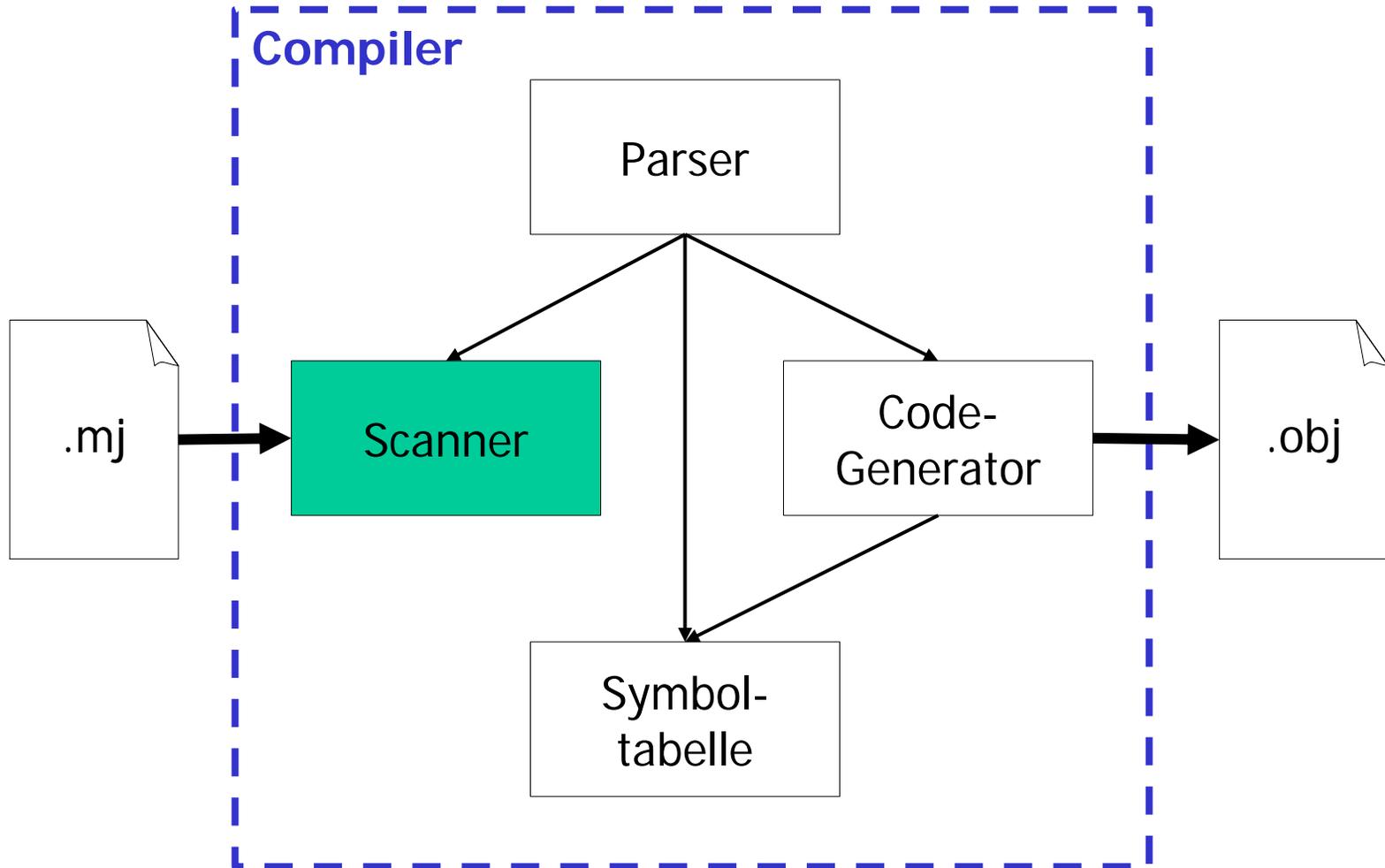
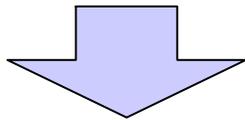


Struktur des *MicroJava*-Compilers



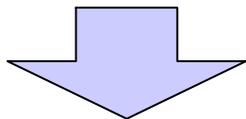
Grammatik ohne Scanner

Expr = Term { "+" Term } .
 Term = Factor { "*" Factor } .
 Factor = ident .



erlaube Kommentare an beliebiger Stelle

Expr = {Comment} Term {Comment}
 { "+" {Comment} Term {Comment} } .
 Term = {Comment} Factor {Comment}
 { "*" {Comment} Factor {Comment} } .
 Factor = {Comment} ident {Comment} .



erlaube Whitespace an beliebiger Stelle

...

Struktur des *MicroJava*-Compilers



- Package `ssw.mj`
 - `Scanner.java` + `Token.java`: Übung 2
 - `Parser.java`: Übung 3 (und alle weiteren Übungen)
 - Hilfsklassen für Fehlermeldungen
- Package `ssw.mj.symtab`
 - Verwaltung der Symboltabelle: Übung 4
- Package `ssw.mj.codegen`
 - Code-Generator: Übung 5 und Übung 6
- Unterschied zur Vorlesung: **Keine statischen Methoden**
 - Vereinfacht die JUnit-Testfälle
- Diese Struktur darf nicht verändert werden
 - Keine zusätzlichen Klassen nötig
 - Bereits vollständig vorgegebene Klassen (= Klassen ohne TODO-Kommentar) nicht verändern

Fehlermeldungen

- Klasse **Errors** sammelt alle Fehlermeldungen
`void error(int line, int col, String msgKey, Object... msgParams);`
- Fehlermeldungen sind in `messages.properties` definiert
 - Der `error`-Methode wird der Name der Meldung übergeben
 - Direkt als String im Quellcode
 - Manche Fehlermeldungen benötigen Parameter
 - Zusätzliche Parameter der `error`-Methode
 - Zugriff über die Klasse **Messages**
- Hilfsmethode im Scanner (später auch im Parser)
`void error(Token t, String msgKey, Object... msgParams);`
 - Übernimmt die Fehlerposition aus dem angegebenen Token

Klasse Scanner + Token



```
class Scanner {  
    public Scanner(Reader r);  
    public Token next();  
}
```

```
class Token {  
    int      kind;      // z.B. ident, assign, ...  
    int      line;      // Zeilenposition  
    int      col;       // Spaltenposition  
    int      val;       // numerischer Wert für number und charConst  
    String   str;       // Name von ident  
}
```

- Scanner wird (ab der 3. Übung) vom Parser aufgerufen
 - Jeder Aufruf von next() liefert das nächste Token
 - Scanner wartet, bis er aufgerufen wird

Aufgaben des Scanners

- Erkennen von Terminalsymbolen
- Überlesen unbedeutender Zeichen (Blanks, Tabs, Zeilenumbrüche, ...)
- Überlesen von Kommentaren
- Erkennen von:
 - Namen
 - Schlüsselwörtern
 - Zahlen
 - Zeichenkonstanten
- Bildung von Terminalklassen (ident, number, ...)
int, char, null, chr, ord, len sind **keine** Schlüsselwörter!
nur vordeklarierte Namen (→ Erkennung als ident)
- Erkennen des Dateiendes
- lexikalische Fehler melden (Zahlenformat, ungültige Zeichen, ...)
- Einstellen der Token-Attribute (Symbolart, Position, Wert, ...)

Scanner.next() (1)



```
public Token next() {
    while (Character.isWhitespace(ch)) nextCh();           // skip white space

    Token t = new Token(Token.none, line, col);

    switch (ch) {
        //----- identifier or keyword
        case 'a': case 'b': ... case 'z':
        case 'A': case 'B': ... case 'Z':
            readName(t);    // distinguish between identifier and keyword
            break;
        //----- number
        case '0': ... case '9':
            readNumber(t);
            break;
        . . .
    }
```

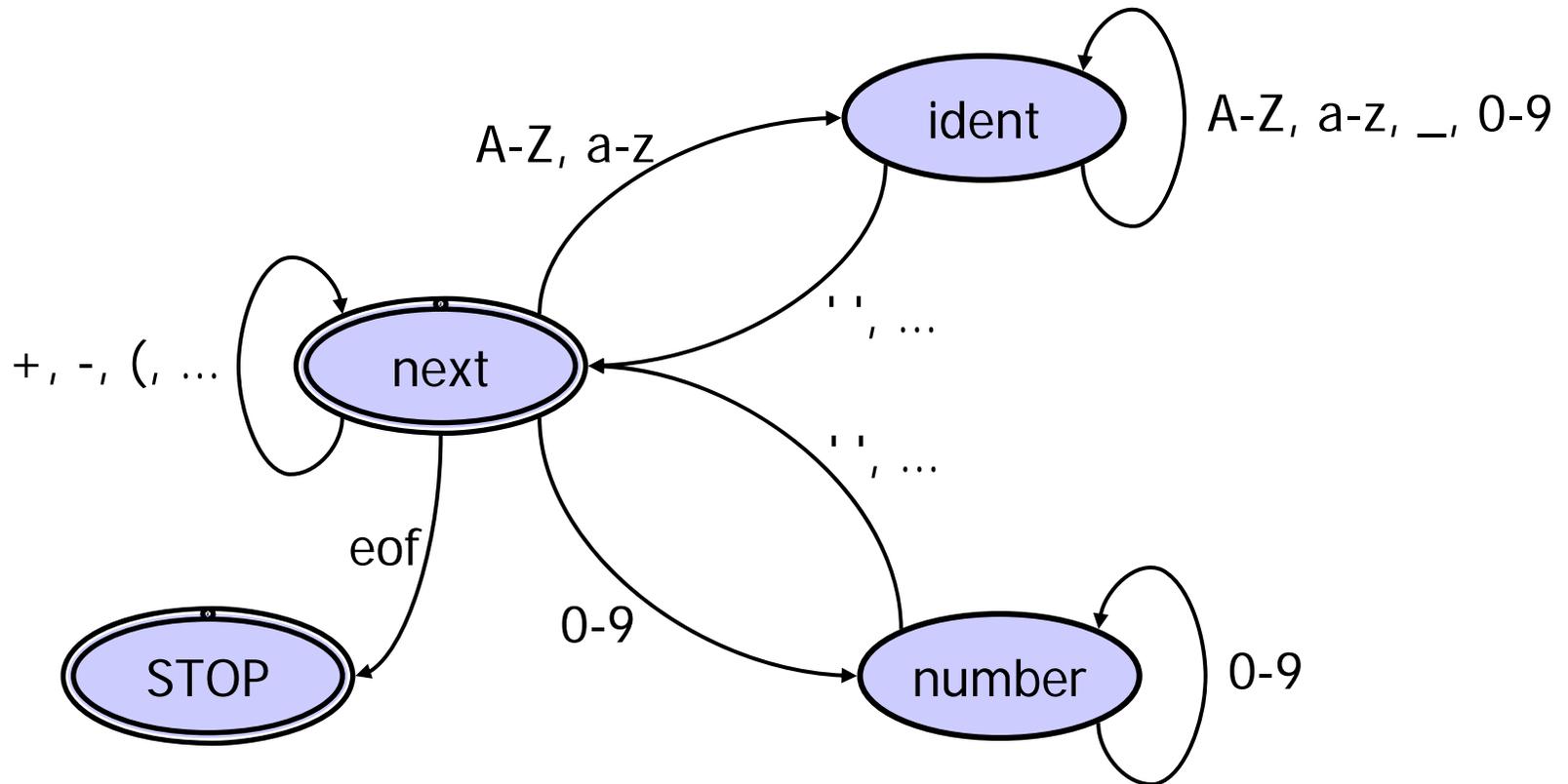
Scanner.next() (2)

```

...
//----- simple tokens
case ';': t.kind = Token.semicolon; nextCh(); break;
case EOF: t.kind = Token.eof; /* no nextCh() */ break;
//----- compound tokens
case '=':
    nextCh();
    if (ch == '=') { t.kind = Token.eq; nextCh(); }
    else { t.kind = Token.assign; }
    break;
case '/':
    nextCh();
    if (ch == '*') { skipComment(t); t = next(); /* recursion */ }
    else ... break;
default:
    error(t, "INVALID_CHAR", ch); nextCh();
    break;
}
return t;
}

```

Scanner als endlicher Automat



Hilfsmethoden

- **void nextCh()**
 - Liest das nächste Eingabezeichen und speichert es im Feld ch
 - oder EOF beim Dateiende
 - Führt die Position in den Feldern line und col mit
 - Erkennt Zeilenumbrüche: LF oder CR LF
- **void readName(Token t)**
 - Liest einen Bezeichner
 - Erkennt Schlüsselwörter (Hashtabelle oder binäre Suche)
- **void readNumber(Token t)**
 - Liest eine Zahlenkonstante
- **void skipComment(Token t)**
 - Überliest geschachtelte Kommentare
 - ch enthält anschließend das Zeichen nach dem Kommentar

Zahlen-Konstanten

- Gültige Zahlen

- Normale Zahlen: 123
 - Ein Token: *number*
- Negative Zahlen: -123
 - Zwei Tokens: *minus* und *number*
- Buchstaben: 123abc
 - Zwei Tokens: *number* und *ident*
- *Achtung*: abc123
 - Ein Token: *ident*

- Fehlerhafte Zahlen

- Zu große Zahlen: 2147483648 `error(t, "BIG_NUM");`
- Spezialfall: -2147483648

Zeichen-Konstanten

- Gültige Zeichen-Konstanten

- Normale Zeichen: 'A'
- Escape-Zeichen: '\r', '\n', '\\' und '\\\'

- Fehlerhafte Zeichen-Konstanten

- Kein Zeichen: '' error(t, "EMPTY_CHARCONST");
- Fehlendes Ende: 'A error(t, "MISSING_QUOTE");
- Escape-Zeichen: '\A' error(t, "UNDEFINED_ESCAPE", ch);
- Zeilenumbruch: '\¶' error(t, "ILLEGAL_LINE_END");

Kommentare

- Nur Block-Kommentare
 - Scanner ignoriert alles zwischen `/*` und `*/`
 - Kommentare können auch geschachtelt sein
 - `/* a /* b */ c */`
 - Methode `skipComment()` muss daher die Schachtelungstiefe mitführen
- Fehlerhafte Kommentare
 - Fehlendes Ende: `/* ohne */ error(t, "EOF_IN_COMMENT");`

MicroJava



- eine einzige Quellcode-Datei
- Hauptmethode `void main()`: kein Rückgabewert, keine Parameter
- Typen: `int` (4 Byte), `char` (1 Byte, ASCII)
- globale und lokale Variablen, globale Konstanten
- eindimensionale Arrays
- Records (sehen aus wie innere Klassen)
- Parameterübergabe *call-by-value* (Objektparameter sind aber Referenzen)
- Ein-/Ausgabe mit Hilfe der *read*- und *print*-Anweisung
- eingebaute Methoden `ord()`, `chr()`, `len()` und Konstante `null`
- keine Packages und Importanweisungen, ...
- kein GC und auch kein `delete` (Objekte bleiben übrig – who cares 😊)
- keine `for`-Schleife, nur `while`-Schleife
- keine Ausnahmebehandlung (*exception handling*)
- keine Zeiger

UE 2: Lexikalische Analyse (*Scanner*)



- MJ-Angabe.zip:
 - Compilerklassen (Token.java, Errors.java, Gerüst von Scanner.java, ...)
- MJ-Tests.zip
 - JUnit-Testfälle
 - nächste Woche in der UE:
 - Testen mit JUnit
 - Versionsverwaltung mit Subversion
- Abgabe
 - siehe Abgabeanleitung auf Homepage!
 - elektronisch bis Mi, 25.10.2006, 18:00
 - alle zum Ausführen benötigten Dateien
 - auf Papier bis Mi, 25.10.2006, 18:00
 - nur Scanner.java