Vorteil:

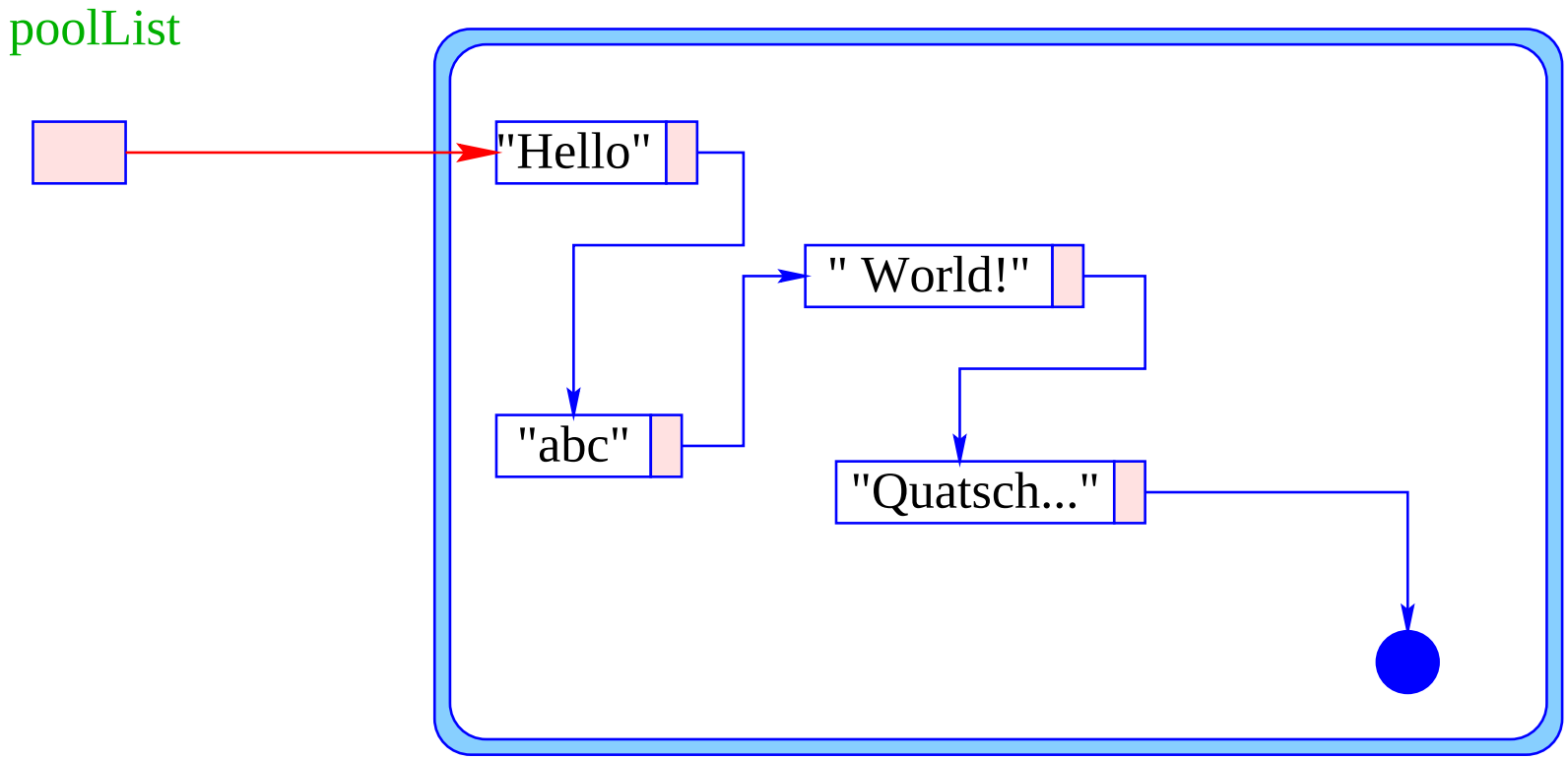
- Internalisierte Wörter existieren nur einmal :-)
- Test auf Gleichheit reduziert sich zu Test auf Referenz-Gleichheit, d.h. "=="
  $\Longrightarrow$ erheblich effizienter als zeichenweiser Vergleich !!!

... bleibt nur ein Problem:

- Wie findet man heraus, ob ein gleiches Wort im Pool ist ??

1. Idee:

- Verwalte eine Liste der (Verweise auf die) Wörter im Pool;
- implementiere `intern()` als eine `List`-Methode, die die Liste nach dem gesuchten Wort durchsucht.
- Ist das Wort vorhanden, wird ein Verweis darauf zurückgegeben.
- Andernfalls wird das Wort (z.B. vorne) in die Liste eingefügt.


poolList
"Hello"
" World!"
"abc"
"Quatsch..."

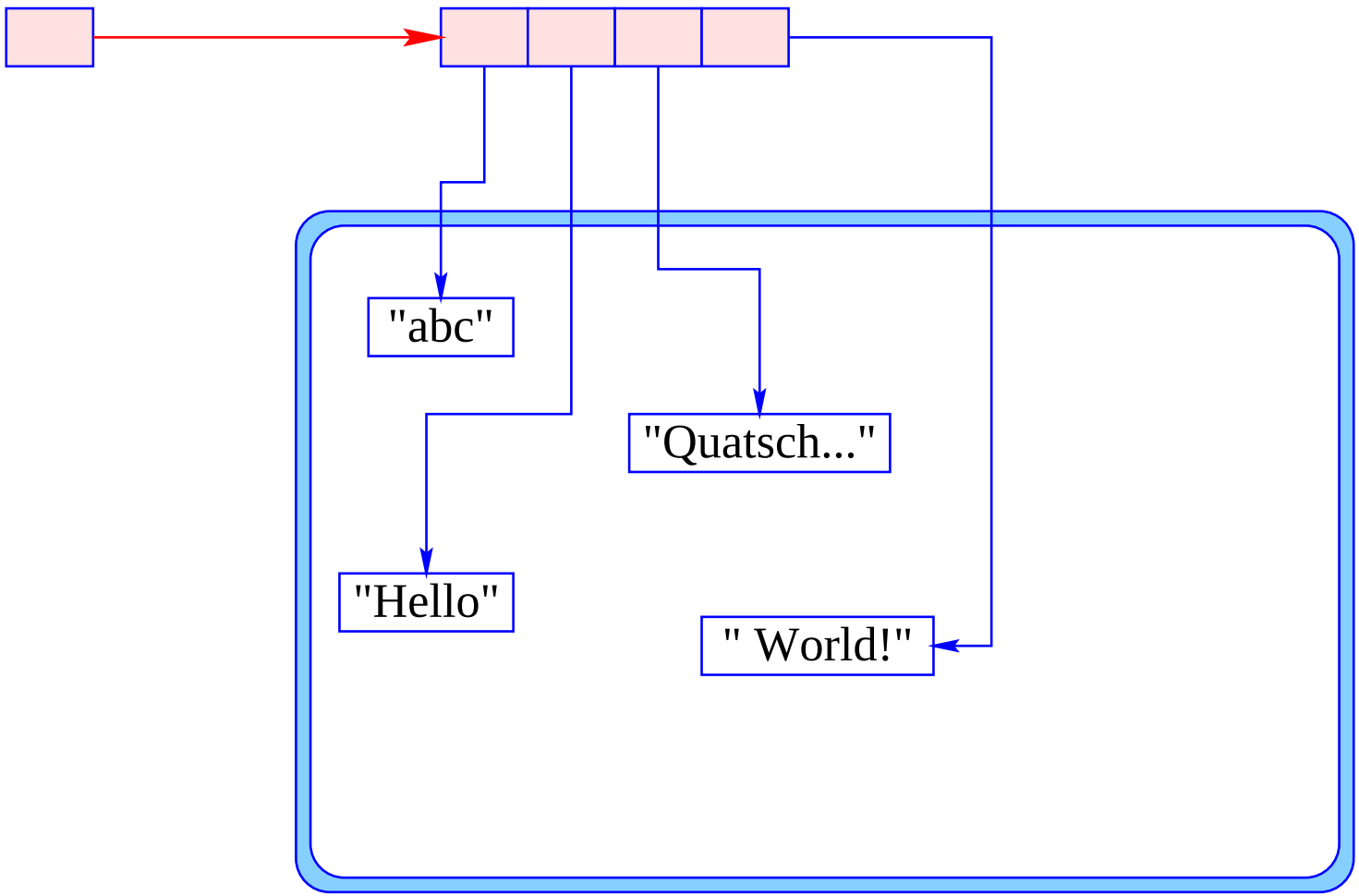
\+ Die Implementierung ist einfach.

\- die Operation `intern()` muss das einzufügende Wort mit jedem Wort im Pool vergleichen $\Longrightarrow$ immens teuer !!!

2. Idee:

- Verwalte ein sortiertes Feld von (Verweisen auf) `String`-Objekte.
- Herausfinden, ob ein Wort bereits im Pool ist, ist dann ganz einfach ...

poolArray



+ Auffinden eines Worts im Pool ist einfach.

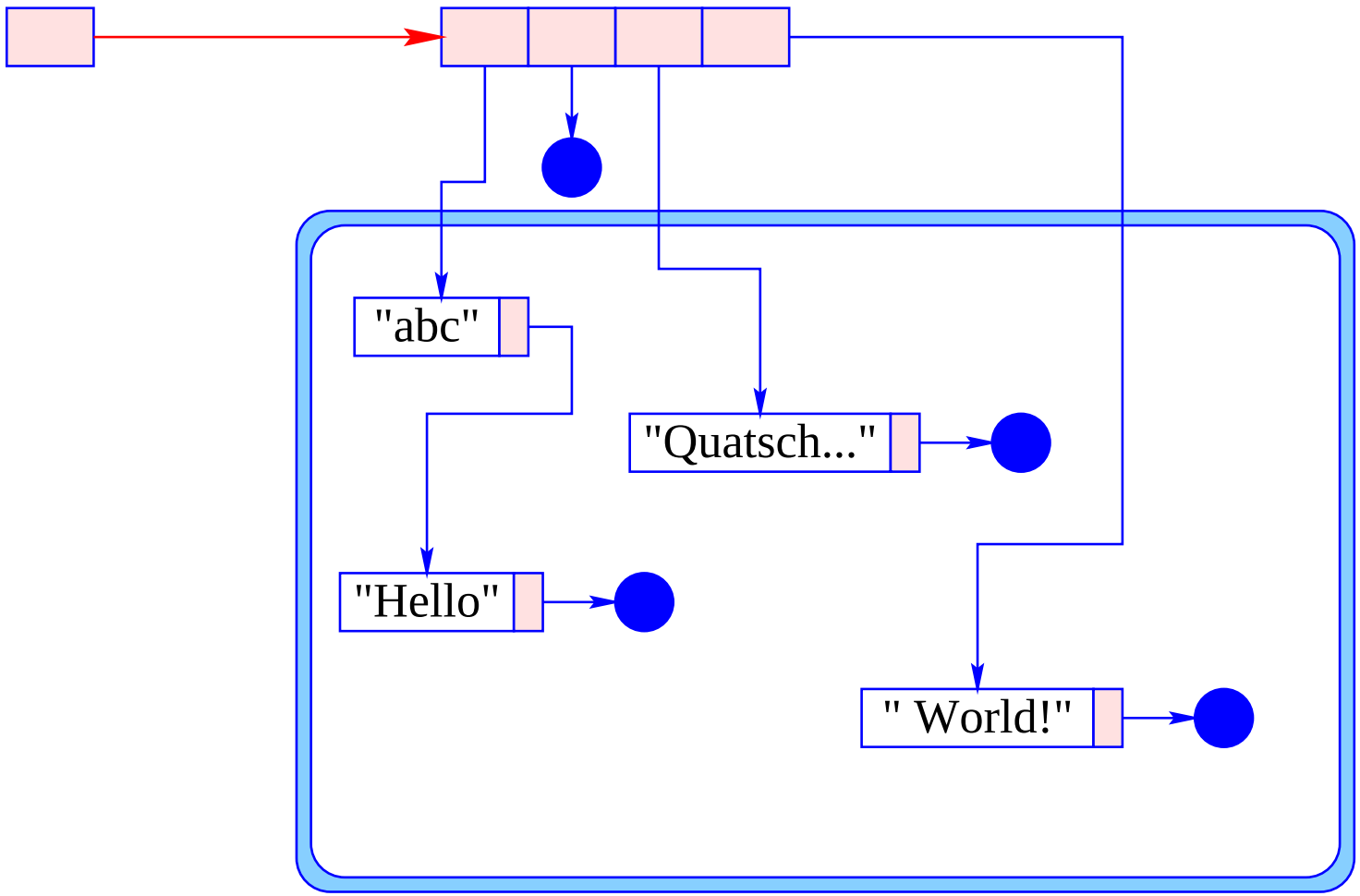
- Einfügen eines neuen Worts erfordert aber evt. Kopieren aller bereits vorhandenen Verweise ...

  $\Longrightarrow$ immer noch sehr teuer !!!

3. Idee: Hashing

- Verwalte nicht eine, sondern viele Listen!
- Verteile die Wörter (ungefähr) gleichmäßig über die Listen.
- Auffinden der richtigen Liste muss schnell möglich sein.
- In der richtigen Liste wird dann sequentiell gesucht.

hashSet



Auffinden der richtigen Liste:

- Benutze eine (leicht zu berechnende :-) Funktion `hash: String -> int;`
- Eine solche Funktion heißt Hash-Funktion.
- Eine Hash-Funktion ist gut, wenn sie die Wörter (einigermaßen) gleichmäßig verteilt.
- Hat das Feld `hashSet` die Größe m, und gibt es n Wörter im Pool, dann müssen pro Aufruf von `intern();` nur Listen einer Länge ca. n/m durchsucht werden !!!

Sei s das Wort $s_0 s_1 \ldots s_{k-1}$.

Beispiele für Hash-Funktionen:

- $h_0(s) = s_0 + s_{k-1}$;
- $h_1(s) = s_0 + s_1 + \ldots + s_{k-1}$;
- $h_2(s) = (\ldots((s_0 * p) + s_1) * p + \ldots) * p + s_{k-1}$ für eine krumme Zahl p.

(Die `String`-Objekt-Methode `hashCode()` entspricht der Funktion h_2 mit $p = 31$.)

`String`	h_0	h_1	h_2 $(p = 7)$
alloc	196	523	276109
add	197	297	5553
and	197	307	5623
const	215	551	282083
div	218	323	5753
eq	214	214	820
fjump	214	546	287868
false	203	523	284371
halt	220	425	41297
jump	218	444	42966
less	223	439	42913
leq	221	322	6112
...		...	

`String`	h_0	h_1	h_2
...		...	
load	208	416	43262
mod	209	320	6218
mul	217	334	6268
neq	223	324	6210
neg	213	314	6200
not	226	337	6283
or	225	225	891
read	214	412	44830
store	216	557	322241
sub	213	330	6552
true	217	448	46294
write	220	555	330879

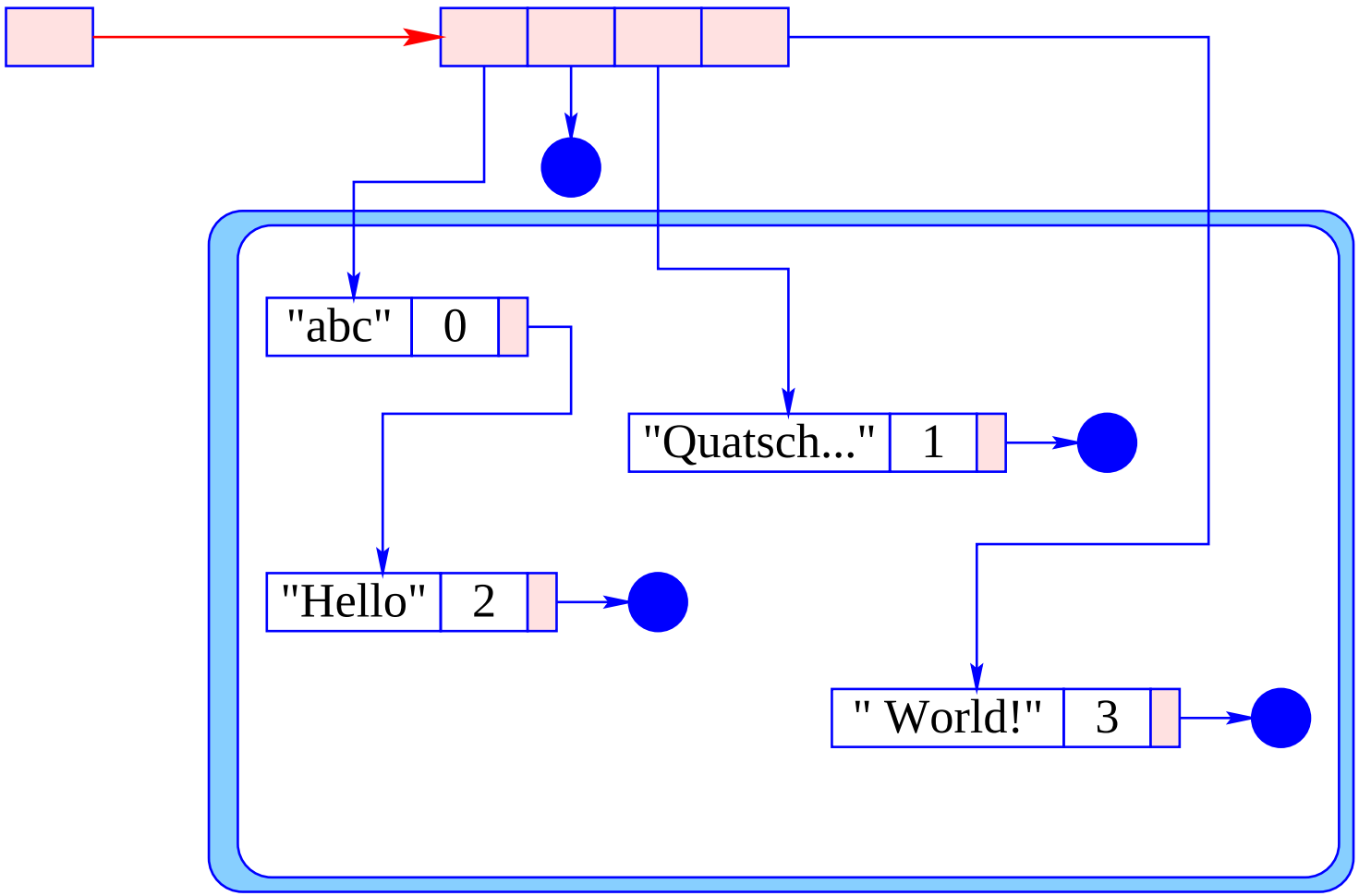
Mögliche Implementierung von `intern()`:

```
public class String {
   private static int n = 1024;
   private static StringList[] hashSet = new StringList[n];
   public String intern() {
      int i = hashCode()%n;
      for (StringList t=hashSet[i]; t!=null; t=t.next)
         if (equals(t.info)) return t.info;
      hashSet[i] = new StringList(this, hashSet[i]);
      return this;
   }  // end of intern()
   ...
}     // end of class String
```

- Die Methode `hashCode()` existiert für sämtliche Objekte.
- Folglich können wir (wenn wir Lust haben :-) ähnliche Pools auch für andere Klassen implementieren.
- Vorsicht! In den Pool eingetragene Objekte können vom Garbage-Collector nicht eingesammelt werden ... :-|
- Statt nur nachzusehen, ob ein Wort `str` (bzw. ein Objekt `obj`) im Pool enthalten ist, könnten wir im Pool auch noch einen Wert hinterlegen

  $\Longrightarrow$ Implementierung von beliebigen Funktionen `String -> type` (bzw. `Object -> type`)

hashTable



Weitere Klassen zur Manipulation von Zeichen-Reihen:

- `StringBuffer` – erlaubt auch destruktive Operatioen, z.B. Modifikation einzelner Zeichen, Einfügen, Löschen, Anhängen ...
- `java.util.StringTokenizer` – erlaubt die Aufteilung eines `String`-Objekts in Tokens, d.h. durch Separatoren (typischerweise White-Space) getrennte Zeichen-Teilfolgen.

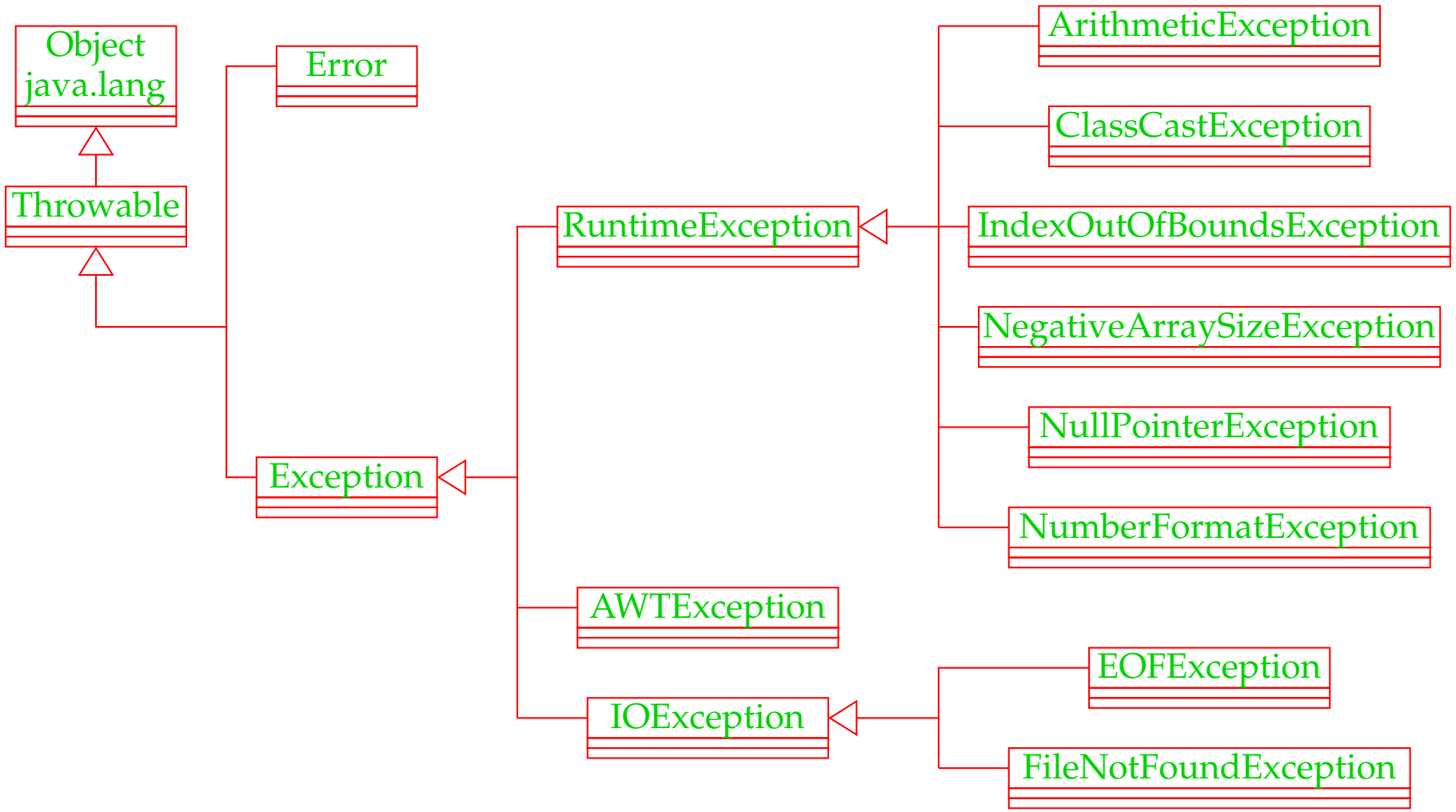
17 Fehler-Objekte: Werfen, Fangen, Behandeln

- Tritt während der Programm-Ausführung ein Fehler auf, wird die normale Programm-ausführung abgebrochen und ein Fehler-Objekt erzeugt (geworfen).
- Die Klasse `Throwable` fasst alle Arten von Fehlern zusammen.
- Ein Fehler-Objekt kann gefangen und geeignet behandelt werden.

Idee: Explizite Trennung von

- normalem Programm-Ablauf (der effizient und übersichtlich sein sollte); und
- Behandlung von Sonderfällen (wie illegalen Eingaben, falscher Benutzung, Sicherheitsattacken, ...)

Einige der vordefinierten Fehler-Klassen:



Die direkten Unterklassen von `Throwable` sind:

- `Error` – für fatale Fehler, die zur Beendigung des gesamten Programms führen, und
- `Exception` – für bewältigbare Fehler oder Ausnahmen.

Ausnahmen der Klasse `Exception`, die in einer Methode auftreten können und dort nicht selbst abgefangen werden, müssen explizit im Kopf der Methode aufgelistet werden !!!

Achtung:

- Die Unterklasse `RuntimeException` der Klasse `Exception` fasst die bei normaler Programm-Ausführung evt. auftretenden Ausnahmen zusammen.
- Eine `RuntimeException` kann jederzeit auftreten ...
- Sie braucht darum nicht im Kopf von Methoden deklariert zu werden.
- Sie kann, muss aber nicht abgefangen werden :-)

Achtung:

- Die Unterklasse `RuntimeException` der Klasse `Exception` fasst die bei normaler Programm-Ausführung evt. auftretenden Ausnahmen zusammen.
- Eine `RuntimeException` kann jederzeit auftreten ...
- Sie braucht darum nicht im Kopf von Methoden deklariert zu werden.
- Sie kann, muss aber nicht abgefangen werden :-)

Arten der Fehler-Behandlung:

- Ignorieren;
- Abfangen und Behandeln dort, wo sie entstehen;
- Abfangen und Behandeln an einer anderen Stelle.

Tritt ein Fehler auf und wird nicht behandelt, bricht die Programm-Ausführung ab.

Beispiel:

```
public class Zero {
   public static main(String[] args) {
      int x = 10;
      int y = 0;
      System.out.println(x/y);
   }  // end of main()
}     // end of class Zero
```

Das Programm bricht wegen Division durch `(int)0` ab und liefert die Fehler-Meldung:

```
Exception in  thread "main" java.lang.ArithmeticException: / by zero
        at Zero.main(Compiled Code)
```

Die Fehlermeldung besteht aus drei Teilen:

1. der ↑Thread, in dem der Fehler auftrat;
2. `System.err.println(toString());` d.h. dem Namen der Fehlerklasse, gefolgt von einer Fehlermeldung, die die Objekt-Methode `getMessage()` liefert, hier: "`/ by zero`".
3. `printStackTrace(System.err);` d.h. der Funktion, in der der Fehler auftrat, genauer: der Angabe sämtlicher Aufrufe im Rekursions-Stack.

Soll die Programm-Ausführung nicht beendet werden, muss der Fehler abgefangen werden.

Beispiel: `NumberFormatException`

```
import java.io.*;
public class Adding {
   private static BufferedReader stdin = new BufferedReader
           (new InputStreamReader(System.in));
   public static void main(String[] args) {
      int x = getInt("1. Zahl:\t");
      int y = getInt("2. Zahl:\t");
      System.out.println("Summe:\t\t"+ (x+y));
   }  // end of main()
   public static int getInt(String str) {
      ...
```

- Das Programm liest zwei `int`-Werte ein und addiert sie.
- Bei der Eingabe können möglicherweise Fehler auftreten:
  - ... weil keine syntaktisch korrekte Zahl eingegeben wird;
  - ... weil sonstige unvorhersehbare Ereignisse eintreffen :-)
- Die Behandlung dieser Fehler ist in der Funktion `getInt()` verborgen.
- Die `boolean`-Variable der Funktion `getInt()` soll den Wert `true` enthalten, wenn die Eingabe einer Zahl erfolgreich abgeschlossen ist ...

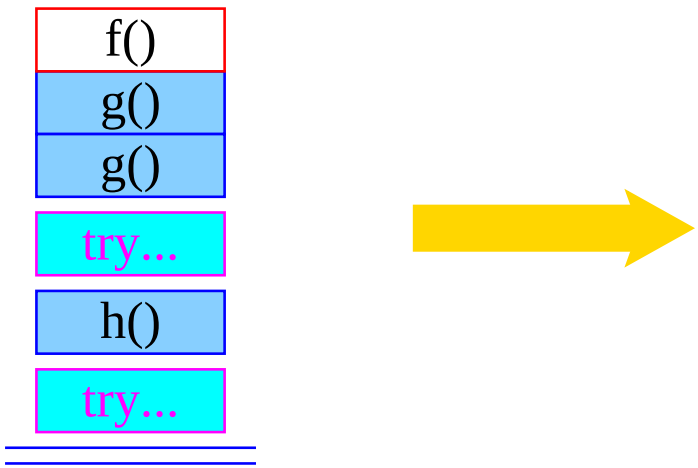
```
        while (true) {
            System.out.print(str);
            System.out.flush();
            try {
                return Integer.parseInt(stdin.readLine());
            } catch (NumberFormatException e) {
                System.out.println("Falsche Eingabe! ...");
            } catch (IOException e) {
                System.out.println("Eingabeproblem: Ende ...");
                System.exit(0);
            }
        }  // end of while
    }      // end of getInt()
}          // end of class Adding
```

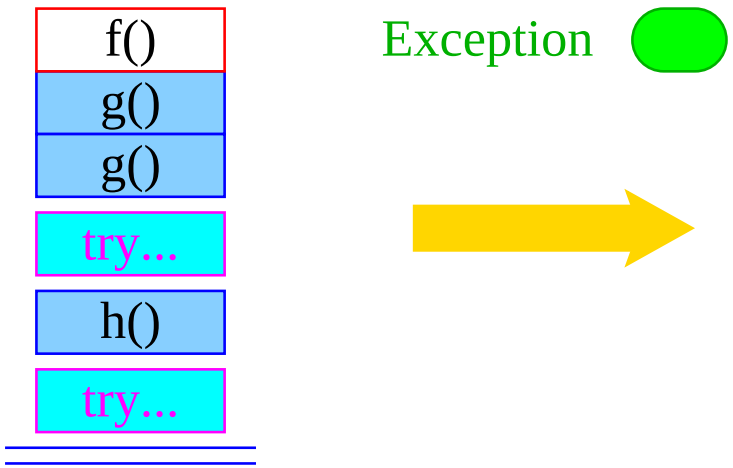
... ermöglicht folgenden Dialog:

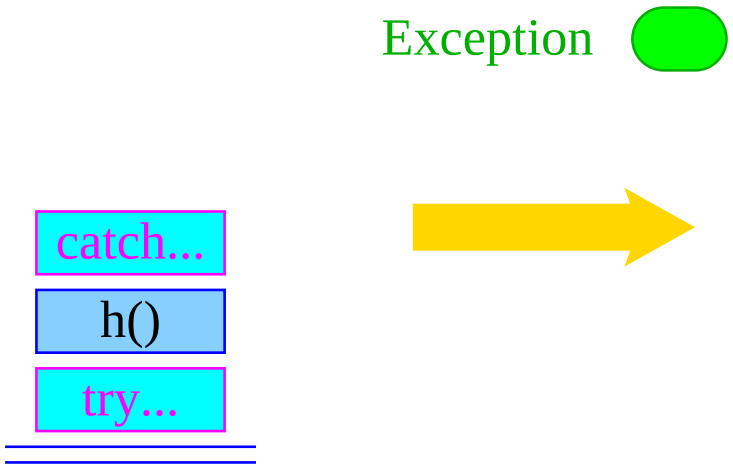
```
> java Adding
1. Zahl:          abc
Falsche Eingabe! ...
1. Zahl:          0.3
Falsche Eingabe! ...
1. Zahl:          17
2. Zahl:          25
Summe:            42
```

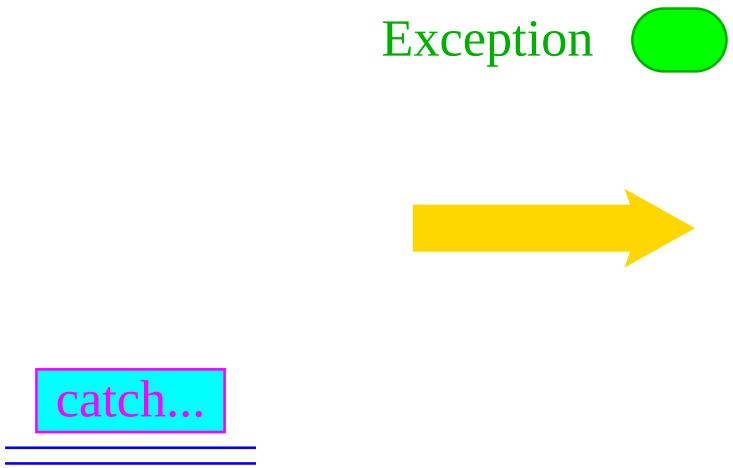
- Ein Exception-Handler besteht aus einem `try`-Block `try {` ss `}` , in dem der Fehler möglicherweise auftritt; gefolgt von einer oder mehreren `catch`-Regeln.
- Wird bei der Ausführung der Statement-Folge ss kein Fehler-Objekt erzeugt, fährt die Programm-Ausführung direkt hinter dem Handler fort.
- Wird eine Exception ausgelöst, durchsucht der Handler mithilfe des geworfenen Fehler-Objekts sequentiell die `catch`-Regeln.

- Jede `catch`-Regel ist von der Form: `catch (`Exc `e) {...}` wobei Exc eine Klasse von Fehlern angibt und `e` ein formaler Parameter ist, an den das Fehler-Objekt gebunden wird.
- Eine Regel ist anwendbar, sofern das Fehler-Objekt aus (einer Unterklasse) von Exc stammt.
- Die erste `catch`-Regel, die anwendbar ist, wird angewendet. Dann wird der Handler verlassen.
- Ist keine `catch`-Regel anwendbar, wird der Fehler propagiert.


f()
g()
g()
try...
h()
try...


f()
g()
g()
try...
h()
try...
Exception


Exception
catch...
h()
try...


Exception
catch...