

**Aufgabe 1**

Abstrakte Datentypen lassen sich im  $\pi$ -Kalkül auf besonders eindrückliche Weise darstellen, weil mit der Charakterisierung durch einen  $\pi$ -Ausdruck auch sofort eine dynamische Realisierung erklärt ist. Jede konkrete Instanz einer Datenstruktur muß über eine eindeutige *Adresse* (wir sagen auch: ein *Handle*) verfügen. Deswegen ist ein Datentyp selbst immer durch Prozeßabstraktionen erklärt. Die Definitionsgleichungen haben dabei Prozeßabstraktionen als Parameter; auf diese Weise kann das Zusammenfügen von Daten modelliert werden.

Für Listen bietet sich folgende Definition an:

$$\begin{aligned} \mathbf{Nil} &\stackrel{def}{=} (h).h(n, c).\bar{n} \\ [V|L] &\stackrel{def}{=} (h).(\pi v, l)(h(n, c).\bar{c}\langle v, l \rangle \parallel V\langle v \rangle \parallel L\langle l \rangle) \\ [V_1, \dots, V_n] &\stackrel{def}{=} [V_1 | \dots | V_n | \mathbf{Nil}] \dots \end{aligned}$$

Durch folgende Definitionsgleichung ist ein Konditional erklärt, das, zusammen mit einer Liste an demselben Handle, zum Prozeß  $P$  bzw. zur Applikation  $F\langle v, l \rangle$  reagiert.

$$\mathbf{ListCond}(P, F) \stackrel{def}{=} (h).(\pi n, c)\bar{h}\langle n, c \rangle.(n.P + c\langle v, l \rangle.F\langle v, l \rangle)$$

- (a) Geben Sie den Prozeßausdruck an, der zu der Liste  $[G, H, [G, I]]$  gehört, wobei die  $G, H, I$  Prozeßabstraktionen sind, die beliebige andere Datenstrukturen repräsentieren. Beschreiben Sie, wie das doppelte Vorkommen von  $G$  behandelt wird.
- (b) Zeigen Sie, daß folgende Reaktionen stattfinden können:

$$\begin{aligned} \mathbf{Nil}\langle k \rangle \parallel \mathbf{ListCond}(P, F)\langle k \rangle &\rightarrow^* P \\ [V|L]\langle k \rangle \parallel \mathbf{ListCond}(P, F)\langle k \rangle &\rightarrow^* (\pi v, l)(F\langle v, l \rangle \parallel V\langle v \rangle \parallel L\langle l \rangle) \end{aligned}$$

- (c) Geben Sie einen Prozeßausdruck an, der aus einer Liste das zweite Element (also dessen Adresse!) ausgibt, sofern es ein zweites Element gibt, ansonsten einen Fehler an einem dafür reservierten Fehlerkanal  $e$  signalisiert.

**Aufgabe 2**

Geben Sie einen  $\pi$ -Prozeßausdruck für Speicherzellen an, wie sie in der Vorlesung durch die Prozeßabstraktionen *Ref* und *Nullref* erklärt wurden. Ersetzen Sie dazu (gemäß des in der Vorlesung vorgestellten Verfahrens) die Verwendung von Prozeßbezeichnern durch Replikationsausdrücke.

**Aufgabe 3**

Erklären Sie, wie man das Versenden von ganzen Prozessen bzw. Prozeßabstraktionen modellieren kann, so daß sich z.B. für Prozesse  $P = \bar{x}\langle R \rangle.P'$  und  $Q = x\langle r \rangle.(r \parallel r \parallel Q')$  (im wesentlichen) folgende Reaktion ergibt:

$$P \parallel Q \rightarrow P' \parallel R \parallel R \parallel Q'$$