

KOMMUNIKATIONSFEHLER, VERKLEMMUNG UND
DIVERGENZ BEI INTERFACE-AUTOMATEN
KOLLOQUIUM ZUR BACHELORARBEIT

Ayleen Schinko

18. Mai 2016

- 1 ÜBERSICHT/MOTIVATION
- 2 DEFINITIONEN
- 3 VERFEINERUNGEN ÜBER FEHLER-FREIHEIT
- 4 HIDING

ÜBERSICHT/MOTIVATION

- Modellierung von Systemen und deren Kommunikationsverhalten
- simulation parallel arbeitender Softwarekomponenten
- Kommunikationsfehler in Interface-Automaten nicht zulässig, deshalb Error-IO-Transitionssysteme mit optimistischer Fehlererreichbarkeit als Abwandlung davon betrachtet
 - Kommunikationsfehler (bzw. Error) zwischen Komponenten
 - Verklemmung (bzw. Ruhe) innerhalb einer Softwarekomponenten (keine Outputs mehr möglich)
 - Divergenz einer Softwarekomponenten (unendliche viele interne Aktionen)
- Verfeinerungsrelation über den Transitionssystemen (fehlerfreie Spezifikation durch fehlerfreies System verfeinert)
- gewünscht verfeinernde Präkongruenz
- Hiding (bzw. Internalisierung) von Outputs bildet Verbergen in der Parallelkomposition nach

ÜBERSICHT/MOTIVATION

- Modellierung von Systemen und deren Kommunikationsverhalten
- simulation parallel arbeitender Softwarekomponenten
- Kommunikationsfehler in Interface-Automaten nicht zulässig, deshalb Error-IO-Transitionssysteme mit optimistischer Fehlererreichbarkeit als Abwandlung davon betrachtet
 - Kommunikationsfehler (bzw. Error) zwischen Komponenten
 - Verklemmung (bzw. Ruhe) innerhalb einer Softwarekomponenten (keine Outputs mehr möglich)
 - Divergenz einer Softwarekomponenten (unendliche viele interne Aktionen)
- Verfeinerungsrelation über den Transitionssystemen (fehlerfreie Spezifikation durch fehlerfreies System verfeinert)
- gewünscht verfeinernde Präkongruenz
- Hiding (bzw. Internalisierung) von Outputs bildet Verbergen in der Parallelkomposition nach

ÜBERSICHT/MOTIVATION

- Modellierung von Systemen und deren Kommunikationsverhalten
- simulation parallel arbeitender Softwarekomponenten
- Kommunikationsfehler in Interface-Automaten nicht zulässig, deshalb Error-IO-Transitionssysteme mit optimistischer Fehlererreichbarkeit als Abwandlung davon betrachtet
 - Kommunikationsfehler (bzw. Error) zwischen Komponenten
 - Verklemmung (bzw. Ruhe) innerhalb einer Softwarekomponenten (keine Outputs mehr möglich)
 - Divergenz einer Softwarekomponenten (unendliche viele interne Aktionen)
- Verfeinerungsrelation über den Transitionssystemen (fehlerfreie Spezifikation durch fehlerfreies System verfeinert)
- gewünscht verfeinernde Präkongruenz
- Hiding (bzw. Internalisierung) von Outputs bildet Verbergen in der Parallelkomposition nach

DEFINITIONEN

DEFINITION (ERROR-IO-TRANSITIONSSYSTEME)

Ein **Error-IO-Transitionssysteme (EIO)** ist ein Tupel

$S = (Q, I, O, \delta, q_0, E)$ mit den Komponenten:

- Q - die Menge der Zustände,
- I, O - die disjunkte Menge der (sichtbaren) Input- und Output-Aktionen,
- $\delta \subseteq Q \times (I \cup O \cup \{\tau\}) \times Q$ - die Transitionsrelation,
- $q_0 \in Q$ - der Startzustand,
- $E \subseteq Q$ - die Menge der Error-Zustände.

Aktionsmenge von S : $\Sigma = I \cup O$

Signatur: $\text{Sig}(S) = (I, O)$

DEFINITION (PARALLELKOMPOSITION)

Zwei EIOs S_1, S_2 sind **komponierbar**, falls $O_1 \cap O_2 = \emptyset$ gilt. Die Parallelkomposition der EIOs S_1 und S_2 ist

$S_{12} := S_1 \parallel S_2 = (Q, I, O, \delta, q_0, E)$ mit den Komponenten:

- $Q = Q_1 \times Q_2$,
- $I = (I_1 \setminus O_2) \cup (I_2 \setminus O_1)$,
- $O = O_1 \cup O_2$,
- $q_0 = (q_{01}, q_{02})$,
- \dots ,

mit $\text{Sync}(S_1, S_2) = (I_1 \cap O_2) \cup (O_1 \cap I_2) \cup (I_1 \cap I_2)$.

DEFINITION (PARALLELKOMPOSITION)

Zwei EIOs S_1, S_2 sind **komponierbar**, falls $O_1 \cap O_2 = \emptyset$ gilt. Die Parallelkomposition der EIOs S_1 und S_2 ist

$S_{12} := S_1 \parallel S_2 = (Q, I, O, \delta, q_0, E)$ mit den Komponenten:

- $\dots,$
- $\delta = \{ ((q_1, q_2), \alpha, (p_1, q_2)) \mid (q_1, \alpha, p_1) \in \delta_1, \alpha \in (\Sigma_1 \cup \{\tau\}) \setminus \text{Synch}(S_1, S_2) \}$
 $\cup \{ ((q_1, q_2), \alpha, (q_1, p_2)) \mid (q_2, \alpha, p_2) \in \delta_2, \alpha \in (\Sigma_2 \cup \{\tau\}) \setminus \text{Synch}(S_1, S_2) \}$
 $\cup \{ ((q_1, q_2), \alpha, (p_1, p_2)) \mid (q_1, \alpha, p_1) \in \delta_1, (q_2, \alpha, p_2) \in \delta_2, \alpha \in \text{Synch}(S_1, S_2) \},$

• $\dots,$

mit $\text{Sync}(S_1, S_2) = (I_1 \cap O_2) \cup (O_1 \cap I_2) \cup (I_1 \cap I_2)$.

DEFINITION (PARALLELKOMPOSITION)

Zwei EIOs S_1, S_2 sind **komponierbar**, falls $O_1 \cap O_2 = \emptyset$ gilt. Die Parallelkomposition der EIOs S_1 und S_2 ist

$S_{12} := S_1 \parallel S_2 = (Q, I, O, \delta, q_0, E)$ mit den Komponenten:

- $\dots,$
- $E = (Q_1 \times E_2) \cup (E_1 \times Q_2)$

$$\cup \left\{ (q_1, q_2) \mid \exists a \in O_1 \cap I_2 : q_1 \xrightarrow{a} \wedge q_2 \not\xrightarrow{a} \right\}$$

$$\cup \left\{ (q_1, q_2) \mid \exists a \in I_1 \cap O_2 : q_1 \not\xrightarrow{a} \wedge q_2 \xrightarrow{a} \right\},$$

mit $\text{Sync}(S_1, S_2) = (I_1 \cap O_2) \cup (O_1 \cap I_2) \cup (I_1 \cap I_2)$.

DEFINITION (PARTNER)

S_1 wird **Partner** von S_2 genannt, wenn die Parallelkomposition von S_1 und S_2 geschlossen ist.

DEFINITION (ω -PARTNER)

Ein EIO S_1 ist ein ω -**Partner** von einem EIO S_2 , wenn $I_1 = O_2$ und $O_1 = I_2 \cup \{\omega\}$ mit $\omega \notin I_2 \cup O_2$ gilt.

DEFINITION (PARTNER)

S_1 wird **Partner** von S_2 genannt, wenn die Parallelkomposition von S_1 und S_2 geschlossen ist.

DEFINITION (ω -PARTNER)

Ein EIO S_1 ist ein ω -**Partner** von einem EIO S_2 , wenn $I_1 = O_2$ und $O_1 = I_2 \cup \{\omega\}$ mit $\omega \notin I_2 \cup O_2$ gilt.

Traces sind die möglichen Wege eines EIOs, mit ihrer Transitionsbeschriftung.

DEFINITION (PRUNING- UND FORTSETZUNGS-FUNKTION)

Für ein EIO S wird definiert:

- $\text{prune} : \Sigma^* \rightarrow \Sigma^*, w \mapsto u$, mit $w = uv, u = \varepsilon \wedge u \in \Sigma^* \cdot I$ und $v \in O^*$,
- $\text{cont} : \Sigma^* \rightarrow \mathfrak{P}(\Sigma^*), w \mapsto \{wu \mid u \in \Sigma^*\}$,
- $\text{cont} : \mathfrak{P}(\Sigma^*) \rightarrow \mathfrak{P}(\Sigma^*), L \mapsto \bigcup \{\text{cont}(w) \mid w \in L\}$.

Traces sind die möglichen Wege eines EIOs, mit ihrer Transitionsbeschriftung.

DEFINITION (PRUNING- UND FORTSETZUNGS-FUNKTION)

Für ein EIO S wird definiert:

- $\text{prune} : \Sigma^* \rightarrow \Sigma^*, w \mapsto u$, mit $w = uv, u = \varepsilon \wedge u \in \Sigma^* \cdot I$ und $v \in O^*$,
- $\text{cont} : \Sigma^* \rightarrow \mathfrak{P}(\Sigma^*), w \mapsto \{wu \mid u \in \Sigma^*\}$,
- $\text{cont} : \mathfrak{P}(\Sigma^*) \rightarrow \mathfrak{P}(\Sigma^*), L \mapsto \bigcup \{\text{cont}(w) \mid w \in L\}$.

DEFINITION (RUHE)

Ein **Ruhe-Zustand** ist ein Zustand in einem EIO, der keine Outputs und kein τ zulässt.

Die Menge der Ruhe-Zustände in einem EIO ist wie folgt formal definiert:

$$Qui := \left\{ q \in Q \mid \forall \alpha \in (O \cap \{\tau\}) : q \not\stackrel{\alpha}{\rightarrow} \right\}.$$

DEFINITION (DIVERGENZ)

Ein **Divergenz-Zustand** ist ein Zustand in einem EIO, der eine unendliche Folge von τ s ausführen kann.

Die Menge $Div(S)$ besteht aus all diesen divergenten Zuständen des EIOs S .

DEFINITION (RUHE)

Ein **Ruhe-Zustand** ist ein Zustand in einem EIO, der keine Outputs und kein τ zulässt.

Die Menge der Ruhe-Zustände in einem EIO ist wie folgt formal definiert:

$$Qui := \left\{ q \in Q \mid \forall \alpha \in (O \cap \{\tau\}) : q \not\stackrel{\alpha}{\rightarrow} \right\}.$$

DEFINITION (DIVERGENZ)

Ein **Divergenz-Zustand** ist ein Zustand in einem EIO, der eine unendliche Folge von τ s ausführen kann.

Die Menge $Div(S)$ besteht aus all diesen divergenten Zuständen des EIOs S .

VERFEINERUNG

DEFINITION (BASISRELATION)

Für EIOs S_1 und S_2 mit der gleichen Signatur wird ...

... $S_1 \sqsubseteq_{Qui}^B S_2$ geschrieben,
wenn ein **Error-** oder
Ruhe-Zustand in S_1 nur
dann lokal erreichbar ist,
wenn er auch in S_2 lokal
erreichbar ist.

... $S_1 \sqsubseteq_{Div}^B S_2$ geschrieben,
wenn ein **Error-, Ruhe- oder**
Divergenz-Zustand in S_1 nur
dann lokal erreichbar ist,
wenn er auch in S_2 lokal
erreichbar ist.

\sqsubseteq_{Qui}^C (bzw. \sqsubseteq_{Div}^C) bezeichnet die vollständige abstrakte Präkongruenz
von \sqsubseteq_{Qui}^B (bzw. \sqsubseteq_{Div}^B) bezüglich $\cdot\|\cdot$.

VERFEINERUNG

DEFINITION (BASISRELATION)

Für EIOs S_1 und S_2 mit der gleichen Signatur wird ...

... $S_1 \sqsubseteq_{Qui}^B S_2$ geschrieben,
wenn ein **Error**- oder
Ruhe-Zustand in S_1 nur
dann lokal erreichbar ist,
wenn er auch in S_2 lokal
erreichbar ist.

... $S_1 \sqsubseteq_{Div}^B S_2$ geschrieben,
wenn ein **Error**-, **Ruhe**- oder
Divergenz-Zustand in S_1 nur
dann lokal erreichbar ist,
wenn er auch in S_2 lokal
erreichbar ist.

\sqsubseteq_{Qui}^C (bzw. \sqsubseteq_{Div}^C) bezeichnet die vollständige abstrakte Präkongruenz
von \sqsubseteq_{Qui}^B (bzw. \sqsubseteq_{Div}^B) bezüglich $\cdot\parallel\cdot$.

VERFEINERUNG

DEFINITION (BASISRELATION)

Für EIOs S_1 und S_2 mit der gleichen Signatur wird ...

... $S_1 \sqsubseteq_{Qui}^B S_2$ geschrieben,
wenn ein **Error**- oder
Ruhe-Zustand in S_1 nur
dann lokal erreichbar ist,
wenn er auch in S_2 lokal
erreichbar ist.

... $S_1 \sqsubseteq_{Div}^B S_2$ geschrieben,
wenn ein **Error**-, **Ruhe**- oder
Divergenz-Zustand in S_1 nur
dann lokal erreichbar ist,
wenn er auch in S_2 lokal
erreichbar ist.

\sqsubseteq_{Qui}^C (bzw. \sqsubseteq_{Div}^C) bezeichnet die **vollständige abstrakte Präkongruenz**
von \sqsubseteq_{Qui}^B (bzw. \sqsubseteq_{Div}^B) bezüglich $\cdot\|\cdot$.

DEFINITION (TRACES)

Für ein EIO S wird definiert:

- **strikte Errortraces:** $StET(S) := \left\{ w \in \Sigma^* \mid q_0 \xrightarrow{w} q \in E \right\},$
- **gekürzte Errortraces:** $PrET(S) := \bigcup \{ \text{prune}(w) \mid w \in StET(S) \},$
- **Input-kritische Traces:**

$$MIT(S) := \left\{ wa \in \Sigma^* \mid q_0 \xrightarrow{w} q \wedge a \in I \wedge q \not\stackrel{a}{\rightarrow} \right\},$$
- **strikte Ruhetraces:** $StQT(S) := \left\{ w \in \Sigma^* \mid q_0 \xrightarrow{w} q \in Qui \right\},$
- **strikte Divergenztraces:** $StDT(S) := \left\{ w \in \Sigma^* \mid q_0 \xrightarrow{w} q \in Div \right\},$
- **gekürzte Divergenztraces:**

$$PrDT(S) := \bigcup \{ \text{prune}(w) \mid w \in StDT(S) \}.$$

DEFINITION (TRACES)

Für ein EIO S wird definiert:

- **strikte Errortraces:** $StET(S) := \left\{ w \in \Sigma^* \mid q_0 \xrightarrow{w} q \in E \right\},$
- **gekürzte Errortraces:** $PrET(S) := \bigcup \{ \text{prune}(w) \mid w \in StET(S) \},$
- **Input-kritische Traces:**
 $MIT(S) := \left\{ wa \in \Sigma^* \mid q_0 \xrightarrow{w} q \wedge a \in I \wedge q \not\xrightarrow{a} \right\},$
- **strikte Ruhetraces:** $StQT(S) := \left\{ w \in \Sigma^* \mid q_0 \xrightarrow{w} q \in Qui \right\},$
- **strikte Divergenztraces:** $StDT(S) := \left\{ w \in \Sigma^* \mid q_0 \xrightarrow{w} q \in Div \right\},$
- **gekürzte Divergenztraces:**
 $PrDT(S) := \bigcup \{ \text{prune}(w) \mid w \in StDT(S) \}.$

DEFINITION (TRACES)

Für ein EIO S wird definiert:

- **strikte Errortraces:** $StET(S) := \left\{ w \in \Sigma^* \mid q_0 \xRightarrow{w} q \in E \right\},$
- **gekürzte Errortraces:** $PrET(S) := \bigcup \{ \text{prune}(w) \mid w \in StET(S) \},$
- **Input-kritische Traces:**
 $MIT(S) := \left\{ wa \in \Sigma^* \mid q_0 \xRightarrow{w} q \wedge a \in I \wedge q \not\xrightarrow{a} \right\},$
- **strikte Ruhetraces:** $StQT(S) := \left\{ w \in \Sigma^* \mid q_0 \xRightarrow{w} q \in Qui \right\},$
- **strikte Divergenztraces:** $StDT(S) := \left\{ w \in \Sigma^* \mid q_0 \xRightarrow{w} q \in Div \right\},$
- **gekürzte Divergenztraces:**
 $PrDT(S) := \bigcup \{ \text{prune}(w) \mid w \in StDT(S) \}.$

DEFINITION (SEMANTIK)

Für ein EIO S wird definiert:

- **Errortraces:**

$$ET(S) := \text{cont}(PrET(S)) \cup \text{cont}(MIT(S)),$$

- **error-geflutete**

Ruhetraces: $QET(S) := StQT(S) \cup ET(S),$

- **error-geflutete Sprache:**

$$EL(S) := L(S) \cup ET(S).$$

- **Error-Divergenztraces:**

$$EDT(S) := ET(S) \cup \text{cont}(PrDT(S)),$$

- **error-divergenz-gefluteten**

Ruhetraces: $QDT(S) := StQT(S) \cup EDT(S),$

- **error-divergenz-gefluteten**

Sprache: $EDL(S) := L(S) \cup EDT(S).$

DEFINITION (SEMANTIK)

Für ein EIO S wird definiert:

- **Errortraces:**

$$ET(S) := \text{cont}(PrET(S)) \cup \text{cont}(MIT(S)),$$

- **error-geflutete**

Ruhetraces: $QET(S) := StQT(S) \cup ET(S),$

- **error-geflutete Sprache:**

$$EL(S) := L(S) \cup ET(S).$$

- **Error-Divergenztraces:**

$$EDT(S) := ET(S) \cup \text{cont}(PrDT(S)),$$

- **error-divergenz-gefluteten**

Ruhetraces: $QDT(S) := StQT(S) \cup EDT(S),$

- **error-divergenz-gefluteten**

Sprache: $EDL(S) := L(S) \cup EDT(S).$

DEFINITION (SEMANTIK)

Für zwei EIOs S_1, S_2 mit der gleichen Signatur schreibt man ...

... $S_1 \sqsubseteq_{Qui} S_2$, wenn:

- $ET_1 \subseteq ET_2$,
- $QET_1 \subseteq QET_2$ und
- $EL_1 \subseteq EL_2$ gilt.

... $S_1 \sqsubseteq_{Div} S_2$, wenn:

- $EDT_1 \subseteq EDT_2$,
- $QDT_1 \subseteq QDT_2$ und
- $EDL_1 \subseteq EDL_2$ gilt.

DEFINITION (SEMANTIK)

Für zwei EIOs S_1, S_2 mit der gleichen Signatur schreibt man ...

... $S_1 \sqsubseteq_{Qui} S_2$, wenn:

- $ET_1 \subseteq ET_2$,
- $QET_1 \subseteq QET_2$ und
- $EL_1 \subseteq EL_2$ gilt.

... $S_1 \sqsubseteq_{Div} S_2$, wenn:

- $EDT_1 \subseteq EDT_2$,
- $QDT_1 \subseteq QDT_2$ und
- $EDL_1 \subseteq EDL_2$ gilt.

SATZ (SEMANTIK FÜR PARALLELKOMPOSITION)

Für zwei komponierbare EIOs S_1, S_2 und ihre Komposition S_{12} gilt:

- 1 $ET_{12} =$
 $\text{cont}(\text{prune}((ET_1 \parallel EL_2) \cup$
 $(EL_1 \parallel ET_2))),$
- 2 $QET_{12} =$
 $(QET_1 \parallel QET_2) \cup ET_{12},$
- 3 $EL_{12} = (EL_1 \parallel EL_2) \cup ET_{12}.$

- 1 $EDT_{12} =$
 $\text{cont}(\text{prune}((EDT_1 \parallel EDL_2)$
 $\cup (EDL_1 \parallel EDT_2))),$
- 2 $QDT_{12} =$
 $(QDT_1 \parallel QDT_2) \cup EDT_{12},$
- 3 $EDL_{12} =$
 $(EDL_1 \parallel EDL_2) \cup EDT_{12}.$

PROPOSITION (PRÄKONGRUEZ)

Die Relation \sqsubseteq_{Qui} (bzw. \sqsubseteq_{Div}) ist eine Präkongruenz bezüglich $\cdot \parallel \cdot$.

SATZ (SEMANTIK FÜR PARALLELKOMPOSITION)

Für zwei komponierbare EIOs S_1, S_2 und ihre Komposition S_{12} gilt:

- 1 $ET_{12} =$
 $\text{cont}(\text{prune}((ET_1 \parallel EL_2) \cup$
 $(EL_1 \parallel ET_2))),$
- 2 $QET_{12} =$
 $(QET_1 \parallel QET_2) \cup ET_{12},$
- 3 $EL_{12} = (EL_1 \parallel EL_2) \cup ET_{12}.$

- 1 $EDT_{12} =$
 $\text{cont}(\text{prune}((EDT_1 \parallel EDL_2)$
 $\cup (EDL_1 \parallel EDT_2))),$
- 2 $QDT_{12} =$
 $(QDT_1 \parallel QDT_2) \cup EDT_{12},$
- 3 $EDL_{12} =$
 $(EDL_1 \parallel EDL_2) \cup EDT_{12}.$

PROPOSITION (PRÄKONGRUENZ)

Die Relation \sqsubseteq_{Qui} (bzw. \sqsubseteq_{Div}) ist eine Präkongruenz bezüglich $\cdot \parallel \cdot$.

SATZ (SEMANTIK FÜR PARALLELKOMPOSITION)

Für zwei komponierbare EIOs S_1, S_2 und ihre Komposition S_{12} gilt:

- 1 $ET_{12} =$
 $\text{cont}(\text{prune}((ET_1 \parallel EL_2) \cup$
 $(EL_1 \parallel ET_2))),$
- 2 $QET_{12} =$
 $(QET_1 \parallel QET_2) \cup ET_{12},$
- 3 $EL_{12} = (EL_1 \parallel EL_2) \cup ET_{12}.$

- 1 $EDT_{12} =$
 $\text{cont}(\text{prune}((EDT_1 \parallel EDL_2)$
 $\cup (EDL_1 \parallel EDT_2))),$
- 2 $QDT_{12} =$
 $(QDT_1 \parallel QDT_2) \cup EDT_{12},$
- 3 $EDL_{12} =$
 $(EDL_1 \parallel EDL_2) \cup EDT_{12}.$

PROPOSITION (PRÄKONGRUEZ)

Die Relation \sqsubseteq_{Qui} (bzw. \sqsubseteq_{Div}) ist eine Präkongruenz bezüglich $\cdot \parallel \cdot$.

LEMMA (VERFEINERUNG)

Gegeben sind zwei EIOs S_1 und S_2 mit der gleichen Signatur.

Wenn $U \parallel S_1 \sqsubseteq_{Qui}^B U \parallel S_2$ für alle Partner U gilt, dann folgt daraus $S_1 \sqsubseteq_{Qui} S_2$.

Wenn $U \parallel S_1 \sqsubseteq_{Div}^B U \parallel S_2$ für alle ω -Partner U gilt, dann folgt daraus $S_1 \sqsubseteq_{Div} S_2$.

SATZ (VOLLSTÄNDIGE ABSTRAKTHEIT)

Seien S_1 und S_2 zwei EIOs mit derselben Signatur. Dann gilt:

$$S_1 \sqsubseteq_{Qui}^C S_2 \Leftrightarrow S_1 \sqsubseteq_{Qui} S_2.$$

$$S_1 \sqsubseteq_{Div}^C S_2 \Leftrightarrow S_1 \sqsubseteq_{Div} S_2.$$

LEMMA (VERFEINERUNG)

Gegeben sind zwei EIOs S_1 und S_2 mit der gleichen Signatur.

Wenn $U \| S_1 \sqsubseteq_{Qui}^B U \| S_2$ für alle Partner U gilt, dann folgt daraus $S_1 \sqsubseteq_{Qui} S_2$.

Wenn $U \| S_1 \sqsubseteq_{Div}^B U \| S_2$ für alle ω -Partner U gilt, dann folgt daraus $S_1 \sqsubseteq_{Div} S_2$.

SATZ (VOLLSTÄNDIGE ABSTRAKTHEIT)

Seien S_1 und S_2 zwei EIOs mit derselben Signatur. Dann gilt:

$$S_1 \sqsubseteq_{Qui}^C S_2 \Leftrightarrow S_1 \sqsubseteq_{Qui} S_2.$$

$$S_1 \sqsubseteq_{Div}^C S_2 \Leftrightarrow S_1 \sqsubseteq_{Div} S_2.$$

LEMMA (VERFEINERUNG)

Gegeben sind zwei EIOs S_1 und S_2 mit der gleichen Signatur.

Wenn $U \parallel S_1 \sqsubseteq_{Qui}^B U \parallel S_2$ für alle Partner U gilt, dann folgt daraus $S_1 \sqsubseteq_{Qui} S_2$.

Wenn $U \parallel S_1 \sqsubseteq_{Div}^B U \parallel S_2$ für alle ω -Partner U gilt, dann folgt daraus $S_1 \sqsubseteq_{Div} S_2$.

SATZ (VOLLSTÄNIGE ABSTRAKTHEIT)

Seien S_1 und S_2 zwei EIOs mit derselben Signatur. Dann gilt:

$$S_1 \sqsubseteq_{Qui}^C S_2 \Leftrightarrow S_1 \sqsubseteq_{Qui} S_2.$$

$$S_1 \sqsubseteq_{Div}^C S_2 \Leftrightarrow S_1 \sqsubseteq_{Div} S_2.$$

LEMMA (VERFEINERUNG)

Gegeben sind zwei EIOs S_1 und S_2 mit der gleichen Signatur.

Wenn $U \parallel S_1 \sqsubseteq_{Qui}^B U \parallel S_2$ für alle Partner U gilt, dann folgt daraus $S_1 \sqsubseteq_{Qui} S_2$.

Wenn $U \parallel S_1 \sqsubseteq_{Div}^B U \parallel S_2$ für alle ω -Partner U gilt, dann folgt daraus $S_1 \sqsubseteq_{Div} S_2$.

SATZ (VOLLSTÄNIGE ABSTRAKTHEIT)

Seien S_1 und S_2 zwei EIOs mit derselben Signatur. Dann gilt:

$$S_1 \sqsubseteq_{Qui}^C S_2 \Leftrightarrow S_1 \sqsubseteq_{Qui} S_2.$$

$$S_1 \sqsubseteq_{Div}^C S_2 \Leftrightarrow S_1 \sqsubseteq_{Div} S_2.$$

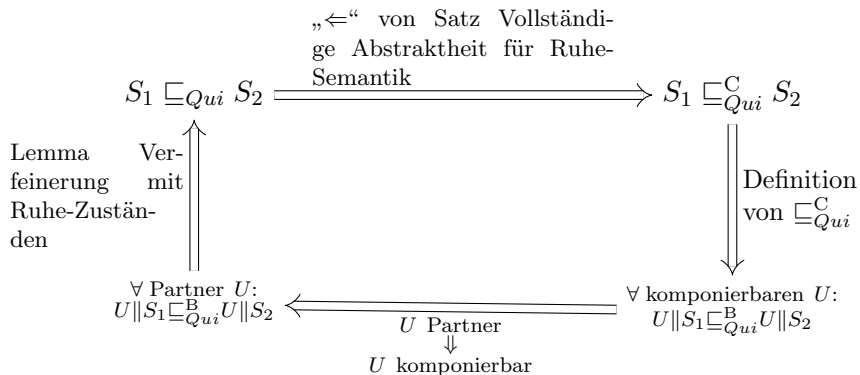


ABBILDUNG : Folgerungskette für Ruhe

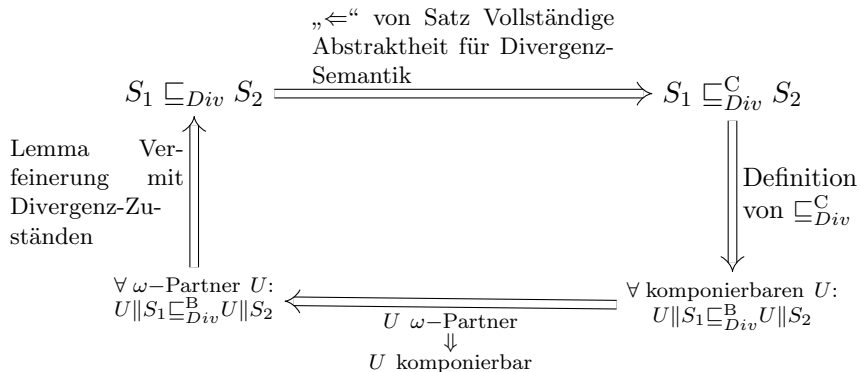


ABBILDUNG : Folgerungskette für Divergenz

KOROLLAR

Es gilt:

$$\begin{array}{c}
 S_1 \sqsubseteq_{Qui} S_2 \\
 \Updownarrow \\
 U \parallel S_1 \sqsubseteq_{Qui}^B U \parallel S_2
 \end{array}$$

$$\begin{array}{c}
 S_1 \sqsubseteq_{Div} S_2 \\
 \Updownarrow \\
 U \parallel S_1 \sqsubseteq_{Div}^B U \parallel S_2
 \end{array}$$

für alle komponierbaren U .

KOROLLAR

Es gilt:

$$\begin{array}{c}
 S_1 \sqsubseteq_{Qui} S_2 \\
 \Updownarrow \\
 U \parallel S_1 \sqsubseteq_{Qui}^B U \parallel S_2
 \end{array}$$

$$\begin{array}{c}
 S_1 \sqsubseteq_{Div} S_2 \\
 \Updownarrow \\
 U \parallel S_1 \sqsubseteq_{Div}^B U \parallel S_2
 \end{array}$$

für alle komponierbaren U .

HIDING

Ab hier wird nun nur noch Ruhe und nicht mehr Divergenz betrachtet.

DEFINITION (INTERNALISIERUNGSOPERATOR)

Für ein EIO $S = (Q, I, O, \delta, q_0, E)$ ist S/X , mit dem **Internalisierungsoperator** \cdot/X , definiert als $(Q, I, O', \delta', q_0, E)$ mit:

- $\tau \notin X$,
- $X \subseteq O$,
- $O' = O \setminus X$,
- $\delta' = (\delta \cup \{(q, \tau, q') \mid (q, x, q') \in \delta, x \in X\}) \setminus \{(q, x, q') \mid x \in X\}$.

PROPOSITION (BASISRELATION BZGL. INTERNALISIERUNG)

Wenn $S_1 \sqsubseteq_{Qui}^B S_2$ gilt, dann folgt daraus, dass auch $S_1/X \sqsubseteq_{Qui}^B S_2/X$ gilt.

HIDING

Ab hier wird nun nur noch Ruhe und nicht mehr Divergenz betrachtet.

DEFINITION (INTERNALISIERUNGSOPERATOR)

Für ein EIO $S = (Q, I, O, \delta, q_0, E)$ ist S/X , mit dem **Internalisierungsoperator** \cdot/X , definiert als $(Q, I, O', \delta', q_0, E)$ mit:

- $\tau \notin X$,
- $X \subseteq O$,
- $O' = O \setminus X$,
- $\delta' = (\delta \cup \{(q, \tau, q') \mid (q, x, q') \in \delta, x \in X\}) \setminus \{(q, x, q') \mid x \in X\}$.

PROPOSITION (BASISRELATION BZGL. INTERNALISIERUNG)

Wenn $S_1 \sqsubseteq_{Qui}^B S_2$ gilt, dann folgt daraus, dass auch $S_1/X \sqsubseteq_{Qui}^B S_2/X$ gilt.

SATZ (PRÄKONGRUENZ BZGL. INTERNALISIERUNG)

Seien S_1 und S_2 zwei EIOs für die $S_1 \sqsubseteq_{Qui} S_2$ gilt, somit gilt auch $S_1/X \sqsubseteq_{Qui} S_2/X$. Es ist also \sqsubseteq_{Qui} eine Präkongruenz bezüglich \cdot/\cdot . Es gilt für die Sprachen und Traces:

- (I) $L(S/X) = \{w \in (\Sigma \setminus X)^* \mid \exists w' \in L(S) : w'|_{\Sigma \setminus X} = w\},$
- (II) $ET(S/X) = \{w \in (\Sigma \setminus X)^* \mid \exists w' \in ET(S) : w'|_{\Sigma \setminus X} = w\},$
- (III) $EL(S/X) = \{w \in (\Sigma \setminus X)^* \mid \exists w' \in EL(S) : w'|_{\Sigma \setminus X} = w\},$
- (IV) $QET(S/X) = \{w \in (\Sigma \setminus X)^* \mid \exists w' \in QET(S) : w'|_{\Sigma \setminus X} = w\}.$

DEFINITION (PARALLELKOMPOSITION MIT INTERNALISIERUNG)

Seien S_1 und S_2 komponierbare EIOs, dann ist die Parallelkomposition mit Internalisierung definiert als $S_1|S_2 = S_{12}/(\text{Synch}(S_1, S_2) \cap O_{12})$.

KOROLLAR (PRÄKONGRUENZ MIT INTERNALISIERUNG)

Die Relation \sqsubseteq_{Qui} ist eine Präkongruenz bezüglich der Parallelkomposition mit Internalisierung $\cdot|\cdot$.

DEFINITION (PARALLELKOMPOSITION MIT INTERNALISIERUNG)

Seien S_1 und S_2 komponierbare EIOs, dann ist die Parallelkomposition mit Internalisierung definiert als $S_1|S_2 = S_{12}/(\text{Synch}(S_1, S_2) \cap O_{12})$.

KOROLLAR (PRÄKONGRUENZ MIT INTERNALISIERUNG)

Die Relation \sqsubseteq_{Qui} ist eine Präkongruenz bezüglich der Parallelkomposition mit Internalisierung $\cdot|\cdot$.