Haskell, eine rein funktionale Programmiersprache

Ingo Blechschmidt
<iblech@web.de>

Augsburger Linux-Infotag
27. März 2010


Learn You a Haskell for Great Good!
Learn u a Haskell for great Good!

Über Haskell

- Hochsprache, rein funktional,
  statisch stark typisiert, „nicht-strikt“
- Sprachspezifikation durch ein Komitee
- Veröffentlichung von Haskell 1.0: 1990
- Kompiliert und interpretiert

Imperative Sprachen

Kennzeichen imperativer Sprachen:

- veränderliche Variablen
- Nebeneffekte
- Anweisungen

Haskell ist komisch!

Haskell ist rein funktional:

- keine veränderliche Variablen
- keine Nebeneffekte
- keine Anweisungen


EXCUSE ME WTF R U DOIN

Keine veränderliche Variablen

```
# Perl
sub main {
    my $radius     = 42;
    my $quadriert = $radius ** 2;
    my $flaeche    = $quadriert * pi;
    print $flaeche;
}
```

Keine veränderliche Variablen

```perl
# Perl
sub main {
    my $radius     = 42;
    my $quadriert = $radius ** 2;
    my $flaeche    = $quadriert * pi;
    print $flaeche;
}
```

```haskell
-- Haskell
main =
    let radius     = 42
        quadriert = radius^2
        flaeche    = quadriert * pi
    in print flaeche
```

Keine veränderliche Variablen

```perl
# Perl
sub main {
    my $radius     = 42;
    my $quadriert = $radius ** 2;
    my $flaeche    = $quadriert * pi;
    print $flaeche;
}
```

```haskell
-- Haskell
main =
    let flaeche    = quadriert * pi
        quadriert = radius^2
        radius     = 42
    in print flaeche
```

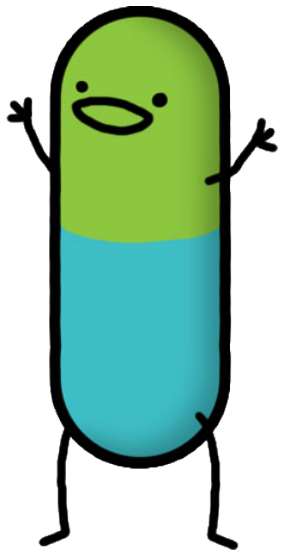
Keine veränderliche Variablen

```perl
# Perl
sub main {
    my $radius     = 42;
    my $quadriert = $radius ** 2;
    my $flaeche    = $quadriert * pi;
    print $flaeche;
}
```

```haskell
-- Haskell
main = print flaeche
    where
    flaeche    = quadriert * pi
    quadriert = radius^2
    radius     = 42
```

Keine Nebeneffekte

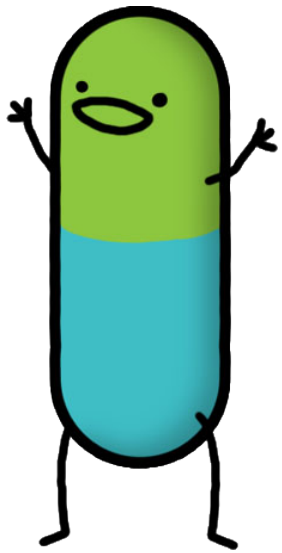
```
# Perl
my $a = f($x);
my $b = f($x);
...;
# Ist $a == $b?
```



Keine Nebeneffekte

```perl
# Perl
my $a = f($x);
my $b = f($x);
...;
# Ist $a == $b?
```

```haskell
-- Haskell
let a = f x
    b = f x
in ...
-- a == b gilt stets.
```

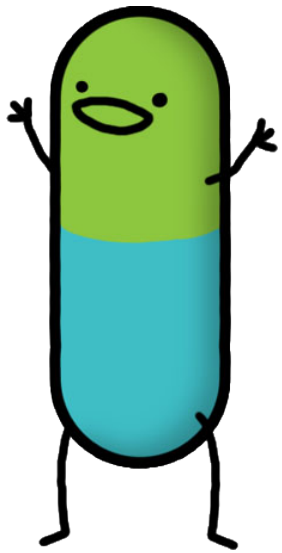


Keine Nebeneffekte

```
# Perl
my $a = f($x);
my $b = f($x);
...;
# Ist $a == $b?
```

```
-- Haskell
let a = f x
    b = f x
in ...
-- a == b gilt stets.
```

- Gleiche Argumente $\rightsquigarrow$ gleiche Rückgaben
- Keine Ein-/Ausgabe,
  keine Zustandsveränderungen, ...
- Rein lokales Codeverständnis!
- Tiefgreifende Optimierungsmöglichkeiten!



Keine Eingabe/Ausgabe

```
let x = getLine
in print (x ++ x)
```

vs.

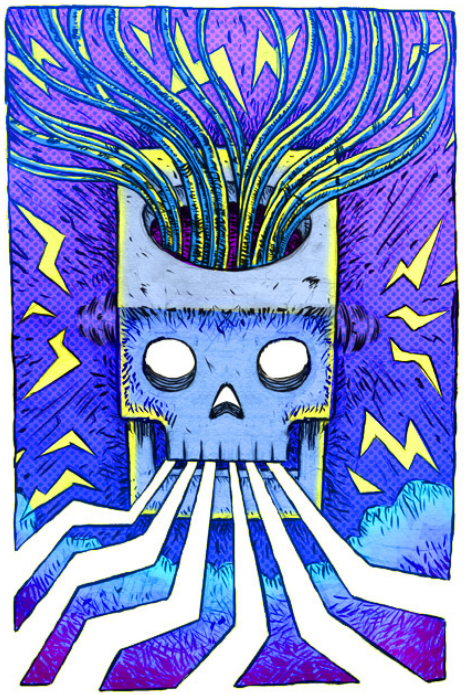
```
print (getLine ++ getLine)
```

Keine Eingabe/Ausgabe

```
-- Compile-Zeit-Fehler!
let x = getLine
in print (x ++ x)
```

vs.

```
-- Compile-Zeit-Fehler!
print (getLine ++ getLine)
```

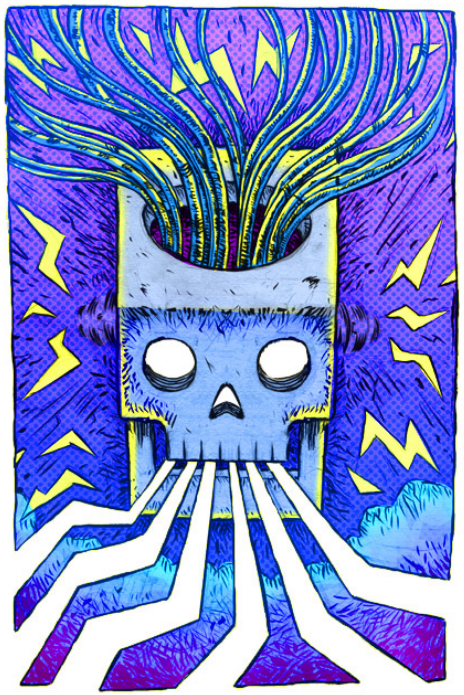


Keine Eingabe/Ausgabe

```
-- Compile-Zeit-Fehler!
let x = getLine
in print (x ++ x)
```

vs.

```
-- Compile-Zeit-Fehler!
print (getLine ++ getLine)
```



- Aktionen $\neq$ Werte
- Explizite Unterscheidung durchs Typsystem (s. gleich)

Beispiel: Aufsummieren einer Zahlenliste

Deklaration durch Musterabgleich:

```
sum []     = 0
sum (x:xs) = x + sum xs
```

Beispielauswertung:

```
    sum [1,2,3]
== 1 + sum [2,3]
== 1 + (2 + sum [3])
== 1 + (2 + (3 + sum []))
== 1 + (2 + (3 + 0))
== 6
```

Beispiel: Quicksort

```
qsort []     = []
qsort (x:xs) =
    qsort kleinere ++ [x] ++ qsort groessere
    where
    kleinere  = [ y | y <- xs, y <  x ]
    groessere = [ y | y <- xs, y >= x ]
```

Werte und Typen

- Statische starke Typisierung;
  jeder Wert ist von genau einem Typ.
- Keine impliziten Typumwandlungen
- Enorm hilfreich!

Enorm hilfreich!

Werte und Typen

- Statische starke Typisierung;
  jeder Wert ist von genau einem Typ.
- Keine impliziten Typumwandlungen
- Enorm hilfreich!

Werte und Typen

- Statische starke Typisierung;
  jeder Wert ist von genau einem Typ.
- Keine impliziten Typumwandlungen
- Enorm hilfreich!
- Primitive Typen:

```
"Hallo, Welt!"   :: String
True             :: Bool
37               :: Integer   (beliebige Größe)
37               :: Int       (mind. 31 Bit)
```

- Zusammengesetzte Typen:

```
['A', 'B', 'C']  :: [Char]
[[1,2], [3], []] :: [[Integer]]
```

Werte und Typen (Forts.)

- Funktionstypen:

```
head        :: [a] -> a
-- Bsp.: head [1,2,3] == 1

tail        :: [a] -> [a]
-- Bsp.: tail [1,2,3] == [2,3]

-- Operatoren:
(&&)        :: Bool -> Bool -> Bool
(++)        :: [a]  -> [a]  -> [a]
```

java.io.InputStreamReader

Automatische Typerschließung

Automatische Erschließung nicht angegebener Typen durch den Compiler

```
greet name = "Hallo " ++ name ++ "!"
```

Automatische Typerschließung

Automatische Erschließung nicht angegebener Typen durch den Compiler

```
greet :: String -> String
greet name = "Hallo " ++ name ++ "!"
```

Automatische Typerschließung

Automatische Erschließung nicht angegebener Typen durch den Compiler

```
greet :: String -> String
greet name = "Hallo " ++ name ++ "!"
```

```
dup xs = xs ++ xs
-- Bsp.:
   dup [1,2,3] ==
   [1,2,3,1,2,3]
```

Automatische Typerschließung

Automatische Erschließung nicht angegebener Typen durch den Compiler

```
greet :: String -> String
greet name = "Hallo " ++ name ++ "!"

dup :: [a] -> [a]
dup xs = xs ++ xs
-- Bsp.:
   dup [1,2,3] ==
   [1,2,3,1,2,3]
```

Typen von Ein-/Ausgabe-Operationen

- `IO Foo` meint:
  Wert vom Typ `Foo` produzierende IO-Aktion
- Häufig benutzte Ein-/Ausgabe-Operationen:

```
getLine  :: IO String
putStr   :: String   -> IO ()
readFile :: FilePath -> IO String
```

Typen von Ein-/Ausgabe-Operationen

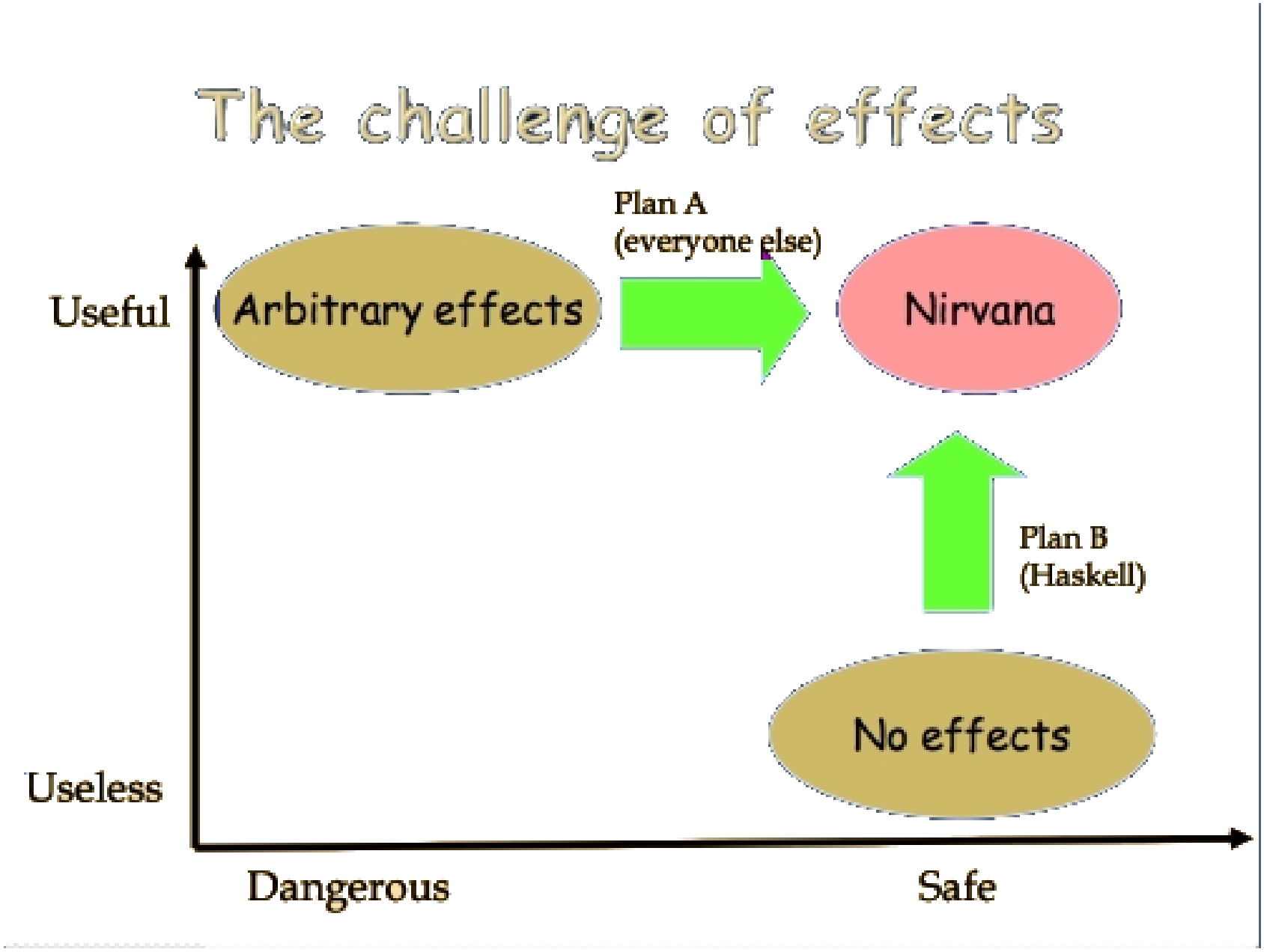
- `IO Foo` meint:
  Wert vom Typ `Foo` produzierende IO-Aktion
- Häufig benutzte Ein-/Ausgabe-Operationen:

```
getLine  :: IO String
putStr   :: String   -> IO ()
readFile :: FilePath -> IO String
```

- Zum früheren Beispiel:

```
main :: IO ()
main = do
    x <- getLine
    print (x ++ x)
```

```
main :: IO ()
main = do
    x <- getLine
    y <- getLine
    print (x ++ y)
```



Grafik gestohlen von: Simon Peyton Jones

Arten von Aktionen

- IO (Eingabe/Ausgabe)
- Parser
- Reader (vererbende Umgebung)
- State (veränderlicher Zustand)
- Writer (Logging)
- Cont (Continuations)
- ...

Parser-Aktionen

Parser für Perl-Bezeichner (z.B. `$foo`, `@bar123`):

```
perlBezeichner :: Parser String
perlBezeichner = do
    sigil <- oneOf "$@%&"
    name  <- many alphaNum
    return (sigil : name)
```

Dabei verwendete Funktionen aus Parser-Bibliothek:

```
oneOf    :: [Char] -> Parser Char
alphaNum :: Parser Char
many     :: Parser a -> Parser [a]
```

Bedarfsauswertung

```
-- 99. Zeile aus Datei ausgeben
main = do
    daten <- readFile "große-datei.txt"
    print (lines daten !! 99)
```

Bedarfsauswertung

```
-- 99. Zeile aus Datei ausgeben
main = do
    daten <- readFile "große-datei.txt"
    print (lines daten !! 99)
```

- Auswertung von Ausdrücken erst dann, wenn Ergebnisse wirklich benötigt
- Wegabstraktion des Speicherkonzepts!
- Somit Fähigkeit für unendliche Datenstrukturen: Potenzreihen, Zeitreihen, Entscheidungsbäume, ...

Bedarfsauswertung (Forts.)

```
natürlicheZahlen = [1..]
-- natürlicheZahlen == [1,2,3,4,...]
```

Bedarfsauswertung (Forts.)

```
natürlicheZahlen = [1..]
-- natürlicheZahlen == [1,2,3,4,...]

ungeradeZahlen = filter odd [1..]
-- ungeradeZahlen == [1,3,5,7,...]
```

Bedarfsauswertung (Forts.)

```
natürlicheZahlen = [1..]
-- natürlicheZahlen == [1,2,3,4,...]

ungeradeZahlen = filter odd [1..]
-- ungeradeZahlen == [1,3,5,7,...]

fibs = 0 : 1 : zipWith (+) fibs (tail fibs)
-- fibs == [0,1,1,2,3,5,8,13,21,34,...]
```

QuickCheck

```
# Perl
is(sqrt(0),  0, "sqrt(0) ist ok");
is(sqrt(1),  1, "sqrt(1) ist ok");
is(sqrt(4),  2, "sqrt(4) ist ok");
is(sqrt(9),  3, "sqrt(9) ist ok");
is(sqrt(16), 4, "sqrt(16) ist ok");
...;  # ??
```

QuickCheck

```
# Perl
is(sqrt(0),  0, "sqrt(0) ist ok");
is(sqrt(1),  1, "sqrt(1) ist ok");
is(sqrt(4),  2, "sqrt(4) ist ok");
is(sqrt(9),  3, "sqrt(9) ist ok");
is(sqrt(16), 4, "sqrt(16) ist ok");
...;  # ??
```

```
-- Haskell mit QuickCheck
propSqrt :: Double -> Bool
propSqrt x =
    sqrt (x * x) == x
```

QuickCheck (Forts.)

```
propSqrt :: Double -> Bool
propSqrt x = sqrt (x * x) == x

ghci> quickCheck propSqrt
Falsifiable, after 6 tests:
-4
```

QuickCheck (Forts.)

```
propSqrt :: Double -> Bool
propSqrt x = sqrt (x * x) == x

ghci> quickCheck propSqrt
Falsifiable, after 6 tests:
-4


propSqrt' :: Double -> Bool
propSqrt' x = sqrt (x * x) == abs x

ghci> quickCheck propSqrt'
OK, passed 100 tests.
```

QuickCheck (Forts.)

- Spezifikationsüberprüfung durch zufällig generierte Stichproben
- Enorm hilfreich!

QuickCheck (Forts.)

- Spezifikationsüberprüfung durch zufällig generierte Stichproben
- Enorm hilfreich!

- Implementierung durch Typklasse:

```
class Arbitrary a where
    arbitrary :: Gen a
```

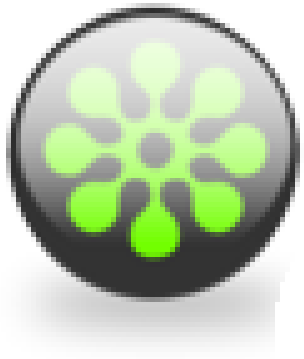
- Instanzen von `Arbitrary` nicht nur für primitive, sondern automatisch auch für zusammengesetzte Typen

Paketarchiv Hackage

- Entstehung 2007, mittlerweile 2300$^+$ Pakete
- Installationswerkzeug cabal-install

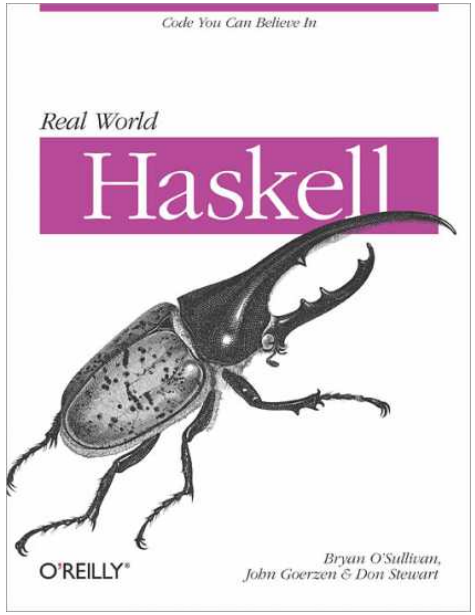
Größere Anwendungen

- Glasgow Haskell Compiler (GHC)
- darcs, verteiltes Versionskontrollsystem
- xmonad, „tiling” Fenstermanager
- Pugs, Perl-6-Prototyp
- Cryptol, Sprache für Kryptographie
- Criterion, Benchmarktoolkit



- `http://haskell.org/`
- zum Herumspielen im Browser:
  `http://tryhaskell.org/`
- interaktive Haskell-Shell:

```
$ apt-get install ghc6
$ ghci
```



- `http://learnyouahaskell.com/`
- Buch: Real World Haskell, O'Reilly

- Teile dieses Vortrags inspiriert von einem Vortrag von Audrey Tang:
  `http://feather.perl6.nl/~audreyt/osdc/haskell.xul`

linux user group e.v.
luga
augsburg

Thank You,
Thank You,

▸ Bonusfolien

Bonusfolien

Typklassen (= Schnittstellen, Rollen)

- Typklassen für ad-hoc Polymorphismus:

```
add37 x = x + 37
-- Bsp.: add37 5 == 42
```

Typklassen (= Schnittstellen, Rollen)

- Typklassen für ad-hoc Polymorphismus:

```
add37 ::                a -> a
add37 x = x + 37
-- Bsp.: add37 5 == 42
```

Typklassen (= Schnittstellen, Rollen)

- Typklassen für ad-hoc Polymorphismus:

```
add37 :: (Num a) => a -> a
add37 x = x + 37
-- Bsp.: add37 5 == 42
```

Typklassen (= Schnittstellen, Rollen)

- Typklassen für ad-hoc Polymorphismus:

```
add37 :: (Num a) => a -> a
add37 x = x + 37
-- Bsp.: add37 5 == 42


min x y = if x <= y then x else y
-- Bsp.: min 19 17 == 17
```

Typklassen (= Schnittstellen, Rollen)

- Typklassen für ad-hoc Polymorphismus:

```
add37 :: (Num a) => a -> a
add37 x = x + 37
-- Bsp.: add37 5 == 42

min :: (Ord a) => a -> a -> a
min x y = if x <= y then x else y
-- Bsp.: min 19 17 == 17
```

Typklassen (= Schnittstellen, Rollen)

- Typklassen für ad-hoc Polymorphismus:

```
add37 :: (Num a) => a -> a
add37 x = x + 37
-- Bsp.: add37 5 == 42

min :: (Ord a) => a -> a -> a
min x y = if x <= y then x else y
-- Bsp.: min 19 17 == 17
```

- Deklaration:

```
class Num a where
    (+) :: a -> a -> a
    (-) :: a -> a -> a
    (*) :: a -> a -> a
    ...
```

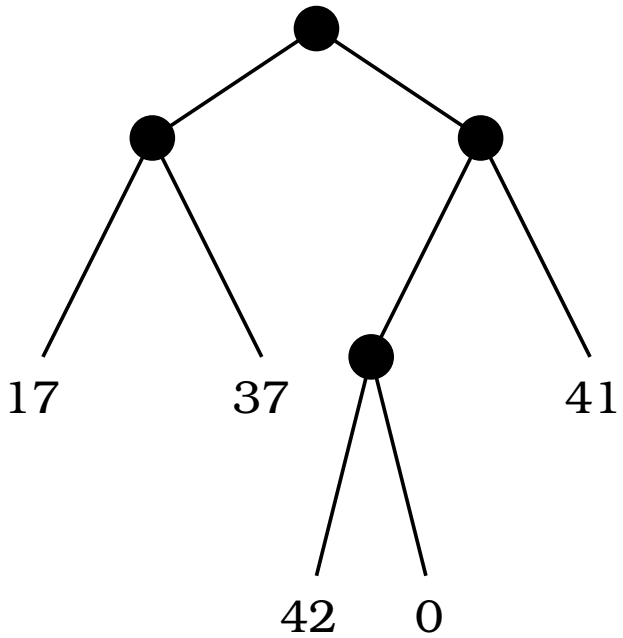
Benutzerdefinierte Datentypen

```
data Tree = Leaf Int | Fork Tree Tree
```

Konstruktoren:

`Leaf :: Int -> Tree` **und**

`Fork :: Tree -> Tree -> Tree`



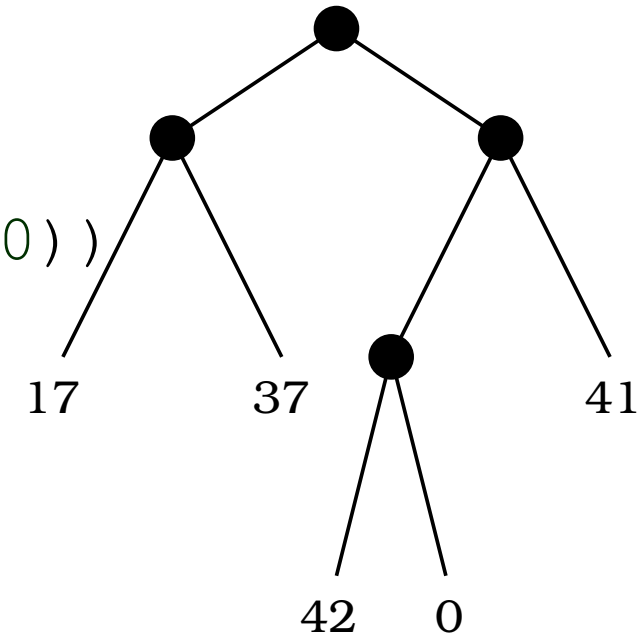
Benutzerdefinierte Datentypen

```
data Tree = Leaf Int | Fork Tree Tree
```

Konstruktoren:

```
Leaf :: Int -> Tree
```
und
```
Fork :: Tree -> Tree -> Tree
```

```
beispielBaum = Fork
    (Fork (Leaf 17) (Leaf 37))
    (Fork
        (Fork (Leaf 42) (Leaf 0))
        (Leaf 41))
```



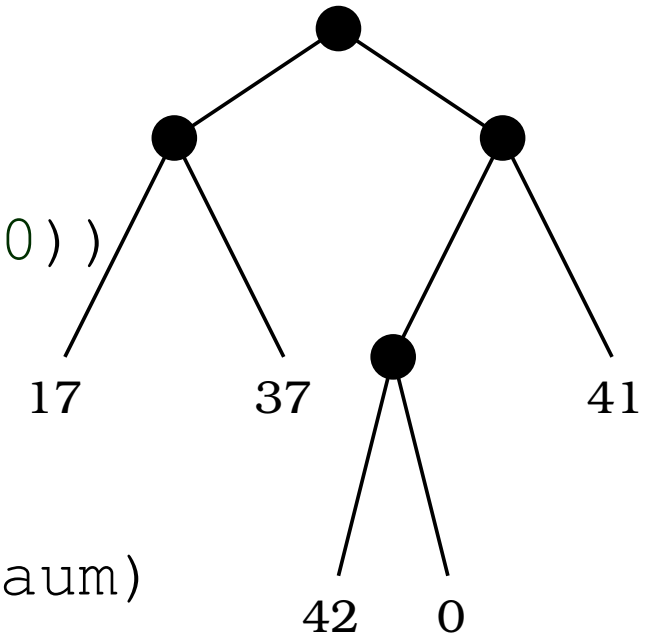
Benutzerdefinierte Datentypen

```
data Tree = Leaf Int | Fork Tree Tree
```

Konstruktoren:

```
Leaf :: Int -> Tree
```
und
```
Fork :: Tree -> Tree -> Tree
```

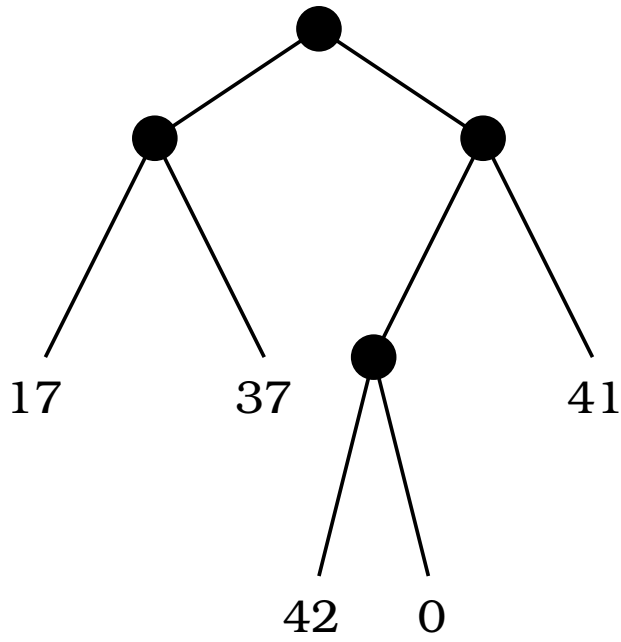
```
beispielBaum = Fork
    (Fork (Leaf 17) (Leaf 37))
    (Fork
        (Fork (Leaf 42) (Leaf 0))
        (Leaf 41))
```




```
komischerBaum = Fork
    (Fork (Leaf 23) komischerBaum)
```

Benutzerdefinierte Datentypen (Forts.)

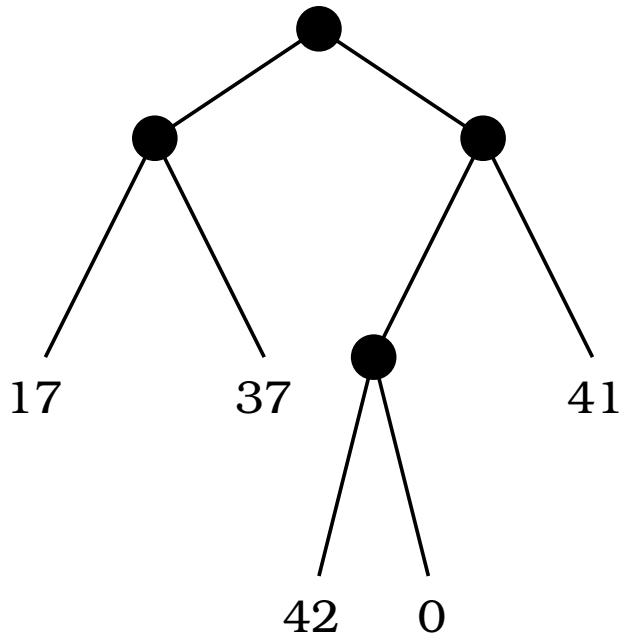
```
data Tree   = Leaf Int | Fork Tree Tree
```



Benutzerdefinierte Datentypen (Forts.)

~~`data Tree = Leaf Int | Fork Tree Tree`~~

```
data Tree a = Leaf a | Fork (Tree a) (Tree a)
```

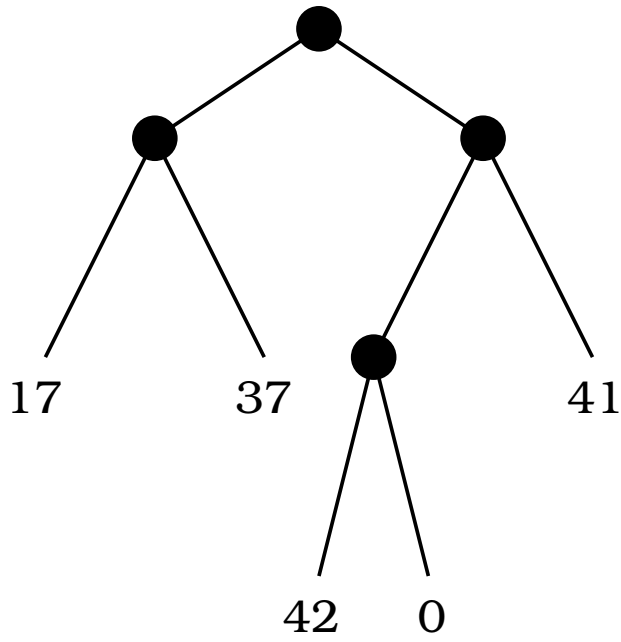


Benutzerdefinierte Datentypen (Forts.)

~~`data Tree = Leaf Int | Fork Tree Tree`~~

```
data Tree a = Leaf a | Fork (Tree a) (Tree a)

-- Gesamtzahl Blätter zählen
size :: Tree a -> Integer
size (Leaf _)           = 1
size (Fork links rechts) =
    size links + size rechts
```



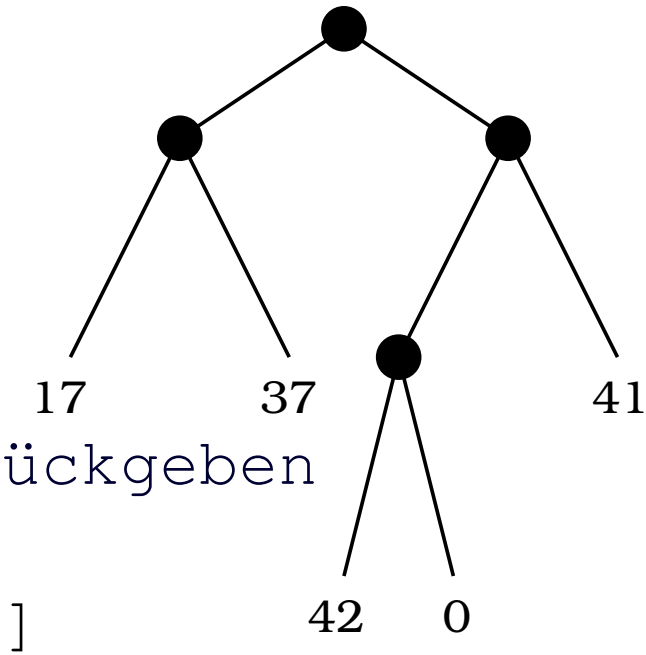
Benutzerdefinierte Datentypen (Forts.)

```
data Tree     = Leaf Int  | Fork Tree Tree

data Tree a = Leaf a      | Fork (Tree a) (Tree a)

-- Gesamtzahl Blätter zählen
size :: Tree a -> Integer
size (Leaf _)                = 1
size (Fork links rechts) =
    size links + size rechts

-- Blätter inorder als Liste zurückgeben
inorder :: Tree a -> [a]
inorder (Leaf x)                = [x]
inorder (Fork links rechts) =
    inorder links ++ inorder rechts
```



Umgang mit fehlenden Werten

- „Null References: The Billion Dollar Mistake“ (Tony Hoare)
- In Haskell: Explizite Kennzeichnung von möglicherweise fehlenden Werten durch Maybe-Typen


```
data Maybe a = Nothing | Just a

lookupFarbe :: String -> Maybe Color
-- Bsp.:
   lookupFarbe "Simpsons" == Just YELLOW
   lookupFarbe "Simqsons" == Nothing
```

Maybe-Ketten

Anwendbarkeit des syntaktischen Zuckers von Aktionstypen für Maybe:

```
berechneA :: Integer  -> Maybe String
berechneB :: Integer  -> Maybe [Double]
berechneC :: [Double] -> Maybe String

berechne :: Integer -> Maybe String
berechne x = do
    teil1  <- berechneA x
    teil2  <- berechneB x
    teil2' <- berechneC teil2
    return (teil1 ++ teil2)
```

Foreign Function Interface

```
{-# INCLUDE <math.h> #-}
foreign import ccall unsafe "sin"
    c_sin :: CDouble -> CDouble
```

- Einbindung von (C-)Bibliotheken
- Keine besondere Handhabung der importierten Funktionen
- Callbacks aus dem C-Code heraus möglich

Nebenläufigkeit

- Aufgabenparallelismus:
  Software Transactional Memory ▸ weiter
- Datenparallelismus:
  Data Parallel Haskell ▸ weiter

Traditionelles Locking

- Schwierigkeiten bei traditionellem Locking: nichtlokales Denken, Deadlocks, Livelocks, Prioritätsinversion
- „lock-based programs do not compose“

Traditionelles Locking (Forts.)

```
1 # Perl
  $x->withdraw(3);
  $y->deposit(3);
  # Race Condition!
```

Traditionelles Locking (Forts.)

1
```
# Perl
$x->withdraw(3);
$y->deposit(3);
# Race Condition!
```

2
```
$x->lock(); $y->lock();
$x->withdraw(3);
$y->deposit(3);
$y->unlock(); $x->unlock();
```

Traditionelles Locking (Forts.)

1. ```
   # Perl
   $x->withdraw(3);
   $y->deposit(3);
   # Race Condition!
   ```

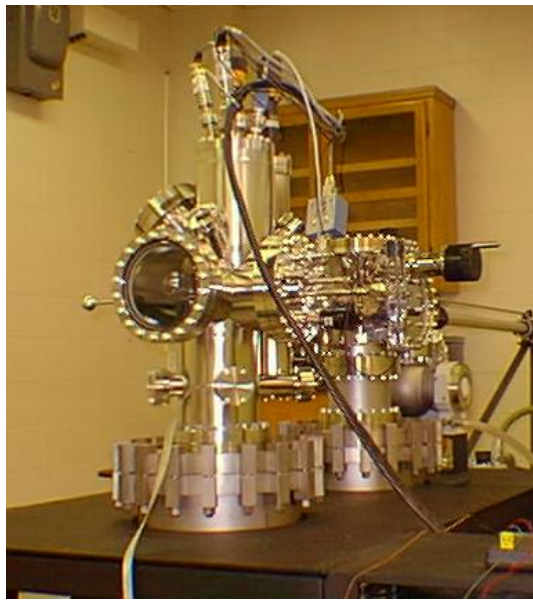
2. ```
   $x->lock(); $y->lock();
   $x->withdraw(3);
   $y->deposit(3);
   $y->unlock(); $x->unlock();
   ```

3. ```
   { $x->lock(); $y->lock(); ...; }
   vs.
   { $y->lock(); $x->lock(); ...; }
   # Deadlock!
   ```


   ```

Software Transactional Memory

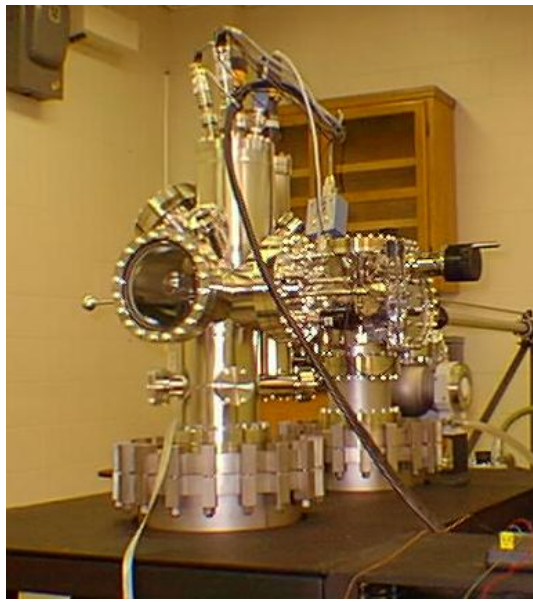
- Transaktionsvorstellung:
  Unabhängige, einfädige Ausführung jeder Transaktion
- Implementierung durch Schreiben in temporären Puffer; Commit nur, wenn gelesene Variablen noch unverändert, sonst Neustart
- Vorteile:
  keine expliziten Locks,
  keine Race Conditions,
  Komponierbarkeit



Software Transactional Memory (Forts.)

```haskell
-- Haskell
withdraw :: Account -> Int -> STM ()
deposit  :: Account -> Int -> STM ()

atomically $ do
    withdraw x 3
    deposit  y 3
```



Flat/Nested Data Parallelism

- Flat Data Parallelism:

```
for my $i (1..$N) {
    work($i);
}
```

- Parallelisierung durch einfaches Aufteilen der Fälle auf die Prozessoren
- Effizienz verschenkt, wenn `work()` selbst parallel arbeiten könnte!

Data Parallel Haskell

- Umsetzung von Nested Data Parallelism
- Automatische Programmtransformationen: Flattening (global), Fusion (lokal)
- Wesentliche Abhängigkeit von Haskells reiner Funktionalität

Data Parallel Haskell

- Umsetzung von Nested Data Parallelism
- Automatische Programmtransformationen: Flattening (global), Fusion (lokal)
- Wesentliche Abhängigkeit von Haskells reiner Funktionalität

```
-- Komponentenweise Vektor-Multiplikation
mulP :: (Num a) => [:a:] -> [:a:] -> [:a:]
mulP xs ys =
    [: x + y | x <- xs | y <- ys :]

-- Skalarprodukt
dotP :: (Num a) => [:a:] -> [:a:] -> a
dotP xs ys = sumP (mulP xs ys)
```

Bildquellen

- http://betr1ebsrat.files.wordpress.com/2009/10/zeitungs-logo-standard.jpg
- http://de.academic.ru/pictures/dewiki/100/dining_philosophers.png
- http://i.ehow.com/images/a04/8i/g0/show-real-smile-photographs-800X800.jpg
- http://imgs.xkcd.com/comics/regular_expressions.png
- http://learnyouahaskell.com/splash.png
- http://media.nokrev.com/junk/haskell-logos/logo7.png
- http://otierney.net/images/perl6.gif
- http://perl.plover.com/yak/presentation/samples/present.gif
- http://save-endo.cs.uu.nl/target.png
- http://theleftwinger.files.wordpress.com/2010/01/lazy.jpg
- http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/7d/Bug.png
- http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c6/Metal_movable_type_edit.jpg
- http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d0/Jabberwocky.jpg
- http://wordaligned.org/images/the-challenge-of-effects.jpg
- http://www.coverbrowser.com/image/oreilly-books/42-1.jpg
- http://www.ctri.co.uk/images/cat30.jpg
- http://www.darcs.net/logos/logo.png
- http://www.fos.org.au/custom/files/media/sort_it_cover_300.jpg
- http://www.galois.com/~dons/images/cloud.png
- http://www.galois.com/files/Cryptol/Cryptol_logo_image.png
- http://www.homemortgagerates.us/variable-rates-636.jpg
- http://www.lakehousecreations.com/images/ThankYou/Thank%20You%202003%20(12).jpg
- http://www.luga.de/LUGA_Logo
- http://www.nataliedee.com/093009/death-is-a-side-effect-of-most-things.jpg
- http://www.simpsonsline.com/rb/fakten/vorspann/02_kasse.jpg
- http://www.sketchybeast.com/wp-content/uploads/2007/12/input_output.jpg
- http://www.sopaed-lern.uni-wuerzburg.de/uploads/pics/Pruefung.jpg
- http://www.wfu.edu/nanotech/Microscopy%20Facility/stm_view.jpg
- http://www.wishlist.nu/wp-content/uploads/2007/10/gargoyle.jpg
- http://xmonad.org/images/logo.png