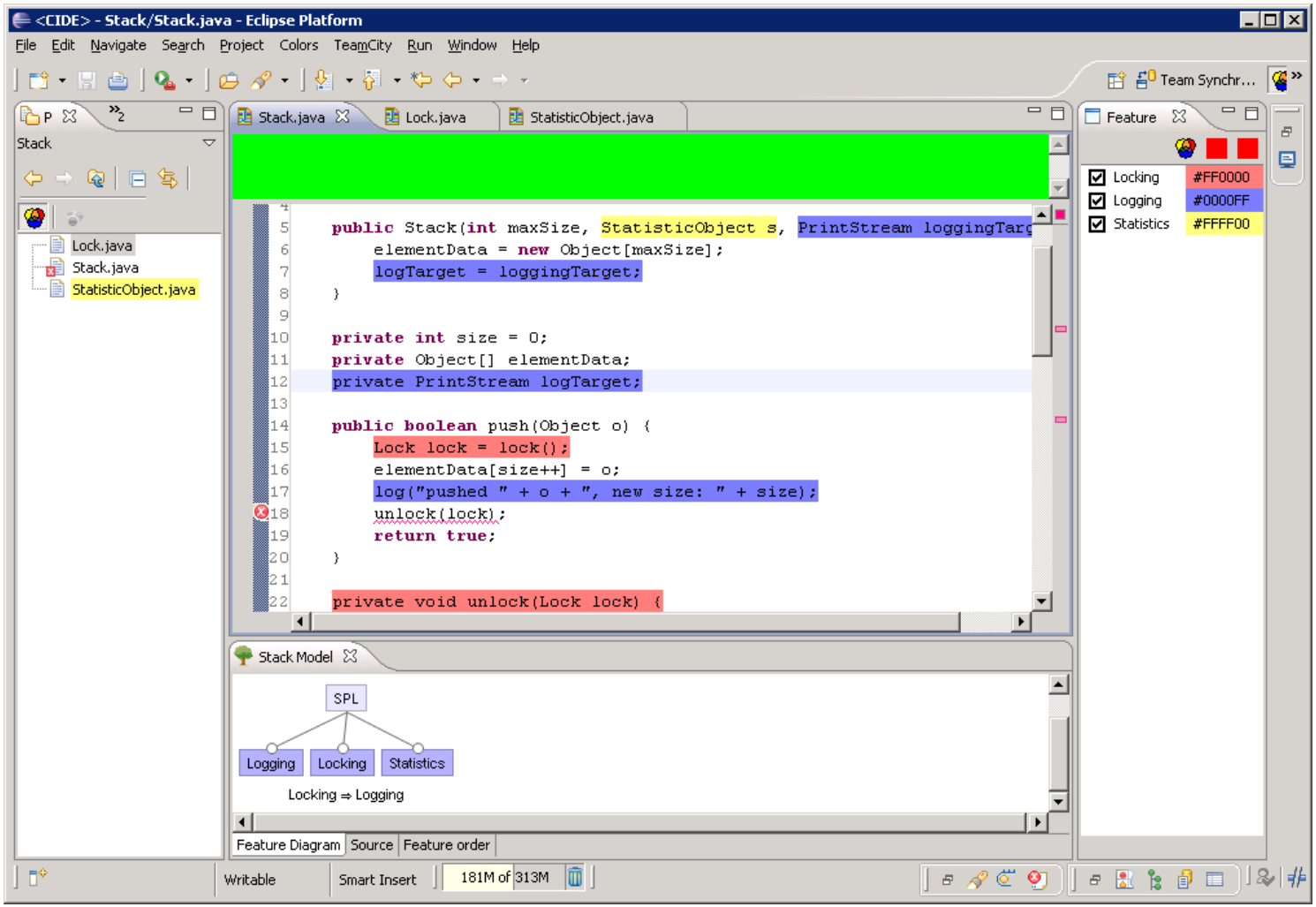
Method typing $\boxed{\text{M OK in C}}$

$$\frac{\begin{array}{c} M = C_0\ m(\overline{C\ x})\ \{\text{return } t_0;\} \quad AT(M) = \mathcal{A} \\ \mathcal{A} \to AT(C_0) \quad AT(\overline{C\ x}) \to AT(\overline{C}) \\ CT(C) = \text{class C extends D } \{\ldots\} \\ override(m, D, \overline{C} \to C_0, \mathcal{A}) \\ \Gamma = \overline{x : C} \text{ with } AT(\overline{C\ x}), \text{this} : C \text{ with } AT(C) \\ \mathcal{A};\Gamma \vdash t_0 : E_0 \quad E_0 <: C_0 \quad AT(\overline{C\ x}) \to \mathcal{A} \end{array}}{\text{M OK in C}} \text{ (T-METHOD)}$$

Class typing $\boxed{\text{C OK}}$

$$\frac{\begin{array}{c} K = C(\overline{D\ g}, \overline{C\ f}')\ \{\text{super}(\bar{g}'); \overline{\text{this.f=f;}}\} \\ \overline{M}\ \text{OK in C} \quad fields(D) = \overline{D\ g}'' \\ \overline{C\ f} = \overline{C\ f}' \quad \overline{D\ g} = \overline{D\ g}'' \quad \bar{g} = \bar{g}' \\ AT(C) = \mathcal{A} \quad \mathcal{A} \to AT(D) \\ AT(\overline{C\ f}) \leftrightarrow AT(\overline{\text{this.f=f}}) \quad AT(\overline{C\ f}) \leftrightarrow AT(\overline{C\ f}') \\ \mathcal{A} \to (AT(\overline{D\ g}) \leftrightarrow AT(\overline{D\ g}'')) \\ AT(\overline{D\ g}) \leftrightarrow AT(\bar{g}') \quad AT(\overline{C\ f}) \to AT(\overline{C}) \\ AT(\overline{C\ f}) \to \mathcal{A} \quad AT(\overline{M}) \to \mathcal{A} \quad AT(\overline{D\ g}) \to \mathcal{A} \end{array}}{\text{class C extends D } \{\ \overline{C\ f};\ K\ \overline{M}\ \}\ \text{OK}} \text{ (T-CLASS)}$$

Implementierung: CIDE



http://fosd.de/cide

Agenda

- Probleme und Vorteile von Präprozessoren
- 4 Verbesserungen
  - Sichten
  - Visuelle Darstellung
  - Disziplinierte Annotationen
  - Typsystem
- Zusammenfassung und Perspektive

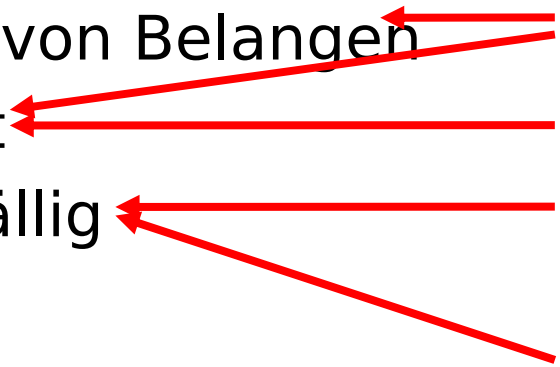
Zusammenfassung

- Probleme:
  - Trennung von Belangen
  - Lesbarkeit
  - Fehleranfällig
- Erhaltende Vorteile:
  - Einfache Benutzung
  - Flexibilität
  - Uniformität
  - Geringe Einf.-Hürden
- Verbesserungen:
  - Sichten
  - Visualisierung
  - Disziplinierte Annotationen
  - Typsystem

“Virtuelle Trennung von Belangen”

Zusammenfassung

- Probleme:
  - Trennung von Belangen
  - Lesbarkeit
  - Fehleranfällig
- Verbesserungen:
  - Sichten
  - Visualisierung
  - Disziplinierte Annotationen
  - Typsystem
- Erhaltende Vorteile:
  - Einfache Benutzung
  - Flexibilität
  - Uniformität
  - Geringe Einf.-Hürden



“Virtuelle Trennung von Belangen”

Zusammenfassung

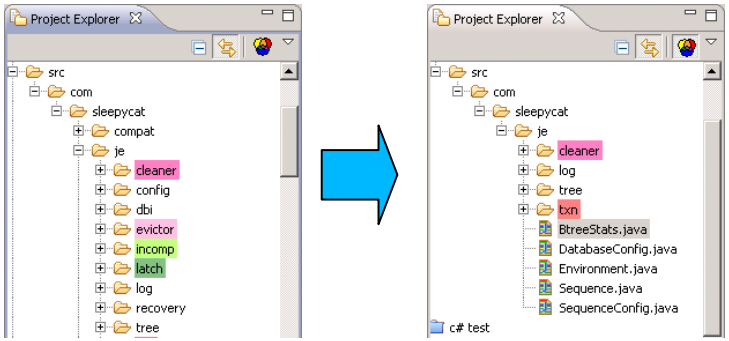
- Probleme:
  - Trennung von Belangen
  - Lesbarkeit
  - Fehleranfällig
- Verbesserungen:
  - Sichten
  - Visualisierung
  - Disziplinierte Annotationen
  - Typsystem
- Erhaltende Vorteile:
  - Einfache Benutzung
  - Flexibilität
  - Uniformität
  - Geringe Einf.-Hürden
- Offene Probleme:
  - Separate Compilation
  - Black-box Reuse

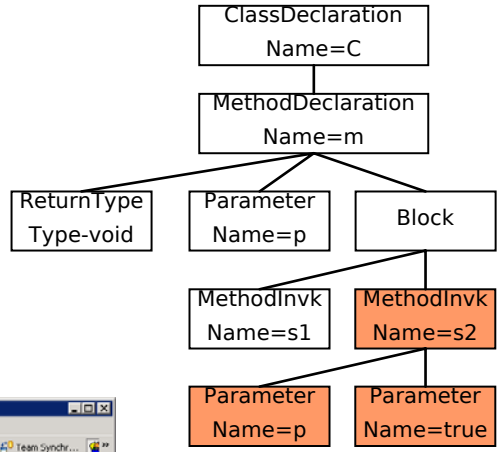
“Virtuelle Trennung von Belangen”

Perspektive

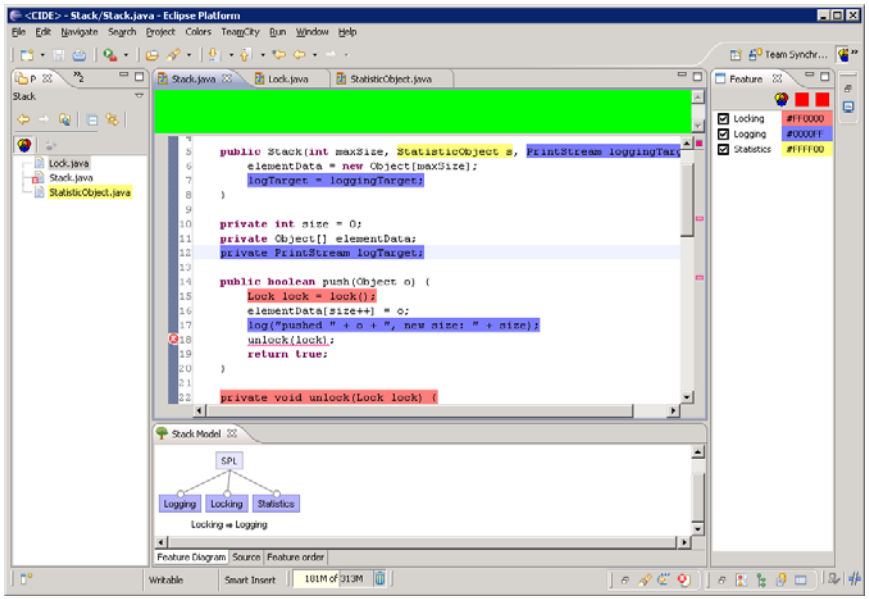
- Präprozessoren typisch in Praxis, trotz schlechtem Ruf
- Werkzeugunterstützung lindert Probleme
- Übergangslösung oder langfristige Alternative?
- Vorurteile ablegen! Neuen Blick wagen, Verbesserungen einfordern…

Danke fuer die Aufmerksamkeit






```
1 class Stack {
2   void push(Object o, Transaction txn) {
3     if (o==null || txn==null) return;
4     Lock l=txn.lock(o);
5     elementData[size++] = o;
6     l.unlock();
7     fireStackChanged();
8   }
9 }
```




```
class Database {
  Storage storage;
  void insert(Object data,
              Txn txn) {
    storage.set(data,
                txn.getLock());
  }
}
class Storage {
#ifdef WRITE
   boolean set(…) { ... }
#endif
}
```

http://fosd.de/cide