

Grundlagen der Verarbeitung von Wissen über Raum, Zeit und Ereignisse

7. Sitzung

Fortsetzung: Ansätze zur Modellierung von
Situationen und Veränderung in der KI

Gliederung

- Repräsentation mit Reifizierte Situationstypen
- Allen (1984): „Generelle Theorie für Aktionen und Zeit“
- Galton (1990): Revision der Allenschen Modellierung
- Zusammenfassung: Situationen und Situationstypen

Allen (1984): „Generelle Theorie für Aktionen und Zeit“ (1)

Ziel

- Analyse der zeitlich relevanten Eigenschaften verschiedener Sorten von Situationen

Repräsentationsstrategie

- **Reifikation** von Situationstypen
 - z.B.: „Joschka Fischer war 2004 Außenminister der Bundesrepublik Deutschland“
 - „Das Jahr 2004 hat(te) die Eigenschaft, dass Joschka Fischer Außenminister der Bundesrepublik Deutschland ist“
- Diese Art der Repräsentation ist auch für temporale Datenbanken relevant.

Situationsindividuen und Situationstypen

Situationsindividuen/token

- haben eine feste Zeitzuordnung (Datum), Ort, Teilnehmer, ...
- sind nicht wiederholbar
- sind temporal zusammenhängend
- übliche Darstellung: Terme / Namen / Individuenvariablen

Situationstypen

- können mehrere Zeitzuordnungen haben (Gültigkeitszeiten)
- sind wiederholbar
- Gültigkeitszeit muss nicht zusammenhängen
- übliche Darstellung: Prädikate über Zeiten

Arten von Situationsbeschreibungen

- basieren auf Unterschieden zwischen Situationsindividuen (Sortierung von Individuen)

oder

- basieren auf Unterschieden zwischen Situationstypen hinsichtlich ihrer Interaktion mit der Zeitstruktur (Monotonie, Homogenität)

Übliche Formalismen in der KI: Reifizierte Situationstypen

- mehrsortige Prädikatenlogik erster Stufe
- Sorten von Individuen
 - Standardobjekte, Lebewesen,
 - Zeiten, Raumpositionen,
- „reifizierten“ Propositionen für Situationstypen
 - Zustandstypen, Fakten, Propositionen, Aussagen („Fluents’)
 - **auf(a, b)** : Das (zeitlose) Fakt, dass sich das Objekt **a** auf dem Objekt **b** befindet.
 - Ereignistypen, Handlungstypen, Pläne, ...
 - **betritt(c, d)** : Der (zeitlose) Ereignistyp, in dem das Lebewesen **c** den Raum **d** betritt.
- Operatoren, die Zeiten und Propositionen / Situationen in Beziehung setzen.
 - **HOLDS(auf(a, b), t)**
„Das Faktum **auf(a, b)** gilt zur Zeit **t**“
 - **OCCUR(betritt(c, d), t)**
„Der Ereignistyp **betritt(c, d)** wird zur Zeit **t** realisiert“

Reifizierte Eigenschaften

- *Hans ist ein Vogel*: $HAT_EIGENSCHAFT(\text{Vogel}, \text{Hans})$
- *Hans ist gelb*: $HAT_EIGENSCHAFT(\text{gelb}, \text{Hans})$
- Was sind ‚Vogel‘ und ‚gelb‘ für Individuen? Konzepte, Typen

Reifizierte Situationstypen

- *Hans war im Zimmer*: $t_1 < t^* \wedge TRUE(\text{in}(\text{Hans}, \text{Zimmer}), t_1)$
- *Hans betrat das Zimmer*: $t_2 < t^* \wedge TRUE(\text{betritt}(\text{Hans}, \text{Zimmer}), t_2)$
- $\text{in}(\text{Hans}, \text{Zimmer})$ ist nicht Bezeichnung für eine Situation sondern für den atemporalen Sachverhalt / Fakt, dass Hans im Zimmer ist.

Konsequenzen

- Quantifikation über Situationstypen bleibt ‚billig‘ (erste Stufe)
- $HAT_EIGENSCHAFT$, $TRUE$ haben logischen Charakter
 - Formulierung des zeitlichen Strukturbezugs (Monotonie)
 - ‚logische‘ Typenkombinatorik:
 $HAT_EIGENSCHAFT(\text{Vogel} \ \& \ \text{gelb}, \text{Hans})$

Struktur von Situationsbeschreibungen (II)

3) Situationsbeschreibungen verbinden reifizierte Situationstypen mit Gültigkeitszeiten

- Situationstypen (und Zeiten) sind Individuen
- Zuordnung von Gültigkeitszeiten ist (quasi-)logisch
- *Hans war im Zimmer*: $t_1 < t^* \wedge TRUE(\text{in}(\text{Hans}, \text{Zimmer}), t_1)$
- *Hans betrat das Zimmer*: $t_2 < t^* \wedge TRUE(\text{betritt}(\text{Hans}, \text{Zimmer}), t_2)$
- *Hans war im Zimmer*: $t_1 < t^* \wedge \text{Holds}(\text{in}(\text{Hans}, \text{Zimmer}), t_1)$
- *Hans betrat das Zimmer*: $t_2 < t^* \wedge \text{Occ}(\text{betritt}(\text{Hans}, \text{Zimmer}), t_2)$
- Einfache Erfassung von Homogenität:
 - $\forall t t' [TRUE(\text{in}(\text{Hans}, Z.), t') \wedge t \sqsubseteq t' \rightarrow TRUE(\text{in}(\text{Hans}, Z.), t)]$
 - $\forall a t t' [\text{Holds}(a, t') \wedge t \sqsubseteq t' \rightarrow \text{Holds}(a, t)]$
- Modellierung des logischen Verhaltens:
 - $\forall a b t [\text{Holds}(a \ \& \ b, t) \leftrightarrow \text{Holds}(a, t) \wedge \text{Holds}(b, t)]$
 - $\forall a t [\text{Holds}(\sim a, t) \rightarrow \neg \text{Holds}(a, t)]$

Allen (1984): „Generelle Theorie für Aktionen und Zeit“ (2)

Formaler Rahmen

- mehrsortige Prädikatenlogik
- Periodenstruktur für die Zeit
- verschiedene Sub-Sorten der Situationstypen
 - Eigenschaften (*properties*)
 - Ereignisse (*events*)
 - Prozesse (*processes*)
- Relationen zwischen Situationstypen und Zeiten
 - $HOLDS(p, t)$ gdw. die Eigenschaft p für die Periode t gilt.
 - „Joschka Fischer war 2004 Außenminister der Bundesrepublik Deutschland.“
 - ‚Eigenschaften‘ von Allen entsprechen *Fluents* im Situationskalkül und unseren Zustandstypen
 - Situationstypen werden repräsentiert durch Terme, nicht durch Formeln (→ Reifizierung)
 - Bedeutung von ‚Negation‘, ‚Konjunktion‘ und ‚Disjunktion‘ muss für die Typen festgelegt werden.

Ein Axiomensystem für HOLDS (1)

[D IN] $IN(t_1, t_2) \leftrightarrow_{\text{def}} DURING(t_1, t_2) \vee STARTS(t_1, t_2) \vee FINISHES(t_1, t_2)$

Homogenität von Eigenschaften

- $HOLDS$ ist abgeschlossen bzgl. der Inklusion in der Periodenmenge:
Wenn p für t_1 (durchgehend) gilt, dann auch für alle Teilperioden von t_1 , und umgekehrt.

[H1] $HOLDS(p, t_1) \leftrightarrow \forall t_2 [IN(t_2, t_1) \rightarrow HOLDS(p, t_2)]$

- p der Außenminister der BRD ist Joschka Fisher
 - t_1 das Jahr 2004
- Joschka Fischer war 2004 (durchgehend) Außenminister der Bundesrepublik Deutschland, gdw. Joschka Fischer in allen Teilperioden von 2004 (durchgehend) der Außenminister der Bundesrepublik Deutschland war.

Ein Axiomensystem für HOLDS (2)

- Verschärfung von [H1] (d.h. [H1] ist aus [H2] beweisbar, nicht aber umgekehrt)

[H2] $\text{HOLDS}(p, t_1) \leftrightarrow$

$$\forall t_2 [\text{IN}(t_2, t_1) \rightarrow \exists t_3 [\text{IN}(t_3, t_2) \wedge \text{HOLDS}(p, t_3)]]$$

- Joschka Fischer war 2004 (durchgehend) Außenminister der Bundesrepublik Deutschland, gdw. Joschka Fischer in allen Teilperioden von 2004 irgendwann der Außenminister der Bundesrepublik Deutschland war.

Komplexe Eigenschaften: (Starke) Eigenschaftsnegation

Starke/durchgehende Negation: durchgehend nicht

- In allen Teilperioden von t_1 gilt p nicht.

[H4] $\text{HOLDS}(\text{not}(p), t_1) \leftrightarrow \forall t_2 [\text{IN}(t_2, t_1) \rightarrow \neg \text{HOLDS}(p, t_2)]$

- ‚ $\text{not}(p)$ ‘ ist ein Term, keine Formel
‚ $\neg \text{HOLDS}(p, t_2)$ ‘ ist eine Formel, über die die Bedeutung von ‚ $\text{not}(p)$ ‘ charakterisiert wird.
 - p Angela Merkel ist Bundeskanzlerin der BRD
 t_1 das Jahr 2004
- Angela Merkel ist 2004 (durchgehend) nicht Bundeskanzlerin der BRD, gdw. Angela Merkel in allen Teilperioden von 2004 nicht (durchgehend) Bundeskanzlerin der BRD war.

Komplexe Eigenschaften: (Schwache) Eigenschaftsnegation

Schwache Negation (nach [H1]): nicht durchgehend

→ Es gibt Teilperioden von t_1 , in denen p nicht galt.

$$[H1'] \quad \neg \text{HOLDS}(p, t_1) \leftrightarrow \exists t_2 [\text{IN}(t_2, t_1) \wedge \neg \text{HOLDS}(p, t_2)]$$

→ Angela Merkel ist 2005 nicht (durchgehend) Bundeskanzlerin der BRD, gdw. Angela Merkel in einer Teilperiode von 2005 (durchgehend) nicht Bundeskanzlerin der BRD war.

Es gelten u.a. die folgenden Beziehungen (Theoreme, beweisbar aus [H1] – [H4])

$$[H5] \quad \text{HOLDS}(\text{not}(p), t) \rightarrow \neg \text{HOLDS}(p, t)$$

$$[H6] \quad \text{HOLDS}(\text{not}(\text{not}(p)), t) \leftrightarrow \text{HOLDS}(p, t)$$

Komplexe Eigenschaften: Eigenschaftskonjunktion

Konjunktion

- p und q gelten gleichzeitig
 $\text{and}(p, q)$: Term, der diese komplexe Eigenschaft bezeichnet

$$[H3] \quad \text{HOLDS}(\text{and}(p, q), t) \leftrightarrow (\text{HOLDS}(p, t) \wedge \text{HOLDS}(q, t))$$

- p Angela Merkel ist Kanzlerin der Bundesrepublik Deutschland.
- q Angela Merkel ist Vorsitzende der CDU.
- t 2008

→ Angela Merkel war 2008 Kanzlerin der Bundesrepublik Deutschland und Vorsitzende der CDU.

Eigenschaftsdisjunktion

Disjunktion

[H7] $\text{HOLDS}(\text{or}(p, q), t) \leftrightarrow \text{HOLDS}(\text{not}(\text{and}(\text{not}(p), \text{not}(q))), t)$

hieraus ist beweisbar

[H7'] $\text{HOLDS}(\text{or}(p, q), t_1) \leftrightarrow$
 $\forall t_2 [\text{IN}(t_2, t_1) \rightarrow$
 $\exists t_3 [\text{IN}(t_3, t_2) \wedge (\text{HOLDS}(p, t_3) \vee \text{HOLDS}(q, t_3))]]$

- p der Regierungssitz der Bundesrepublik Deutschland ist Bonn
 - q der Regierungssitz der Bundesrepublik Deutschland ist Berlin
 - t_1 das Jahr 1999
- Der Regierungssitz der Bundesrepublik Deutschland ist 1999 (durchgehend) Bonn oder Berlin, gdw. in allen Teilperioden von 1999 irgendwann Bonn oder Berlin Regierungssitz ist.

Veränderungen: Ereignis(typen)

Wie verhalten sich Ereignisse im Hinblick auf Homogenität?

- e die Fußballweltmeisterschaft 2006 in Deutschland
 - t_1 09.06.06 bis 09.07.06
- die Fußball-WM 2006 fand vom 09.06.06 bis 09.07.06 in Deutschland statt. Es gibt aber Teilperioden dieser Zeit, in denen die Fußball-WM nicht (als Ganzes) stattfand.
- Für e gilt [H1] nicht.
- e gehört nicht in die Klasse der [H1] – [H4], [H7] Situationen.

Neuer Subtyp der Situationen: Ereignisse

- Anstelle von HOLDS vermittelt die Relation OCCUR zwischen Ereignis(typen) und Perioden.
- Die Relation OCCUR zwischen Ereignistyp e und Zeiten t drückt aus, dass e genau (einmal) zu t stattfindet.

[O1] $\text{OCCUR}(e, t_1) \wedge \text{IN}(t_2, t_1) \rightarrow \neg \text{OCCUR}(e, t_2)$

→ t_1 ist die kleinste Periode, in der e stattfindet.

Definition von Ereignissen als Eigenschaftswechsel

Beispiel: Positionsveränderung

Notwendige Bedingung:

$$\begin{aligned} \text{OCCUR}(\text{CHANGE-POS}(O, x, y), t) \rightarrow \\ \exists t_1, t_2 [\text{MEETS}(t_1, t) \wedge \text{MEETS}(t, t_2) \wedge \\ \text{HOLDS}(\text{At}(O, x), t_1) \wedge \text{HOLDS}(\text{At}(O, y), t_2)] \end{aligned}$$

→ Wenn O sich zu t von x nach y bewegt, dann ist O bis t an x und nach t an y .

Abkürzung

$$\begin{aligned} [\text{D1}] \quad \text{FROM-TO}(O, x, y, t) \\ \Leftrightarrow \text{def } \exists t_1, t_2 [\text{MEETS}(t_1, t) \wedge \text{MEETS}(t, t_2) \wedge \\ \text{HOLDS}(\text{At}(O, x), t_1) \wedge \text{HOLDS}(\text{At}(O, y), t_2)] \end{aligned}$$

Positionsveränderung (Forts.)

→ Für eine Definition von Positionsänderungsereignissen müssen wir noch sicherstellen, dass innerhalb von t nur ein Wechsel erfolgt.

$$\begin{aligned} [\text{CH}] \quad \text{OCCUR}(\text{CHANGE-POS}(O, x, y), t) \Leftrightarrow \text{FROM-TO}(O, x, y, t) \\ \wedge \forall t' [\text{IN}(t', t) \rightarrow \neg \text{FROM-TO}(O, x, y, t')] \end{aligned}$$

Kurznotation

$$\begin{aligned} [\text{CH}'] \quad \text{OCCUR}(\text{CHANGE-POS}(O, x, y), t): \\ \text{FROM-TO}(O, x, y, t) \end{aligned}$$

Komplexe Ereignistypen: Definition von Ereignissequenzen

Wiederholungen von Ereignistypen

Definition von Allen

$$\text{OCCUR}(\text{TWICE}(e), t): \\ \exists t_1, t_2 [\text{IN}(t_1, t) \wedge \text{IN}(t_2, t) \wedge t_1 \neq t_2 \wedge \text{OCCUR}(e, t_1) \wedge \\ \text{OCCUR}(e, t_2)]$$

→ Was besagt demnach $\text{OCCUR}(\text{TWICE}(\text{TWICE}(e)), t)$?

Direkte Abfolge zweier Ereignis(typen)

$$\text{OCCUR}(\text{TWO-MEET-SEQUENCE}(e_1, e_2), t): \\ \exists t_1, t_2 [\text{STARTS}(t_1, t) \wedge \text{FINISHES}(t_2, t) \wedge \\ \text{MEETS}(t_1, t_2) \wedge \text{OCCUR}(e_1, t_1) \wedge \text{OCCUR}(e_2, t_2)]$$

Paralleles Stattfinden von Ereignissen

$$\text{OCCUR}(\text{COMPOSITE}(e_1, e_2), t): \\ \text{OCCUR}(e_1, t) \wedge \text{OCCUR}(e_2, t)$$

Prozess(-typ)e(n): Kontinuierliche Veränderungen

Wie verhalten sich Prozesse im Hinblick auf Homogenität?

p J. Klinsmann trainiert die Nationalmannschaft
t₁ 2005

→ J. Klinsmann hat 2005 die Nationalmannschaft trainiert und es gibt Teilperioden von 2005, in denen das Training auch stattfand.

→ Für p gilt [O1] nicht, aber evtl. auch [H1] nicht.

Neuer Subtyp der Situationen: Prozesse

- Anstelle von **HOLDS** oder **OCCUR** vermittelt die Relation **OCCURING** zwischen Prozess(typ)en und Perioden.

[O2] $\text{OCCURING}(p, t_1) \rightarrow \exists t_2 [\text{IN}(t_2, t_1) \wedge \text{OCCURING}(p, t_2)]$

(Das funktioniert nur, wenn jede Periode zerlegbar ist: Ergänzung der Zeit-Axiome)

Kombinationen von Ereignissen und Prozessen

Fallen: keine Pause (Homogene Prozesse als Spezialfall)

[F1] $\text{OCCURRING}(\text{FALLING}(O), t_1) \leftrightarrow$
 $\forall t_2 [\text{IN}(t_2, t_1) \rightarrow \text{OCCURRING}(\text{FALLING}(O), t_2)]$

Fall-Ereignisse

[F2] $\text{FALL}(O, x, y) =_{\text{def}} \text{COMPOSITE}(\text{CHANGE-POS}(O, x, y),$
 $\text{FALLING}(O))$

[Th] $\text{OCCUR}(\text{FALL}(O, x, y), t) \leftrightarrow$
 $\text{OCCUR}(\text{CHANGE-POS}(O, x, y), t) \wedge$
 $\text{OCCURRING}(\text{FALLING}(O), t)$

Zusammenfassung und Kritik: Allen

- Eigenschaften und Ereignistypen werden als Individuen eigener Sorte behandelt.
- Eigenschaften und Ereignis(typen) werden nicht mit den Zeiten, zu denen sie stattfinden, identifiziert.
- Stattdessen wird mit quasi-logischen Relationen und Axiomen die Natur der Korrespondenz zwischen Eigenschaften, Ereignis(typ)en und Zeiten festgelegt.
- Prozess(typen) werden zusätzlich zu Eigenschaften und Ereignis(typ)en eingeführt, die Abgrenzung ist nicht klar.
- Individuelle Ereignisse und Prozesse tauchen nicht explizit auf.
- Keine Unterscheidungsbasis von Teilereignissen und zeitlich parallelen Ereignissen (auf Individuenebene).

Weitere Diskussion von Allen

- Kausalität, Agentivität
- Pläne und Planausführungen

Ausgangspunkte

- Erprobung des Allen-Ansatzes für **Bewegungen**
 - Erweiterungen sind erforderlich

Ergebnisse

- Klassifikation von Situationen
 - **states of position** (Zustände der Position, momentane Zustände)
 - **states of motion** (Zustände der Bewegung, andauernde Zustände)
- die Klasse der Prozesse wird überflüssig

Eigenschaften und deren Negation

Homogenität von Eigenschaften: durchgehende Gültigkeit

→ in allen Teilperioden gilt p ununterbrochen.

$$[H2] \quad \text{HOLDS}(p, t_1) \leftrightarrow \forall t_2 [\text{IN}(t_2, t_1) \rightarrow \exists t_3 [\text{IN}(t_3, t_2) \wedge \text{HOLDS}(p, t_3)]]$$

Starke/durchgehende Negation: durchgehend nicht

→ In allen Teilperioden von t_1 gilt p nicht.

$$[H4] \quad \text{HOLDS}(\text{not}(p), t_1) \leftrightarrow \forall t_2 [\text{IN}(t_2, t_1) \rightarrow \neg \text{HOLDS}(p, t_2)]$$

Schwache Negation (nach [H1]): nicht durchgehend

→ Es gibt Teilperioden von t_1 , in denen p nicht gilt.

$$[H1'] \quad \neg \text{HOLDS}(p, t_1) \leftrightarrow \exists t_2 [\text{IN}(t_2, t_1) \wedge \neg \text{HOLDS}(p, t_2)]$$

Konsequenzen

$$[H5] \quad \text{HOLDS}(\text{not}(p), t) \rightarrow \neg \text{HOLDS}(p, t)$$

$$[H6] \quad \text{HOLDS}(\text{not}(\text{not}(p)), t) \leftrightarrow \text{HOLDS}(p, t)$$

Wo ist ein Objekt, während es sich bewegt?

- Sei X ein Objekt, P eine passende (mögliche) Position von X .
- $At(X, P)$ repräsentiere die Aussage,
dass X sich genau in der Position P befindet.

Annahme zur Korrespondenz ‚gewöhnlicher‘ Negation und ‚not‘

- $not(At(X, P))$ repräsentiert die Aussage,
dass X sich NICHT in der Position P befindet.

Annahme: X bewegt sich während T kontinuierlich

- Während keiner Teilperiode von T befindet X sich (durchgehend) in Position P .
 $\neg \exists t [IN(t, T) \wedge HOLDS(At(X, P), t)]$
- Während aller Teilperioden von T befindet X sich nicht (durchgehend) in Position P .
 $\forall t [IN(t, T) \rightarrow \neg HOLDS(At(X, P), t)]$

Wo ist ein Objekt, während es sich bewegt? (Forts.)

- Nach [H4] gilt dann: Während T befindet X sich (durchgehend) nicht in Position P .
 $HOLDS(not(At(X, P)), T)$
- Da P beliebig gewählt war, befindet sich X während T nirgendwo, oder
- Die Annahme zur Negation
 $not(At(X, P))$ repräsentiert die Aussage, dass X nicht in der Position P verweilt
muss zurückgezogen werden.

Wo ist ein Objekt, während es sich bewegt? (Forts. 2)

- Sei X ein Objekt, P eine passende (mögliche) Position von X .
- $\text{neg-At}(X, P)$ repräsentiere die Aussage, dass X sich nicht in der Position P befindet.
 - neg-At ist eine ganz eigenständige Relation, unabhängig von At

Annahme: X bewegt sich während T kontinuierlich ohne eine Position mehrfach zu durchlaufen

- In jeder Teilperiode von T ist eine Teilperiode enthalten, während der sich X (durchgehend) nicht in Position P befindet. (Wenn nicht am Anfang, dann aber am Ende, denn X kommt ja nie zurück und Perioden sind immer zerlegbar.)

$\forall t_1 [IN(t_1, T) \rightarrow \exists t_2 [IN(t_2, t_1) \wedge \text{HOLDS}(\text{neg-At}(X, P), t_2)]]$

Wo ist ein Objekt, während es sich bewegt? (Forts. 3)

- Nach [H2] befindet sich X dann während T (durchgehend) nicht in Position P .

$\text{HOLDS}(\text{neg-At}(X, P), T)$

- ➔ Da P beliebig gewählt war, befindet sich X während T nirgendwo, oder
- ➔ Annahmen zu HOLDS müssen zurückgezogen werden, oder
- ➔ HOLDS ist nicht geeignet, alle zeitlichen Verankerungen von Eigenschaften zu repräsentieren.

Kontinuierliche Bewegung

- gekennzeichnet durch momentanes Befinden in den durchlaufenen Positionen
- kein Verweilen in den Positionen

Eigenschaften im Allen-Kalkül

- gelten über ganze Perioden
- gelten in diesen Perioden durchgehend
- z.B. Kein grünes Objekt wird für nur einen Moment rot und dann wieder grün
- Aber: die Positionen in der kontinuierlichen Bewegung gelten nur momentan
- kontinuierliche Struktur des Raums
- unabhängig von der Annahme von Raumpunkten

Ereignisse im Allen-Kalkül

- gelten auch nur für (ausgedehnte) Perioden
- das Positionsdurchlaufen kann auch nicht als Ereignis modelliert werden
- Zur Modellierung von Bewegung muss der Kalkül ergänzt werden.

HOLDS-AT, HOLDS-IN, HOLDS-ON

Rückbesinnung auf Zeitpunkte / Momente

- **WITHIN**: ein Zeitpunkt liegt im Inneren einer Periode
- **LIMITS**: ein Zeitpunkt begrenzt eine Periode

Beziehungen von Eigenschaften zu Zeiten

- **HOLDS-AT**: eine Eigenschaft gilt für einen Zeitpunkt
- **HOLDS-IN**: eine Eigenschaft gilt irgendwann in einer Periode

[D-IN] $\text{HOLDS-IN}(p, t) \leftrightarrow_{\text{def}} \exists i [\text{WITHIN}(i, t) \wedge \text{HOLDS-AT}(p, i)]$

- **HOLDS-ON**: eine Eigenschaft gilt über eine ganze Periode

[D-ON] $\text{HOLDS-ON}(p, t) \leftrightarrow_{\text{def}} \forall i [\text{WITHIN}(i, t) \rightarrow \text{HOLDS-AT}(p, i)]$

- Der Rückgriff auf Zeitpunkte gilt der Klärung der Ziele
 - Perioden müssen Punkte nicht als Teile haben
 - Perioden müssen nicht als Mengen von Punkten aufgefasst werden
- Inzidenzgeometrie

Klassifikation von Eigenschaften / Zuständen

states of position, momentane Zustände

- können zu Zeitpunkten gelten
- gelten an Periodengrenzen, wenn sie in der ganzen Periode gelten

[ASPP] $\forall i [\forall t [\text{WITHIN}(i, t) \rightarrow \text{HOLDS-IN}(p, t)] \rightarrow \text{HOLDS-AT}(p, i)]$

- Hierzu gehört die Lokationszuordnung in der Bewegung

states of motion, andauernde Zustände

- können nicht auf Zeitpunkte beschränkt sein
- gelten in einer umfassenden Periode, wenn sie in einem Moment gelten

[ASMP] $\forall i [\text{HOLDS-AT}(p, i) \rightarrow \exists t [\text{WITHIN}(i, t) \wedge \text{HOLDS-ON}(p, t)]]$

- Hierzu gehören der Stillstand

weitere Arten von Zuständen werden nicht weiter in Betracht gezogen

→ Annahme: die interessanten Zustände (über die wir reden) sind von einer der ausgezeichneten Arten

Elimination von Aussagen über Zeitpunkte (1)

states of position, momentane Zustände

- Spezifikationen auf der Basis von **HOLDS-IN**
- **HOLDS-AT**: ein momentaner Zustand besteht zu einem Zeitpunkt, wenn er in allen umfassenden Perioden (irgendwann) besteht

[T1] $\forall i [\text{HOLDS-AT}(p, i) \leftrightarrow \forall t [\text{WITHIN}(i, t) \rightarrow \text{HOLDS-IN}(p, t)]]$

- **HOLDS-ON**: ein momentaner Zustand besteht (durchgehend) über eine ganze Periode, wenn er in allen enthaltenen Perioden (irgendwann) besteht

[T2] $\forall t [\text{HOLDS-ON}(p, t) \leftrightarrow \forall t_1 [\text{IN}(t_1, t) \rightarrow \text{HOLDS-IN}(p, t_1)]]$

Elimination von Aussagen über Zeitpunkte (2)

states of motion, andauernde Zustände

- Spezifikationen auf der Basis von **HOLDS-ON**
- **HOLDS-AT**: ein andauernder Zustand besteht zu einem Zeitpunkt, wenn er über eine umfassenden Perioden (durchgehend) besteht

[T3] $\forall i [\text{HOLDS-AT}(p, i) \leftrightarrow \exists t [\text{WITHIN}(i, t) \wedge \text{HOLDS-ON}(p, t)]]$

- **HOLDS-IN**: ein andauernder Zustand besteht (irgendwann) in einer Periode, wenn er über eine enthaltene Perioden (durchgehend) besteht

[T4] $\forall t [\text{HOLDS-IN}(p, t) \leftrightarrow \exists t_1 [\text{IN}(t_1, t) \wedge \text{HOLDS-ON}(p, t_1)]]$

→ Bei Beschränkung auf diese Zustandsarten: Vermeidbarkeit von explizite Aussagen über Punkte.

Zusammenfassung: Reifizierte Situationstypen, Allen, Galton

Reifizierte Situationstypen

- Verknüpfung mit Zeitentitäten durch spezielle Relationen: Prädikatoren
- Verschiedene Inferenzmuster werden durch unterschiedliche Prädikatoren repräsentiert
- Alternative: Spezifikation der individuellen Inferenzmuster für die einzelnen Situationstypen
→ Prädikatsklassifikation vs. Prädikationsklassifikation

Allen, Galton

- Allen → Galton: zunehmende Differenzierung der Prädikatoren
- Aber: auch bei Galton werden Zustandstypen differenziert (SoM / SoP)
- Ereignisse: erlauben nur sehr eingeschränkte Inferenzen (Heterogenität)
Analyse über heterogene Dekomposition
- Prozesse: Status und Inferenzpotential unklar

Zusammenfassung: Situationen und Situationstypen (1)

- Der Bezug von Inhalten zur Zeit ist nicht einheitlich
- jedoch lassen sich systematische Arten des Bezugs ausmachen
 - Thematisierung / Fokussierung der (zeitlichen) Grenzen oder des Verlaufes
 - Veränderung: diskret, gleichmäßig oder nicht
 - Individuensicht vs. Typensicht: eindeutige Datierbarkeit vs. Wiederholbarkeit
- Inferenzen über zeitliche Zusammenhänge basieren auf der zeitlichen Struktur und der Art des inhaltlichen Bezugs auf die Zeit

Zusammenfassung: Situationen und Situationstypen (2)

- Die Grundvorschläge für Kalküle zur Zeit und Situationsmodellierung stammen im Wesentlichen aus den 80-er Jahren.
- Anschließend: Ausarbeitung einiger Details der Kalküle
- Dominanz des Allenschen Zeitkalküls ohne Übernahme des Situationstypenkalküls

- Es fehlt
 - einheitliche Terminologie
 - systematische Klärung der Repräsentations- und Verarbeitungsbedürfnisse für Zeit und Veränderung

Literatur

- Allen, James F. (1984): „Towards a general theory of action and time“. *Artificial Intelligence* 23. 123–154.
- Galton, Antony (1990): „A critical examination of Allen’s theory of action and time“. *Artificial Intelligence* 42. 159–188.
- Galton, Antony (1993). Towards an integrated logic of space, time and motion. In *Proceedings of the 13th International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI 93), Chambéry, France*. (pp. 1550–1555).
- Galton, Antony (1997). Space, time, and movement. In Stock, Oliviero (ed.), *Spatial and temporal reasoning*. (pp. 321-352). Dordrecht: Kluwer.