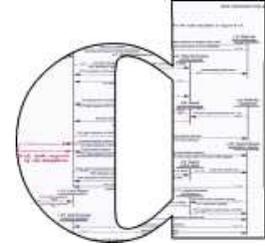

DEPENDABLE SYSTEMS AND SOFTWARE

Fachrichtung 6.2 — Informatik
Prof. Dr.-Ing. Holger Hermanns



Frage 1:

Betrachten sie das Programm:

```
val x = 3 + 4
val y = 3 * (x + 5)
```

Wie viele Schlüsselwörter (ohne Operatoren) enthält das Programm?

- 4
- 5
- 6
- 7

Frage 2:

Betrachten sie folgendes Programm:

```
fun f (x:int) = f x
```

Was passiert, wenn sie die Funktion im Interpreter ausführen? Die Funktion...

- terminiert und gibt die Eingabe zurück.
- wird vom Interpreter gar nicht erst angenommen.
- divergiert.
- liefert einen Fehler.

Frage 3:

Sei eine Prozedur f gegeben durch:

```
fun f e1 e2 e3 = (e1::e2)::e3
```

Welchen Typ hat f?

- 'a -> 'a -> 'a -> 'a list
- 'a -> 'a list -> 'a list -> 'a list
- 'a list -> 'a list -> 'a list -> 'a list
- 'a -> 'a list -> 'a list list-> 'a list list

Frage 4:

Was berechnet die folgende Prozedur für $x = -3$?

```
fun negate x = iter x 0 (fn a => a-1)
```

wobei:

```
iter n s f = if n < 1 then s else iter (n-1) (f s) f
```

- 3
- 0

3

Die Prozedur berechnet nichts, da sie nur positive Zahlen akzeptiert

Frage 5:

Gegeben die Listendarstellung der natürlichen Zahlen als *unit list* (vgl. Aufgabe 4.14). Beispielsweise stellt $[(\), (\), (\)]$ die Zahl 3 dar. Was berechnet die Prozedur z ?

```
fun z nil ls = nil
| z (l::lr) ls = ls@(z lr ls)
```

Die Summe zweier Zahlen

Das Produkt zweier Zahlen

Die Größere von 2 Zahlen

Etwas ganz anderes

Frage 6:

Welcher der folgenden Ausdrücke ist minimal geklammert und hat die gleiche Baumdarstellung wie $((f\ 4) - (3 * 7)) < (g\ (y-1))$?

$f\ 4 - 3 * 7 < g\ y-1$

$(f\ 4) - 3 * 7 < g\ y-1$

$(f\ 4) - (3 * 7) < g\ (y-1)$

$f\ 4 - 3 * 7 < g\ (y-1)$

Frage 7:

Welches der folgenden Programme ist nicht geschlossen?

```
val (x,y) = (12,4)
  val (x,y) = (y,x)
```

```
fun x (y:int) (z:int) : int = y+z
```

```
val f = (fn (x:int) => if x <= 0 then 0 else x + f (x-1))
```

```
fun f (x:int) = if x <= 0 then 0 else x + f (x-1)
```

Frage 8:

Welche Bindungen berechnet das folgende Programm?

```
val x = 4*3
fun g (x: int) = if x = 13 then false else true
val x = g (x+1)
```

```
g := (fun g x = if x = 13 then false else true, int -> bool, [x := 12])
x := true
```

```
g := (fun g x = if x = 13 then false else true, int -> bool, [x := 13])
x := false
```

```
g := (fun g x = if x = 13 then false else true, int -> bool, [])
x := true
```

```
g := (fun g x = if x = 13 then false else true, int -> bool, [])
x := false
```

Frage 9:

Betrachten Sie das folgende Programm:

```
val a = 4 - 3
val b = (a = 7)
```

Dieses Programm enthält:

- 1 Operator und b wird an false gebunden.
- 1 Operator und b wird an true gebunden.
- 2 Operatoren und b wird an false gebunden.
- 2 Operatoren und b wird an true gebunden.

Frage 10:

Welches Ergebnis liefert die folgende Funktion?

```
fun f (x:int, y:int)=
  if x<y then x
  else x
```

- Die Funktion liefert das Minimum zweier Zahlen.
- Die Funktion liefert das Maximum zweier Zahlen.
- Die Funktion liefert die erste Komponente eines Tupels.
- Die Funktion divergiert.

Frage 11:

Betrachten Sie folgendes Programm:

```
val a = 17 mod 4
val b = 17 div 4
```

Es gilt:

- a wird an 1, b an 4 gebunden.
- a wird an 4, b an 1 gebunden.
- a wird an 5, b an 3 gebunden.
- a wird an 3, b an 5 gebunden.

Frage 12:

Welcher der Ausdrücke wertet zur Liste [1,7,3,4,8] aus?

- 1::nil@7::3::nil@[4,8]
- 1@7::3::nil@[4,8]
- 1::7::3@4::8::nil
- [1]@[3,7]@[8,4]

Frage 13:

Welche der Deklarationen ist nicht geschlossen?

-
- `val (x,y) = (x+y, y-x)`
 - `fun f x y = x y`
 - `fn x => (fn y => x) x`
 - `fun g (x,y) = (fn x => (fn y => (fn x => y) x) y) x`

Frage 14:

Was berechnet diese Prozedur?

```
fun f (nil, ys) = ys
| f (x::xr, ys) = x::f(xr,ys)
```

- Die Konkatenation zweier Listen wie mit dem Operator @.
- Die Summe der Längen beider Listen.
- Die Reversion einer Liste durch Umkehren der Elementreihenfolge.
- Die größere der beiden Listen.

Frage 15:

Sei folgende Deklaration für Bäume gegeben:

```
datatype tree = T of tree list
```

Was testet die folgende Prozedur?

```
fun f (T[]) = true
  |f (T[t1,t2]) = f t1 andalso f t2
  |f _ = false
```

- Die Prozedur testet, ob ein Baum binär ist.
- Die Prozedur testet, ob ein Baum linear ist.
- Die Prozedur testet, ob ein Baum balanciert ist.
- Die Prozedur testet, ob ein Baum atomar ist.

Frage 16:

Sei folgende Deklaration für markierte Bäume gegeben:

```
datatype 'a ltr = L of 'a * 'a ltr list
```

Bestimmen Sie, ob der folgende Baum balanciert ist, und was seine Grenze ist.

```
val baum = L(5, [L(8, []), L(6, [L(1, []), L(7, []), L(3, [])])])
```

- Der Baum ist nicht balanciert und seine Grenze ist [8,1,7,3].
- Der Baum ist nicht balanciert und seine Grenze ist [6,1,7,3].
- Der Baum ist balanciert und seine Grenze ist [1,7,3].
- Der Baum ist balanciert und seine Grenze ist [5].

Frage 17:

Sei folgende Deklaration für markierte Bäume gegeben:

```
datatype 'a ltr = L of 'a * 'a ltr list
```

Betrachten Sie folgenden Baum t_1 :

```
val t1 = L(1, [L(4, [L(5, []), L(1, []), L(7, [])]), L(3, [])])
```

Geben Sie die Adressen der Auftreten von Teilbaum t_2 an, wobei t_2 folgende Form hat:

```
val t2 = L(1, [])
```

- t_2 kommt nicht in t_1 vor.
- [] und [1,2]
- [1,2]
- [2,2]

Frage 18:

Sei f die Laufzeitfunktion einer hier nicht weiter interessanten Prozedur.
Sei f wie folgt definiert:

$$f(n) = \text{if } n < 27 \text{ then } 1 \text{ else } f(n - 7) + 3n^7 + 7n^3$$

f ist Element welcher der folgenden Komplexitätsklassen?

- $O(n^8)$
- $O(27)$
- $O(n \log n)$
- $O(n)$

Frage 19:

An welches Typschema wird die folgende Prozedur gebunden?

```
fun f x y z = if x y = z then x y + 1 else z
```

- $(int \rightarrow int) \rightarrow int \rightarrow int \rightarrow int$
- $('a \rightarrow'' a) \rightarrow' a \rightarrow'' a \rightarrow int$
- $('a \rightarrow int) \rightarrow' a \rightarrow int \rightarrow int$
- $'a \rightarrow int \rightarrow' a \rightarrow int \rightarrow int$

Frage 20:

Seien folgende Prozedurdeklarationen gegeben:

```
fun first m p = if p m then m else first (m+1) p  
fun f x = first 0 (fn a => a + a > x) -1
```

Was berechnet die Prozedur f ?

- $\lfloor x \rfloor$
- $\lfloor \frac{x}{2} \rfloor$
- $\lceil \frac{x}{2} \rceil$
- $\lceil \frac{x}{2} - 1 \rceil$

Frage 21:

Sei die Prozedur $iter : int \rightarrow int \rightarrow (int \rightarrow int) \rightarrow int$ gegeben. Welche der folgenden Anwendungen liefert keine Fehlermeldung?

- `fun i iter = iter 7 iter (fn a => a*x)`
- `fun f x = iter 5 x (fn a => a)`
- `val h = iter 6.0 1 (fn a => a*3)`
- `fun g x n = iter (n,x) (fn a => a*x)`

Frage 22:

Welcher der folgenden Ausdrücke wird an den Wert *false* gebunden?

- `"Apfel" < "Orange"`
- `"blau" < "Orange"`
- `"Zitrone" < "Äpfel"`
- `"Hunde" > "Hund"`

Frage 23:

Gegeben sei das Muster $(x, y :: _ :: z, (u, 3))$. Wird es vom Wert $([1, 2], [3, 4, 5], (11, 3))$ getroffen? Wenn ja, welche Bindungen ergeben sich für die Variablen.

- Nein, da *x* nicht an eine Liste gebunden werden kann.
- Ja, mit folgenden Bindungen: *x*:= $[1, 2]$, *y*:=3, *z*:= $[5]$ und *u*:=11
- Nein, da $y :: _ :: z$ kein zulässiger Ausdruck ist.
- Ja, mit folgenden Bindungen: *x*:= $[1, 2]$, *y*:=2, *z*:=5 und *u*:= 11

Frage 24:

Sei folgende Deklaration gegeben:

```
datatype exp =  
  C of int      Konstante  
  | X           Variable  
  | A of exp*exp Summe  
  | M of exp*exp Produkt  
  | P of exp*int Potenz
```

Wie sieht die Darstellung des folgenden Ausdrucks aus: $((4^5 + 5x + x^3)3)$

- `M(A(A(P(C 4,C 5),M(C 5, X)),P(X,C3)),C 3)`
- `A(P(C 4,C 5),A(M(C 5,X),M(P(X,C 3),C 3)))`
- `M(A(A(P(C 4,5),M(C 5, X)),P(X,3)),C 3)`
- `M(A(A(P(C 4,5),M(C 5, X)),P(C 3,X)),C 3)`

Frage 25:

Seien folgenden Deklarationen gegeben:

```
exception MyException of int  
val a = (if (raise MyException 3; 3) < 4 then 4 else 5) handle MyException x => x+x
```

An welchen Wert wird *a* gebunden?

- 4
- 5
- 6
- 3

Frage 26:

Seien folgende Deklarationen gegeben:

```
datatype nat = 0 | S of nat
fun f 0 y = y
    | f (S x) y = f x (S y)
```

Wobei gilt: $0 \rightarrow O, 1 \rightarrow S O, 2 \rightarrow S (S O)$ usw.
Was berechnet die Prozedur f?

- Sie berechnet das Produkt zweier Zahlen.
- Sie berechnet die Summe zweier Zahlen
- Sie liefert zu einer Darstellung die dargestellte Zahl.
- Sie gibt die Größe zweier Zahlen zurück.

Frage 27:

Welche Bezeichner treten in der Phrase `val a = fn b => fn c => d b (c b)` frei auf?

- Nur d
- a und d
- Nur a
- Es treten keine freien Bezeichner auf

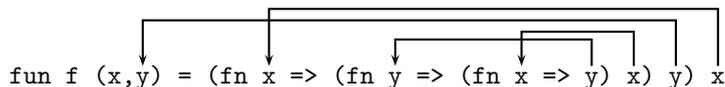
Frage 28:

Betrachten Sie die Deklaration

```
fun f(x,y) = (fn x => (fn y => (fn x => y) x) y) x
```

Welche der folgenden Aussagen ist richtig?

- Stellt man die lexikalische Bindungen der Deklaration durch Pfeile dar, so ergibt sich die Darstellung:



- Nach syntaktischer Bereinigung der Deklaration sieht diese wie folgt aus:

```
fun f (x1,y1) = (fn x2 => (fn y2 => (fn x3 => y2) x2) y1) x1
```

- Das Typschema des deklarierten Bezeichners f lautet:
 $\forall \alpha \beta. \alpha * \beta \rightarrow \beta$
- `fun f (x,y) = x` ist eine semantisch äquivalente Deklaration, die ohne Zuhilfenahme einer Abstraktion auskommt

Frage 29:

Welcher der folgenden Ausdrücke bindet den Bezeichner a an die Liste [1,1,6,2]?

- `val a = (1::(1::(6::2)))`
- `val a = [1,1]::[6,2]`
- `val a = [1,2]@[1,6]`
- `val a = [1]@(1::(6::(2::nil)))`

Frage 30:

Welcher der folgenden Werte trifft das Muster `[(a,b), (c,2)]::x::xr`?

- `[(4,1), (5,2), (1,1), (7,2)]`
- `[[[(4,1), (4,2)], [(4,3), (4,4)], []]`
- `[[((1,12),2), ((1,13),3)], [(1,14),4], ((1,15),5)], [(1,16),6]]`
- `[[true,11), (true,2)]]`

Frage 31:

Gegeben sei die Prozedurdeklaration `fun proc f = foldr (fn (x,ys) => if f x then x::ys else ys) nil`. Welchen Wert weist die Deklaration `val xs = proc (fn a => a>5) [7,2,4,1,13]` dem Bezeichner `xs` zu?

- `[13,7]`
- `[7,13]`
- `[2,4,1]`
- `[]`

Frage 32:

Welche der folgenden Prozeduren `sorted : int list → bool`, gibt genau dann `true` zurück, wenn eine Liste **absteigend** sortiert ist?

- `fun sorted nil = true
| sorted (x::nil) = true
| sorted (x::y::yr) = (x<=y) andalso sorted (y::yr)`
- `fun sorted nil = true
| sorted (x::nil) = true
| sorted (x::y::yr) = (x>=y) andalso sorted (y::yr)`
- `fun sorted nil = false
| sorted (x::nil) = false
| sorted (x::y::yr) = (x>=y) orelse sorted (y::yr)`
- `fun sorted nil = true
| sorted (x::nil) = true
| sorted (x::y::yr) = if (x>y) then true else sorted (y::yr)`

Frage 33:

Welche der folgenden Aussagen im Bezug auf Ordnungen ist **nicht** richtig?

- Unter einer Ordnung verstehen wir eine Relation, die reflexiv, transitiv und antisymmetrisch ist.
- Die natürliche Ordnung $NO(X) = \{(x, y) \in X^2 \mid x \leq y\}$ für eine Menge $X \subseteq \mathbb{R}$ ist linear.
- Jede Menge hat bezüglich einer Ordnung genau ein kleinstes Element.
- Es gibt Ordnungen, die linear, aber nicht wohlfundiert sind.

Frage 34:

Die Reversion von Listen sei als Prozedur $rev : \mathcal{L}(X) \rightarrow \mathcal{L}(X)$ durch die Gleichungen

$$rev\ nil = nil$$

$$rev\ (x :: xr) = (rev\ xr)@[x]$$

definiert. Welche der folgenden Funktionen ist eine strukturelle Terminierungsfunktion für rev ?

- $\lambda xs \in \mathcal{L}(X). xs$ mit $xs := (x :: xr)$
- $\lambda xs \in \mathcal{L}(X). xr$
- $\lambda xs \in \mathcal{L}(X). |xs|$
- $\lambda xs \in \mathcal{L}(X). |xr| + 1$

Frage 35:

Die Prozedur

$$p : \mathbb{Z} \times \mathbb{N} \rightarrow \mathbb{Z}$$

$$p(x, n) = \text{if } n < 1 \text{ then } 1 \text{ else } p(x, n - 1)$$

- berechnet die Ergebnisfunktion $\lambda(x, n) \in \mathbb{Z} \times \mathbb{N}. n \cdot x$.
- berechnet die Ergebnisfunktion $\lambda(x, n) \in \mathbb{Z} \times \mathbb{N}. x^n$ endrekursiv.
- terminiert nicht für alle Argumente $(x, n) \in \mathbb{Z} \times \mathbb{N}$.
- hat die Rekursionsfunktion $\lambda(x, n) \in \mathbb{Z} \times \mathbb{N}. \text{if } n < 1 \text{ then } \langle \rangle \text{ else } \langle (x, n - 1) \rangle$ und ist damit linear rekursiv.

Frage 36:

Welche der folgenden Aussagen ist in Bezug auf einen balancierten Binärbaum der Tiefe $d(t)$ **nicht** richtig?

- Die Breite des Baumes ist $2^{d(t)}$.
- Die Größe des Baumes ist $2^{d(t)} - 1$.
- Der Baum hat genau $2^{d(t)} - 1$ innere Knoten.
- Der Baum hat genau ein Blatt mehr, als er innere Knoten hat.

Frage 37:

Welche ist die kleinste natürliche Zahl n , sodass $O(f\ x) \subseteq O(x^n)$ für jede der Funktionen

$$\lambda x \in \mathbb{N}. f\ x = 2x^3 + x^2 \log x$$

$$\lambda x \in \mathbb{N}. f\ x = (x^4 + x^2 + 1)/(x^3 + 1)$$

$$\lambda x \in \mathbb{N}. f\ x = (x^4 + 5 \log x)/(x^4 + 1)$$

gilt?

- 4
- 2
- 3
- Es gibt keine natürliche Zahl n , welche die geforderte Bedingung erfüllt.

Frage 38:

Welche der folgenden Funktionen ist bezüglich der Größenfunktion $\lambda n \in \mathbb{N}. n$ Laufzeitfunktion für die Prozedur

$$q : \mathbb{N} \rightarrow \mathbb{N}$$

$$q\ n = \text{if } n = 0 \text{ then } 1 \text{ else } n \cdot q(n - 1)$$

- $\lambda n \in \mathbb{N}. 1$
- $\lambda n \in \mathbb{N}. n^2$
- $\lambda n \in \mathbb{N}. n + 1$
- $\lambda n \in \mathbb{N}. 2^n$

Frage 39:

Welche der folgenden Prozesse sind bisimilar?

- $c!.0$ und $c?.0$
- $a.(b.0 + c.0)$ und $a.b.0 + a.c.0$
- $a.0$ und $a.(0 + 0) + a.0$
- $a.0$ und $a.0 + c.0$

Frage 40:

Gegeben sei die abstrakte Grammatik

$b \in \{0, 1\}$

$s \in S = b \mid 0s1$

Welchen der folgenden Terme der Sprache S können Sie mithilfe dieser Grammatik erzeugen?

- 00111
- 10
- 0111
- 0100

Frage 41:

Welcher der folgenden Übergänge entspricht **nicht** der Semantik von CCS ?

- $0 \mid a?.0 + c!.0 \xrightarrow{a?} 0 \mid 0$
- $c?.b!.0 \mid a?.0 + c!.0 \xrightarrow{\tau} b!.0 \mid 0$
- $a!.b?.0 \mid a!.c?.0 \xrightarrow{a!} b?.0 \mid c?.0$
- $a?.0 + c!.0 \xrightarrow{c!} 0$

Frage 42:

Bei welcher Prozedur ist der Ergebnistyp nicht *bool*?

- `fun test4 (p:bool*bool) = if #1p then test4 (false,true) else 4`
- `fun test5 (x:int) = 3<x`
- `fun test3 (p:int*bool) = #2p`
- `fun (z:bool) = if 3<4 then 4<>3 else false`

Frage 43:

Welche Aussage ist nicht richtig?

- Das Programm `val x = 4 + 7` enthält mindestens ein Schlüsselwort
- 7 ist eine Konstante
- (, +, - und) sind Operatoren
- ist nicht der Negationsoperator in Moscow ML

Frage 44:

Welche Funktionsdeklaration ist nicht richtig?

- `fun swap (p:int*int) = (#2p , #1p)`
- `fun test (x:int, y:bool) = 4*5+(3*x)`
- `fun quadrat (x:int) = x*x`
- `fun test2 (x:int, y:int) = if true then (x+y)`

Frage 45:

Welcher der folgenden Ausdrücke ist minimal geklammert und hat die gleiche Baumdarstellung wie `(int * int * int) -> (real * (real -> real)) -> bool -> (bool -> (bool * real))`?

- `int * int * int -> (real * (real -> real)) -> bool -> bool -> (bool * real)`
- `(int * int * int) -> (real * (real -> real)) -> bool -> bool -> (bool * real)`
- `int * int * int -> real * real -> real -> bool -> bool -> bool * real`
- `int * int * int -> real * (real -> real) -> bool -> bool -> bool * real`

Frage 46:

Welcher der folgenden Ausdrücke ist nicht semantisch äquivalent mit `fn (x: int, y: int) => x mod y`?

- `fn (x: int, y: int) => (fn (k: int) => (k - 2) mod y) x + 2`
- `fn (x: int, y: int) => (fn (z: int) => z div 1) (x mod y)`
- `fn (x: int, y: int) => (fn (y: int) => y) x mod y`
- `fn (x: int, y: int) => (fn (y: int) => fn (x: int) => y mod x) x y`

Frage 47:

In welcher Umgebung ist der Ausdruck `if x * f x = 1.0 then y else 2` geschlossen und wohlgetypt?

- `[x := 1, y := 3, f := (fun f z = z + 1, int -> int, [])]`
- `[x := 1.0, y := 3, f := (fun f z = z + 1.0, real -> real, [])]`
- `[x := 1.0, y := 3.0, f := (fun f z = z + 1.0, real -> real, [])]`
- `[x := 1.0, z := 3, f := (fun f z = z + 1.0, real -> real, [])]`

Frage 48:

Welches Typschema wird der Interpreter für die Prozedur `fun f x y z = z y x` festlegen?

- $\alpha \rightarrow \beta \rightarrow (\gamma \rightarrow \alpha \rightarrow \gamma) \rightarrow \gamma$
- $\alpha \rightarrow \beta \rightarrow (\beta \rightarrow \alpha \rightarrow \gamma) \rightarrow \alpha$

$\alpha \rightarrow \beta \rightarrow (\beta \rightarrow \alpha \rightarrow \gamma) \rightarrow \gamma$

$\alpha \rightarrow \alpha \rightarrow (\beta \rightarrow \alpha \rightarrow \alpha) \rightarrow \alpha$

Frage 49:

Gegeben sei die Prozedur `fun f x y = iter x y Math.sqrt`. Welchen Wert liefert der Aufruf von `f 2 256.0`?
Zur Erinnerung: `iter` ist definiert als `fun iter n s f = if n < 1 then s else iter (n - 1) (f s) f`.

8.0

1.41421356237

2.0

4.0

Frage 50:

Welche der folgenden Prozeduren kann gemäß dem Typschema $real \rightarrow real \rightarrow real * bool \rightarrow bool$ angewendet werden?

`fun f x y z = let val (a, b) = z in if x = a then y = x else y = b end`

`fun f x y z = let val ((a, b), c) = (z, y) in if x = a then c = x else b end`

`fun f x c (a, b) = if x = b then c = x else b`

`fun f x y z = let val ((a, b), c) = (z, y) in if a then x else b end`

Frage 51:

Welches der folgenden Muster trifft nicht den Wert `[(3, 6), (8, 4)]`?

`(x::(8, b)::nil)`

`[(a, 6), (8, b)]`

`(_:_:xs)`

`[x, (8, b), xs]`

Frage 52:

Sei die Prozedur `fun c xs = foldl (fn (a, b) => if a then b + 1 else b) 0 xs` gegeben. Welchen Wert liefert der Aufruf von `c [1 = 1, 2 = 1, 2 = 2]`?

2

0

false

1

Frage 53:

Sei `x := [1, 3, 2, 6, 8, 9]`. Welcher der folgenden Ausdrücke liefert eine sortierte Liste?

`rev (tl x)`

`tl (tl x)`

`tl (rev x)`

`tl x`

Frage 54:

Was bewirkt die folgende Prozedur?

```
fun f nil = nil
|   f (x::xr) = f xr @ [x]
```

- Sie reversiert eine Liste durch Umkehren der Elementreihenfolge
- Sie liefert zu einer Liste von Listen die Konkatenation der Elementlisten
- Sie liefert die Ausgangsliste
- Sie macht keines der genannten Dinge

Frage 55:

Welche der folgenden Prozeduren berechnet die Potenz x^n (durch n -maliges Multiplizieren mit x)?

Zur Erinnerung: `iter` ist definiert als `fun iter n s f = if n < 1 then s else iter (n-1) (f s) f`.

- `fun f x n = iter n 1 (fn a => a+x)`
- `fun g x n = iter n x (fn a => a)`
- `fun h x n = iter n 0 (fn a => a*x)`
- `fun i x n = iter n 1 (fn a => a*x)`

Frage 56:

Bei welchem der folgenden Ausdrücke macht es für die dargestellten Listen einen Unterschied wie sie geklammert sind?

- `(e1 :: e2)@e3` oder `e1 :: (e2@e3)`
- `(e1@e2)@e3` oder `e1@(e2@e3)`
- `(e1 :: e2) :: e3` oder `e1 :: (e2 :: e3)`
- `(e1 :: nil)@(e1 :: nil)` oder `(e1 :: (nil@(e1 :: nil)))`

Frage 57:

Sei folgende Deklaration für markierte Bäume gegeben:

```
datatype 'a ltr = L of 'a * 'a ltr list
```

Geben Sie die Adressen der Knoten aus dem Baum

```
val t = L (1, [L (3, [L (1, []), L (3, [])]), L(1, [L (3, [])])])
```

an, die mit 3 markiert sind.

- `[1, 1], [], [2, 1]`
- `[1, 2], [2, 1], [1]`
- `[1], [1, 2], [1, 1]`
- `[1, 2], [1, 1], [2, 1]`

Frage 58:

Sei die folgende Prozedur $f : tree \rightarrow int$ gegeben:

```
fun f (T nil) = 1
  | f (T ts) = foldl op+ 0 (map f ts)
```

Welche der folgenden Aussagen ist wahr?

Zur Erinnerung: Reine Bäume sind mit dem Datentyp `datatype tree = T of tree list` realisiert.

- f berechnet die Breite eines Baums.
- f berechnet die Größe eines Baums.
- f berechnet den Grad eines Baums.
- f berechnet die Tiefe eines Baums.

Frage 59:

Wie viele Knoten besitzt ein balancierter binärer Baum mit Tiefe 2?

- 8
- 6
- 5
- 7

Frage 60:

Was macht die folgende Funktion?

```
fun f (L(x, ts)) = L(x, rev (map f ts))
```

- Sie spiegelt markierte Bäume
- Sie liefert die Grenze eines markierten Baumes
- Sie liefert die reversierte Grenze eines markierten Baumes
- Sie liefert die Gestalt eines markierten Baumes

Frage 61:

Gegeben ist folgende Funktion:

```
fun create 0 = L(0, [])
  | create n = L(n, [create (n-1), create (n-1)])
```

Der markierte Baum, der bei Aufruf von `create 8` entsteht,...

- ... hat die Grenze `[0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0]`
- ... ist nicht balanciert
- ... hat Tiefe 3
- ... ist binär

Frage 62:

Seien die Bäume `t1`, `t2`, `t3` nach den folgenden Deklarationen gegeben:

```

val t1 = T[]
val t2 = T[t1,t1,t1]
val t3 = T[T[t2],t1,t2]

```

Betrachten Sie Baum $t3$. Die Adressen der Auftreten des Teilbaums $t2$ sind:

- [1] und [3]
- [1] und [3,3]
- [1,1] und [3]
- [2,2] und [3,1]

Frage 63:

Welches Typschema hat folgender Ausdruck?

```
fun f a b c = if (a (b, c)) then b else c
```

- $\alpha \rightarrow \beta \rightarrow \gamma \rightarrow \delta$
- $bool \rightarrow \alpha \rightarrow \beta \rightarrow \gamma$
- $(\alpha * \alpha \rightarrow bool) \rightarrow \alpha \rightarrow \alpha \rightarrow \alpha$
- $(\alpha * \beta \rightarrow bool) \rightarrow \alpha \rightarrow \beta \rightarrow \gamma$

Frage 64:

```
fun f a b (c, d) = a + b + c + d
```

Welche der folgenden Deklarationen ist semantisch äquivalent zu f ?

- `val f = fn a => fn b => fn c => fn d => a + b + c + d`
- `val f = fn a => fn b => fn (cd : real * real) => a + b + #1 cd + #2 cd`
- `val f = fn a => fn b => fn (cd : int -> int) => a + b + #1 cd + #2 cd`
- `val f = fn a => fn b => fn (cd : int * int) => a + b + #1 cd + #2 cd`

Frage 65:

Gegeben sei der folgende Ausdruck:

```

let
val c = 10
fun f (x : int) : int = x + 1 + c
fun f (x : int) : real = f x
in
f
end

```

Welche Bindung berechnet der Ausdruck?

- `[(fun f x = f x, int->real, [])]`
- `[(fun f x = f x, int->real, [f := (fun f x = x + 1 + c, int->int, [c := 10])])]`
- `[(fun f x = f x, int->real, [f := (fun f x = x + 1 + c, int->int, [])], c := 10)]`
- `[(fun f x = f x, int->real, [c := 10])]`

Frage 66:

Was ist die Rekursionsfunktion für die Prozedur
`fun length xl = foldl (fn (a, b) => b + 1) 0 xl`

- $\lambda (s, xl) \in \mathbb{N} \times \mathcal{L}(X) \cdot \text{if null } xl \text{ then } \langle \rangle \text{ else } \langle n + 1, tl \ xl \rangle$
- $\lambda x \in \mathcal{L}(X) \cdot \langle \rangle$
- $\lambda x \in \mathcal{L}(X) \cdot |x|$
- $\lambda x \in \mathcal{L}(X) \cdot \langle foldl \ f \ s \ xl \rangle$

Frage 67:

Sei eine Relation R gegeben durch

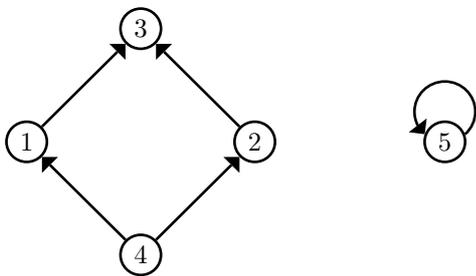
$$R := \{(1, a), (2, b), (3, c), (4, a)\}$$

Die Relation ist

- total auf \mathbb{N}
- surjektiv auf $\{1, 2, 3, 4\}$
- funktional
- injektiv

Frage 68:

Gegeben sei die Relation R durch den Graph

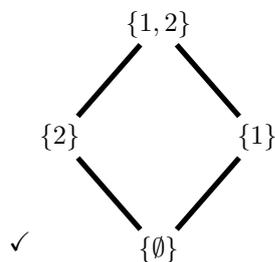


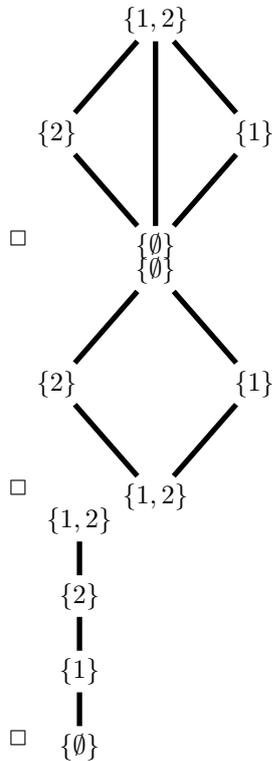
Die Umkehrrelation $R^{-1} =$

- $\{(5, 5)\}$
- $\{(1, 4), (3, 1), (5, 5)\}$
- $\{(1, 4), (2, 4), (3, 1), (3, 2), (5, 5)\}$
- \emptyset , die Relation ist nicht umkehrbar

Frage 69:

Welches ist das Hasse-Diagramm von $IO\{1, 2\}$





Frage 70:

Welche der folgenden Aussagen ist wahr?

- \emptyset ist **Element** jeder Menge
- $\{\emptyset\}$ ist **Element** jeder Potenzmenge
- Die **Kardinalität der Potenzmenge** einer endlichen Menge X ist $2^{|X|}$
- Jede Menge ist **Teilmenge** ihrer Potenzmenge

Frage 71:

Welche der folgenden Aussagen ist wahr?

Gegeben sei die Prozedur $p : \mathbb{N} \rightarrow \mathbb{N}$ durch folgende definierende Gleichungen:

$$p\ 0 = 0$$

$$p\ n = p\ n$$

- Die Rekursionsfunktion von p ist $\lambda n \in \mathbb{N}. \langle n \rangle$
- Die Rekursionsrelation von p ist $\{(n, n) | n \in \mathbb{N}\}$
- Die Terminierungsmenge T_0 ist $\{0\}$
- Eine natürliche Terminierungsfunktion ist $\lambda n \in \mathbb{N}. n$

Frage 72:

Gegeben sei der Graph $G = (V, M, E)$ mit

$$V = \{0, 1, 2\}, M = \{a, b, c\},$$

$$E = \{(0, a, 1), (1, b, 2), (0, c, 2)\}$$

Was ist $Traces(G, 0)$?

- $\{\langle a, b, c \rangle\}$
- $\{\langle a, b \rangle, \langle c \rangle\}$

✓ $\{\langle a \rangle, \langle a, b \rangle, \langle c \rangle\}$

□ $\{\langle \rangle\}$

Frage 73:

Welcher Laufzeitklasse gehört folgende Funktion an?

$f(n) = \text{if } n < 1 \text{ then } 0 \text{ else } f(n-1) + f(n-2)$

□ $\mathcal{O}(1)$

✓ $\mathcal{O}(2^n)$

□ $\mathcal{O}(n^2)$

□ $\mathcal{O}(\log(n))$

Frage 74:

Zur Erinnerung: eine O-Funktion ist eine Funktion $\mathbb{N} \rightarrow \mathbb{R}$,

die bis auf endlich viele Ausnahmen nicht-negative Ergebnisse liefert.

Wie ist $f \preceq g$ für O-Funktionen f, g definiert?

✓ $\exists n_0 \in \mathbb{N} \exists c \in \mathbb{N} \forall n \geq n_0 : f(n) \leq c * g(n)$

□ $\forall n \in \mathbb{N} \exists n_0 \leq n \exists c \in \mathbb{N} : f(n_0) \leq c * g(n_0)$

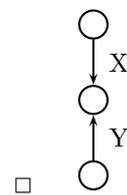
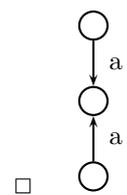
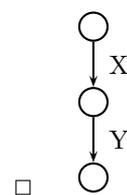
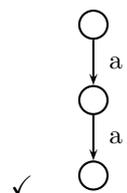
□ $\exists n_0 \in \mathbb{N} \exists c \in \mathbb{N} \forall n \geq n_0 : f(n) \leq g(n) + c$

□ $\forall n \in \mathbb{N}, n > 0 : f(n) \leq g(n)$

Frage 75:

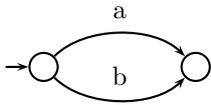
Sei $\Gamma = \{(X, a.Y), (Y, a.0)\}$.

Welches ist der Graph von $\text{Reach}(\llbracket X \rrbracket_{\Gamma})$



Frage 76:

Aufgrund welcher Beweisbäume besitzt $\llbracket a.0 + b.0 \rrbracket$ die folgenden graphische Darstellung?



$$\frac{\overline{a.0 \xrightarrow{a} 0}}{a.0 + b.0 \xrightarrow{a} 0}$$

$$\frac{\overline{a.0 \xrightarrow{a} 0}}{a.0 + b.0 \xrightarrow{a} 0} \quad \frac{\overline{b.0 \xrightarrow{b} 0}}{a.0 + b.0 \xrightarrow{b} 0}$$

$$\frac{\overline{a.0 \xrightarrow{a} 0}}{a.0 + b.0 \xrightarrow{a} 0} \quad \frac{\overline{b.0 \xrightarrow{b} 0}}{a.0 + b.0 \xrightarrow{b} 0}$$

$$\overline{a.0 \xrightarrow{a} 0} \quad \overline{b.0 \xrightarrow{b} 0}$$

Frage 77:

Gegeben seien die Graphen $G = (\{A, B, C, D\}, \{a, b\}, \{(A, a, B), (B, b, C)\})$ sowie $H = (\{A, B, C\}, \{a, b\}, \{(A, a, B), (B, b, C)\})$

Welche Aussage ist **falsch**?

- D ist eine Senke von G
- A ist eine Wurzel von H
- $Reach(G, A) = Reach(H, A)$
- G ist isomorph zu H

Frage 78:

Gegeben 4 Programme:

```
P1:
(fn f => f 5 5 andalso f 5.0 5.0) (fn x => fn y => x = y)
```

```
P2:
let
val helper = fn x => fn y => x = y
in
helper 5 5 andalso helper 5.0 5.0
end
```

```
P3:
fun helper x y = x = y;
helper 5 5 andalso helper 5.0 5.0
```

```
P4:
5 = 5
```

Welche Aussage ist richtig?

- Bei allen vier Programmen wird der selbe Wert an *it* gebunden.

- Programm 2 ist semantisch nicht zulässig. Der Interpreter gibt einen Typfehler an.
- ✓ Programm 2 und Programm 4 sind semantisch äquivalent.
- Bei Programm 4 und Programm 3 wird jeweils ein anderer Wert an *it* gebunden.

Frage 79:

Welche der Funktionen hat das Typschema $(\alpha \rightarrow \text{int}) \rightarrow (\text{int} \rightarrow \alpha) \rightarrow \alpha$

- ✓ `fun h3 f g = g (f (g 3))`
- `fun h1 f g = f (g(f 3)) 5`
- `fun h2 f g = #2 (f 3 5, g (f 3) + 3)`
- `fun h4 f g = f (f g) - 3`

Frage 80:

Welche Prozedur hat nicht den Typ $(\text{int} \rightarrow \text{bool}) \rightarrow (\text{bool} * \text{int} \rightarrow \text{int}) \rightarrow \text{int} \rightarrow \text{int}$:

- ✓ `fun P2 f g x = g(f 5, x) + x`
- `fun P3 f g x = if f (x-1) then g (f x, x + g (f x ,5)) else g (f x, 5)`
- `fun P4 f g x = if f 5 andalso 5 = g (true, 4-x) then 4 else 4`
- `fun P1 f g x = if f x then x+x else g (f x, x)`

Frage 81:

Gegeben das Programm `fun f x1 = foldl (fn (a,s) => 10*s + a) 0 x1`

- Der Ausdruck `val x = f [1,2,3]` bindet den Wert (321,1) an *x*
- Der Ausdruck `val x = f [1,2,3]` bindet den Wert 321 an *x*
- ✓ Der Ausdruck `val x = f [1,2,3]` bindet den Wert 123 an *x*
- Der Ausdruck `val x = f [1,2,3]` bindet den Wert 60 an *x*

Frage 82:

Gegeben das Programm

```
exception Fail;
fun f (( ), ( ), ( )) = ( )
| f (a,b,c) = raise Fail
```

Welche der Aussagen trifft nicht zu:

- Die Regeln von *f* sind disjunkt
- ✓ Es gibt keinen Wert *v*, so dass *fv* die Ausnahme *Fail* wirft.
- Die Regeln von *f* sind erschöpfend
- Der Interpreter gibt einen Typfehler bei der Auswertung des Ausdruck `f((), (), (3))` aus.

Frage 83:

Welcher Wert wird bei der Ausführung des Ausdruck `val x = hd(t1(hd [1,2,3]) :: (t1[1,2,3])))` an *x* gebunden?

- `nil`

- 3
- 2
- 1

Frage 84:

Gegeben das Programm

```
fun A 0 = 0
  | A n = 2 + B (n)

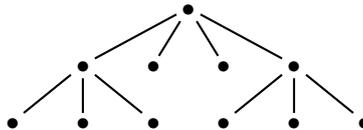
and B 0 = 0
  | B n = 1 + A 0
```

Welche der folgenden Aussagen ist falsch:

- Der Ausdruck $A\ 3$ ist semantisch äquivalent zu dem Ausdruck $(\text{fn } x \Rightarrow x)\ 3$
- Die Prozeduren A und B sind verschränkt rekursiv.
- Der Ausdruck $A\ n$ terminiert für keinen Integer n ungleich 0.
- Der Ausdruck $A\ 4 = B\ 4$ wertet zu `false` aus.

Frage 85:

Welcher der folgenden Ausdrücke stellt den Baum



dar?

- $T[t2, t1, T[], t2]$
- $T[T[t1]]$
- $T[t1, t2, t2, t1]$
- $T[t2, t1, t1, T[T[]], t1, T[T[]]]$

Frage 86:

Welche Aussage ist richtig:

- Kennt man von einem reinen, binären und balancierten Baum die Anzahl der Blätter, so lässt sich der Baum eindeutig rekonstruieren.
- In jedem balancierten Baum der Tiefe 3 findet sich ein Knoten mit der Adresse $[1,3,2]$.
- Falls ein Baum balanciert ist, ist die Anzahl seiner Blätter gerade.
- Falls ein Baum binär ist, ist die Anzahl seiner Knoten gerade.

Frage 87:

Gegeben das folgende Programm:

```
fun f (p:int * int) : (int*int) = if #1 p > #2 p then (#2 p , #1 p)
                                   else p;
val res = f(f (5,3));
```

Welcher Wert wird nach Ausführung des Programmes an den Bezeichner *res* gebunden?

- (3,5)
- (5,3)
- keiner, da das Programm vom Interpreter nicht akzeptiert wird.
- (2,1)

Frage 88:

Gegeben folgendes Programm:

```
val the = 10;  
val dice = 6;  
val roll = if 5 = ~4 + 5*7 then the else dice;
```

Das Programm enthält:

- genau 4 Operatoren und 3 Bezeichner
- mindestens 7 Konstanten und 3 Operatoren
- mehr als 7 unterschiedliche Schlüsselwörter und 2 Bezeichner
- genau 2 Operatoren und 3 Bezeichner

Frage 89:

Welche Aussage ist nicht richtig:

- $1250 \div 10 = 125$ und $1250 \bmod 10 = 0$
- Wenn $n \bmod 2 = 1$ dann ist n eine gerade Zahl
- $1 + (12125 \bmod 12125) = 12125 \div 12125$
- $126674 \bmod 7 < 7$

Frage 90:

Welchen Typ hat der Ausdruck $(\text{fn } x \Rightarrow 1)$ $(\text{fn } x \Rightarrow \text{true})$?

- Einen anderen Typ als $(\text{fn } x \Rightarrow x)$ $(\text{fn } x \Rightarrow 1)$ $(\text{fn } x \Rightarrow \text{true})$
- int*
- $\alpha \rightarrow \alpha$
- bool*

Frage 91:

Welcher der folgenden Ausdrücke ist in ML zulässig?

- $(\text{fn } x \Rightarrow x)$ $(\text{fn } f \Rightarrow x)$
- $(\text{fn } f \Rightarrow (f\ 1, f\ 1))$ $(\text{fn } x \Rightarrow x)$
- $(\text{fn } f \Rightarrow (f\ 1, f\ 1.0))$ $(\text{fn } x \Rightarrow x)$
- $(\text{fn } x \Rightarrow x + 1)$ $(\text{fn } x \Rightarrow x)$

Frage 92:

Gegeben sei

```
fun f (a, b) c = if c a then a + 2 else a + b
```

Welche der folgenden Deklarationen ist semantisch äquivalent zu f?

- `val f = fn a => fn b => fn c => if c a then a + 2 else a + b`
- `fun f (a:int, b:real) c = if c a then a + 2 else a + b`
- `fun f (a:int, b:int) (c:bool) = if c a then a + 2 else a + b`
- `val f = fn (ab : int * int) => fn c => if c (#1 ab) then #1 ab + 2 else #1 ab + #2 ab`

Frage 93:

Welchen Wert liefert der Ausdruck `hd (tl (hd [[1,2,3], [4,5,6]]))` ?

- 4
- 5
- 2
- 1

Frage 94:

Welcher der folgenden Werte trifft das Muster `(x :: y :: _, (4, b))` ?

- `([1,2], (4,4), (4,5))`
- `([1,2], (4, []))`
- `([1,2,3], (5,4))`
- `([1,2,3], [4,5])`

Frage 95:

Welchen Typ hat die vordeklarierte Prozedur `foldl` ?

- $(\alpha * \beta \rightarrow \beta) \rightarrow \beta \rightarrow \alpha \text{ list} \rightarrow \beta$
- $(\alpha * \beta) \rightarrow \beta \rightarrow \beta \rightarrow \alpha \text{ list} \rightarrow \beta$
- $(\alpha \rightarrow \beta) \rightarrow \alpha \text{ list} \rightarrow \beta$
- $(\alpha * \beta \rightarrow \beta) \rightarrow \alpha \text{ list} \rightarrow \beta$

Frage 96:

Welche der folgenden Aussagen ist **falsch**?

- Eine Menge kann sich nicht selbst enthalten.
- Eine endliche Menge kann infinitär sein.
- Infinitäre Mengen sind stets unendlich.
- Finitäre Mengen sind stets endlich.

Frage 97:

Welche der folgenden Mengen entspricht der Menge $\mathcal{P}(\mathbb{N}[1, 3] - \mathbb{B})$

- $\{\{\emptyset\}, \{0\}, \{1\}, \{2\}, \{3\}, \{2, 3\}\}$
- $\{\{\emptyset\}, \{2\}, \{3\}, \{2, 3\}\}$
- $\{\emptyset, \{2\}, \{3\}, \{2, 3\}\}$
- $\{\emptyset, \{1\}, \{2\}, \{3\}, \{1, 2\}, \{1, 3\}, \{2, 3\}, \{1, 2, 3\}\}$

Frage 98:

Sei folgende Deklaration für markierte Bäume gegeben:

```
datatype 'a ltr = L of 'a * 'a ltr list
```

Betrachten Sie die Deklaration

```
fun f (L(a,xs)) = a :: List.concat (map f xs)
```

Welche der folgenden Aussagen ist wahr?

- f berechnet die Präprojektion eines markierten Baumes
- f berechnet die Postprojektion eines markierten Baumes
- f divergiert
- Die Deklaration liefert einen Typfehler

Frage 99:

Betrachten Sie die Relation $R = \{(1, 2), (2, 3), (3, 1)\}$.

Welche der folgenden Relationen entspricht der Komposition $R \circ R$?

- $\{(1, 2), (3, 1)\}$
- $\{(1, 1), (1, 2), (2, 2), (2, 3), (3, 3), (3, 1)\}$
- $\{(1, 3), (2, 1), (3, 2)\}$
- \emptyset

Frage 100:

Welche der folgenden Relationen ist eine injektive Funktion?

- $\{(0, 1), (1, 0)\}$
- $\{(x, |x|) \mid x \in \mathbb{Z}\}$
- $\{(1, a), (2, b), (3, c), (4, a)\}$
- $\{(a, 1), (a, 2), (b, 3), (c, 4)\}$

Frage 101:

Was ist die Rekursionsfunktion der Prozedur

```
fun rev xs = foldl (fn (a,b) => a::b) nil xs
```

- $\lambda xs \in \mathcal{L}(X) . \langle \rangle$
- $\lambda xs \in \mathcal{L}(X) . \langle \text{foldl } f \text{ s } xs \rangle$

- $\lambda xs \in \mathcal{L}(X) \cdot |xs|$
- $\lambda xs \in \mathcal{L}(X) \cdot \text{if null xs then } \langle \rangle \text{ else } \langle \text{tl xs} \rangle$

Frage 102:

Betrachten Sie den Prozess $P = ((V, M, E), 0)$ mit

$$\begin{aligned} V &= \{0, 1, 2, 3\} \\ M &= \{a, b, c\} \\ E &= \{(0, a, 1), (1, b, 2), (2, c, 1)\} \end{aligned}$$

Welcher der folgenden Prozesse $P' = ((V, M, E'), v')$ ist spuräquivalent zu P ?

- $E' = \{(1, a, 0), (1, b, 2), (2, c, 3)\}, v' = 1$
- $E' = \{(0, a, 1), (1, c, 2), (2, b, 1)\}, v' = 0$
- $E' = \{(2, a, 0), (0, b, 1), (1, c, 0)\}, v' = 2$
- $E' = \{(0, a, 0), (0, b, 0), (0, c, 0)\}, v' = 0$

Frage 103:

Der Rekurrenzsatz für polynomielle Rekurrenzen lautet:

Seien r, g Funktionen $\mathbb{N} \rightarrow \mathbb{N}^+$ und n_0, k, s natürliche Zahlen mit $s \geq 1$. Dann gilt:

$$\left. \begin{aligned} r(n) = r(n-s) + g(n) \text{ für alle } n \geq n_0 \\ \mathcal{O}(g) = \mathcal{O}(n^k) \end{aligned} \right\} \Rightarrow \mathcal{O}(r) = \mathcal{O}(n^{k+1})$$

Welche Komplexität hat die Funktion

$$f(n) = \text{if } n \leq 10 \text{ then } n + 1 \text{ else } f(n - 2) + 5n^2 + 2n$$

- $\mathcal{O}(1)$
- $\mathcal{O}(\log n)$
- $\mathcal{O}(n^3)$
- $\mathcal{O}(n^2)$

Frage 104:

Zur Erinnerung: eine O-Funktion ist eine Funktion $\mathbb{N} \rightarrow \mathbb{R}$, die bis auf endlich viele Ausnahmen nicht-negative Ergebnisse liefert.

Wie ist $f \preceq g$ für O-Funktionen f, g definiert?

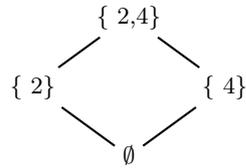
- $\exists n_0 \in \mathbb{N} \exists c \in \mathbb{N} \forall n \geq n_0 : f(n) \leq c * g(n)$
- $\forall n \in \mathbb{N} \exists n_0 \leq n \exists c \in \mathbb{N} : f(n_0) \leq c * g(n_0)$
- $\forall n \in \mathbb{N}, n > 0 : f(n) \leq g(n)$
- $\exists n_0 \in \mathbb{N} \exists c \in \mathbb{N} \forall n \geq n_0 : f(n) \leq g(n) + c$

Frage 105:

Sei die folgende Ordnung gegeben: $IO(\{2, 4\})$

Welche Aussage ist **falsch**?

- Das Hassediagramm dieser Ordnung ist:



- \emptyset ist kleinstes Element von $Ver R$
- $\{2, 4\}$ ist maximales Element von $Ver R$
- $\{2\}$ und $\{4\}$ sind minimale Elemente von $Ver R$

Frage 106:

Welche der folgenden Relationen ist eine Ordnung?

- $\{(2, 3), (3, 4), (2, 2), (3, 3), (4, 4)\}$
- $\{(3, 3), (4, 3), (3, 4), (4, 4)\}$
- $\{(3, 3), (3, 4), (4, 4)\}$
- $\{(2, 3), (3, 3), (4, 4)\}$

Frage 107:

Damit eine Prozedur p eine Funktion f berechnet, muss unter anderem gelten:

- $Dom f \subseteq Dom p$
- p erfüllt die Gleichungen von f
- $Ran f = Dom p$
- $Dom p \neq Dom p$

Frage 108:

Welche der folgenden Aussagen ist richtig?

Ein balancierter Binärbaum der Tiefe 10 hat

- 1024 Blätter.
- 2048 Knoten.
- 1024 innere Knoten.
- mehr innere Knoten als Blätter.

Frage 109:

Welche der folgenden Prozeduren berechnet die Funktion $f : \mathbb{N} \rightarrow \mathcal{L}(X) \rightarrow \mathbb{N}$, $f a xs = a + |xs|$, endrekursiv?

- $f a nil = a$
 $f a (x :: xs) = f (a + 1) xs$
- $f a nil = a$
 $f a (x :: xs) = f (x + a) xs$
- $f a nil = a$
 $f a (x :: xs) = 1 + f a xs$
- $f a nil = a$
 $f a (x :: xs) = f 1 xs + a$

Frage 110:

Die Konkatenation von Listen sei als Prozedur $@ : \mathcal{L}(X) \times \mathcal{L}(X) \rightarrow \mathcal{L}(X)$ durch die Gleichungen

$$nil@ys = ys$$

$$(x :: xr)@ys = x :: (xr@ys)$$

definiert. Welche der folgenden Funktionen ist eine strukturelle Terminierungsfunktion für $@$?

- $\lambda(xs, ys) \in \mathcal{L}(X)^2. xs$
- $\lambda(xs, ys) \in \mathcal{L}(X)^2. (xs, ys)$
- $\lambda(xs, ys) \in \mathcal{L}(X)^2. |xs|$
- $\lambda(xs, ys) \in \mathcal{L}(X)^2. ys$

Frage 111:

Gegeben sei die Funktion $f(n) = \text{if } n < 30 \text{ then } 1 \text{ else } f(n - 6) + 3n + 7n^2$.

Für welche der folgenden Funktionen gilt $\mathcal{O}(f) = \mathcal{O}(g)$?

- $g(n) = n$
- $g(n) = n^2$
- $g(n) = n^3$
- $g(n) = 0$

Frage 112:

Gegeben sei die folgende Prozedur:

$$f\ n = \text{if } n = 0 \text{ then } 1 \text{ else } n \cdot f(n - 1)$$

Wenn s eine Größenfunktion und r eine dazugehörige Laufzeitfunktion von f sein soll, welche der folgenden Angaben ist dann richtig?

- $s = \lambda n \in \mathbb{N}.n$
 $r = \lambda n \in \mathbb{N}.n + 1$
- $s = \lambda n \in \mathbb{N}.n^3$
 $r = \lambda n \in \mathbb{N}.n$
- $s = \lambda n \in \mathbb{N}.1$
 $r = \lambda n \in \mathbb{N}.n^5$
- $s = \lambda n \in \mathbb{N}.n$
 $r = \lambda n \in \mathbb{Z}.\log_2(2)$

Frage 113:

Gegeben sind folgende markierte Graphen.

$$G_1 = (V, M, E_1) \quad G_2 = (V, M, E_2) \quad G_3 = (V, M, E_3)$$

mit

$$V = \{0, 1, 2, 3\} \quad M = \{a, b, c\}$$

$$E_1 = \{(0, a, 1), (0, a, 2), (1, b, 3), (2, c, 3)\}$$

$$E_2 = \{(0, a, 1), (1, c, 3), (1, b, 2)\}$$

$$E_3 = \{(0, a, 1), (1, b, 0), (0, b, 3), (1, b, 0)\}$$

Welche der Prozesse $P_1 = (G_1, 0)$, $P_2 = (G_2, 0)$ und $P_3 = (G_3, 0)$ sind spuräquivalent?

- ✓ Nur P_1 und P_2
- Nur P_2 und P_3
- P_1, P_2 und P_3 (also jeder zu jedem)
- Keiner der Prozesse ist spuräquivalent zu einem der anderen

Frage 114:

Welcher der folgenden Terme erzeugt einen Prozess, der zu dem von $a!.(0 + b!.0)$ erzeugten Prozess *nicht* isomorph ist?

- $a!.(b!.0 + 0)$
- $a!.(b!.0)$
- ✓ $a!.0 + a!.b!.0$
- $a!.(0 + b!.0) + a!.(0 + b!.0)$

Frage 115:

Welcher der folgenden Ausdrücke ist ein Term der Sprache L ?

Nehmen Sie $M = \{a!, b!, c!, a?, b?, c?\}$ an.

Hinweis:

$$\begin{aligned}
 m &\in M \\
 X &\in Var \\
 P \in L &= 0 \quad | \quad m.P \quad | \quad P + P \quad | \quad X
 \end{aligned}$$

- ✓ $a!.0 + Y$
- $\{X = a!.X\}X$
- $a!.0 + (0|a?.0)$
- $c?.a!.0.0$

Frage 116:

Welche der nachfolgenden Mengen ist die Mengen aller Spuren von $(\llbracket X + c.0 + a.(b.0 + c.0 + 0) \rrbracket_{\emptyset})$

- ✓ $\{\langle c \rangle, \langle a \rangle, \langle a, b \rangle, \langle a, c \rangle\}$
- $\{\langle c \rangle, \langle a, b \rangle, \langle a, c \rangle\}$
- $\{\langle X \rangle, \langle c \rangle, \langle a, b \rangle, \langle a, b \rangle\}$
- $\{\langle a \rangle, \langle a, b \rangle, \langle a, c \rangle, \langle a, b, c \rangle\}$

Frage 117:

Welche der folgenden Aussagen ist richtig?

- Ein Baum mit n Blättern hat auch genau n Knoten
- Ein Baum der Breite n hat mindestens die Tiefe $2n$
- ✓ Ein Baum der Stelligkeit n hat mindestens $n + 1$ Knoten
- Ein Baum mit n Teilbäumen hat genau n Knoten

Frage 118:

Welche Tiefe hat ein linearer Baum mit 10 Knoten?

- 5
- 9
- 10
- 11

Frage 119:

Gegeben die folgende Exception und Prozedur:

```
exception MyExc of int
fun f x = x + (if x < 2 then raise MyExc x else 2; if x > 7 then raise MyExc x else 4; x)
handle MyExc x => 2*x
```

Welche der folgenden Prozeduren ist semantisch äquivalent zu f?

- fun f' x = if x > 1 andalso x < 8 then x else raise MyExc x
- fun f' x = if x > 1 andalso x < 8 then x else 2 * x
- fun f' x = if x > 1 andalso x < 8 then 2 * x else 3 * x
- fun f' x = 2 * x

Frage 120:

Sei gegeben ein Graph $G = (V, M, E)$ mit:

$V = \{A, B, C, D\}$,
 $M = \{a, b, c, d\}$
 $E = \{(A, a, A), (A, a, B), (B, b, B), (B, b, C), (C, c, C), (C, c, D), (D, d, D)\}$

Welche Aussage ist **falsch**?

- G ist zusammenhängend
- Knoten A hat die Spur abc
- Knoten A hat die Spur abcdabc
- Knoten A hat die Spur aaabbbccc

Frage 121:

Seien gegeben die Prozeduren

```
fun f x = if x = 0 then 0 else 0 + f (x-1)
fun g x = if x = 0 then 1 else f x + g (x-1)
```

welche Komplexität hat g? (So genau wie möglich angeben)

- $O(1)$
- $O(n)$
- $O(n^2)$
- $O(n^3)$

Frage 122:

Gegeben sei eine Prozedur wie folgt:

```
fun g x = if x = 0 then 0 else g (x-1) + g (x-1)
```

welche der folgenden Aussagen ist **richtig**?

- g ist linear rekursiv
- g terminiert $\forall n \in \mathbb{Z}$
- g berechnet $\forall n \in \mathbb{N} : fib(n)$
- g hat die Laufzeit $O(2^n)$

Frage 123:

Betrachten sie zwei parallele Prozesse: $P|Q \setminus \{a!, a?, b!, b?\}$

wobei $P = a!.b?.P$ Für welches Q kann es nicht zu einer Verklemmung kommen?

- $Q = a!.b!.Q$
- $Q = a?.b!.Q$
- $Q = a?.b!.Q + a?.b?.Q$
- $Q = a?.b!.a?.Q$

Frage 124:

Gegeben zwei Prozesse P_1 und P_2 : Welche der folgenden Aussagen ist **fasch**?

- Wenn P_1 und P_2 isomorph sind, dann sind sie auch spurquivalent
- Wenn P_1 und P_2 isomorph sind, dann sind sie auch bisimilar
- Wenn P_1 und P_2 bisimilar sind, dann sind sie auch spurquivalent
- Wenn P_1 und P_2 bisimilar sind, dann sind sie auch isomorph

Frage 125:

Welche Fortsetzung ergibt eine gültige definierende Gleichung von *steps*?

$$steps \Gamma (P + Q) = \dots$$

- $\{steps \Gamma P\} \cup \{steps \Gamma Q\}$
- $\{steps \Gamma P\} \cap \{steps \Gamma Q\}$
- \emptyset
- $\{(P, Q)\}$

Frage 126:

Betrachten sie das folgende Programm:

```
fun f n xs = foldl (fn (_,a) => 2*a) n xs  
val v = f 2 [1,2]
```

An welchen Wert wird der Bezeichner v gebunden?

- 9
- 6
- 7
- 8

Frage 127:

Betrachten sie das folgende Programm:

```
exception MyExp of int

fun g n = if n*n > 100 then raise MyExp (n*n) else g (n+1)

fun h n = (raise MyExp 0; g n) handle MyExp x => x
```

Welche der folgenden Aussagen ist falsch?

- Die Ausnahme MyExp wird in der Funktion h geworfen und gefangen.
- Wenn $n < 10$, dann wird g n keine Ausnahme werfen.
- Die Funktion g wird niemals von der Funktion h aufgerufen.
- h n wird immer zu 0 ausgewerten.

Frage 128:

Betrachten sie das folgende Programm:

```
datatype exp = A of exp * exp | C of int | V of int

fun f (A (e1, e2)) = f e1 @ f e2
  | f (C x) = [x]
  | f (V v) = []

val v = f (A(A(C 2,C 3),A(C 4, C 5)))
```

An welchen Wert wird der Bezeichner v gebunden?

- [5,4,3,2]
- [2,3,4,5]
- [2,3,5,4]
- 14

Frage 129:

Für welche Antwort ergeben alle Fortsetzungen eine wahre Aussage?

Ein Baum mit 6 Kanten hat...

- ...7 Knoten ...0 bis 5 Blätter ...0 bis 5 innere Knoten
- ...7 Knoten ...1 bis 6 Blätter ...1 bis 6 innere Knoten
- ...6 Knoten ...1 bis 6 Blätter ...1 bis 6 innere Knoten
- ...7 Knoten ...4 Blätter ...3 innere Knoten

Frage 130:

Welche Tiefe hat der folgende arithmetische Ausdruck (bezogen auf seine Baumdarstellung)?

$$(2 * x) * (x + 2 * 2)$$

- 4
- 3
- 5
- 2

Frage 131:

Betrachten sie die folgende Prozedur:

```
fun f (L(a,ts)) = foldl op+ a (map f ts)
```

Welches Ergebnis liefert die Prozedur, wenn sie auf den folgenden Baum angewendet wird?

$L(5, [L(3, []), L(3, [])])$

- $[[], [1], [2]]$
- 11
- $[5, 3, 3]$
- 45

Frage 132:

Welche der folgenden Aussagen ist **falsch**?

Der Graph $(\{1, 2, 3\}, \{(1, 2), (2, 1), (3, 1)\})$...

- hat Tiefe 2.
- ist zusammenhängend.
- ist zyklisch.
- ist Baumartig.

Frage 133:

Welche der folgenden Aussagen ist **falsch**?

- Infinitäre Mengen sind unendlich.
- Eine endliche Menge kann infinitär sein.
- Finitäre Mengen sind endlich.
- Eine Menge kann sich nicht selbst enthalten.

Frage 134:

Welche der folgenden Mengen entspricht der Menge $\mathcal{P}(\{2, 4, 6\}) \cup \mathbb{B}$?

- $\{0, 1, \{2\}, \{4\}, \{6\}, \{2, 4\}, \{2, 6\}, \{4, 6\}, \{2, 4, 6\}\}$
- $\{\{2\}, \{4\}, \{6\}, \{2, 4\}, \{2, 6\}, \{4, 6\}, \{2, 4, 6\}\}$

- $\{\{\emptyset\}, \{0\}, \{1\}, \{2\}, \{4\}, \{6\}, \{2, 4\}, \{2, 6\}, \{4, 6\}, \{2, 4, 6\}\}$
- $\{0, 1, \emptyset, \{2\}, \{4\}, \{6\}, \{2, 4\}, \{2, 6\}, \{4, 6\}, \{2, 4, 6\}\}$

Frage 135:

p berechnet f , wenn gilt:

- $p x$ terminiert $\forall x \in \text{Dom } f$ und f erfüllt die definierenden Gleichungen von p .
- f erfüllt die definierenden Gleichungen von p .
- $\text{Dom } f = \text{Dom } p$
- $\text{Dom } f = \text{Ran } p$ und p erfüllt die definierenden Gleichungen von f .

Frage 136:

Sei gegeben ein Graph $G = (V, M, E)$ mit:

$$V = \{A, B, C, D\},$$

$$M = \{a, b, c, d\}$$

$$E = \{(A, a, A), (A, a, B), (B, b, B), (B, b, C), (C, c, C), (C, c, D), (D, d, D)\}$$

Welche Aussage ist **falsch**?

Hinweis: Es kann hilfreich sein, denn Graphen zu zeichnen.

- G ist zusammenhängend
- Knoten A hat die Spur $aaabbbcccc$
- Knoten A hat die Spur abc
- Knoten A hat die Spur $abcdabc$

Frage 137:

Sei $f \in O(n^2)$ und die Prozedur g wie folgt definiert:

$$g : \mathbb{N} \rightarrow \mathbb{N}$$

$$g n = \text{if } n = 0 \text{ then } 0 \text{ else } g(n-1) + f n + f(n-1)$$

Geben sie die Komplexität von g möglichst genau an

- $O(n^4)$
- $O(2^n)$
- $O(n^2)$
- $O(n^3)$

Frage 138:

Welche Funktion ist eine gültige Laufzeitfunktion für die folgende Prozedur?

$$p : \mathbb{N} \rightarrow \mathbb{N}$$

$$p n = \text{if } n = 0 \text{ then } 1 \text{ else } n \cdot p(n-1)$$

Verwenden sie die dabei die Größenfunktion $\lambda n \in \mathbb{N}.n$.

- $\lambda n \in \mathbb{N}.n^2$
- $\lambda n \in \mathbb{N}.n + 1$
- $\lambda n \in \mathbb{N}.n$
- $\lambda n \in \mathbb{N}.1$

Frage 139:

Betrachten sie die Funktion $f = \lambda n \in \mathbb{N}. \log_2(x) + 2^7$

Welche der folgenden Aussagen ist **falsch**

- $f \in O(\log n)$
- $f \in O(1)$
- $f \in O(n^2)$
- $f \in O(2^n)$

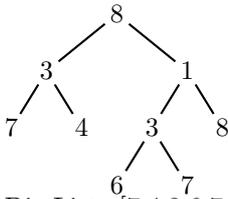
Frage 140:

Welche der folgenden Gleichungen sind **falsch**:

- $\{3, 5, 6, 6, 2\} - \{4, 7, 8\} = \{2, 3, 5, 6\}$
- $\mathbb{B} \cap \mathbb{Z} = \mathbb{B}$
- $(\{1\} \cap \emptyset) \cup \{2\} = \{1, 2\}$
- $\mathcal{P}(\emptyset) = \{\emptyset\}$

Frage 141:

Betrachten Sie folgenden Baum.



Die Liste $[7,4,3,6,7,3,8,1,8]$ stellt die Markierungen des Baumes in folgender Weise dar:

- in keiner der anderen Weisen
- sortiert gemäß der Postordnung
- sortiert gemäß der Praeordnung
- sortiert gemäß der lexikalischen Ordnung der Knotenadressen

Frage 142:

Gegeben folgender Graph:

$$V = \{1, 2, 3\}$$

$$E = \{(1, 3), (1, 2), (2, 2), (3, 2)\}$$

Welche der folgenden Aussagen trifft zu?

- Der Graph ist stark zusammenhängend.
- Es gibt keinen symmetrischen Teilgraphen
- Knoten 2 ist eine Quelle
- Die Tiefe des Graphen ist 2

Frage 143:

Welche der folgenden Werte von $term$ stellen den Ausdruck

$a.b.0 + 0 + 0$

vollständig geklammert dar? (Zur Erinnerung: $+$ klammert linksassoziativ).

Dabei sei $term$ wie folgt gegeben:

```
type mark = string
datatype term = Stop (* ---> 0 *)
| Pre of mark * term (* ---> a.P *)
| Chc of term * term (* ---> P + Q *)
```

Der Übersicht wegen stellen wir `strings` ohne Anführungszeichen dar.

- `Chc(Pre(Pre(a,b),Stop),Chc(Stop,Stop))`
- `Chc(Chc(Pre(a,Pre(b,Stop)),Stop),Stop)`
- `Chc(Chc(Pre(Pre(a,b),Stop)),Stop),Stop)`
- `Chc(Pre(a,Pre(b,Stop)),Chc(Stop,Stop))`

Frage 144:

Welche der folgenden Aussagen gilt *nicht*:

- $a!.0 + b!.0 \sim b!.0 + a!.0$
- $a!.b!.0 \sim a!.(b!.0 + b!.0)$
- $a!.0 \sim a!.0 + a!.0$
- $a!.(b!.0 + c!.0) \sim a!.b!.0 + a!.c!.0$

Frage 145:

Welche der folgenden Inklusionen gilt *nicht*?

- $Id(CCS) \subseteq CCS \times CCS$
- $\cong \subseteq CCS \times CCS$
- $\cong \subseteq \sim$
- $\sim_{sp} \subseteq \sim$