

8 Zustandsdiagramm

Inhalt

8.1 Allgemeines	-2
8.2 Darstellung von Zustandsdiagrammen	-4
8.3 Ereignisse	-11
8.4 Verfeinerung	-12
8.5 Komplexer Übergang	-17
8.6 Segmentierter Übergang	-18
8.7 Gesamtbeispiel Fernseher	-19
8.8 Exkurs: Zustandsdiagramme vs. Aktivitätsdiagramme	-20

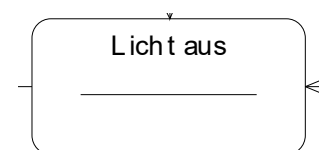
8.1 Allgemeines

- Zustandsdiagramme basieren auf den Konzepten von endlichen Automaten.
- Endliche Automaten entsprechen Maschinen deren Zustandsverhalten nicht nur eine Folgerung des aktuellen Inputs, sondern auch die Folge mehrerer Inputs aus der Vergangenheit ist.
- Jeder endliche Automat ist durch einen derzeitigen, aktuellen Zustand gekennzeichnet, der das Ergebnis der Vergangenheit festhält.
- Zustandsdiagramme beschreiben die möglichen Folgen von Zuständen, die ein Objekt
 - während seines “Lebenslaufs”, also von seiner Konstruktion bis zu seiner Destruktion, sowie
 - während der Ausführung einer Operation einnehmen kann.

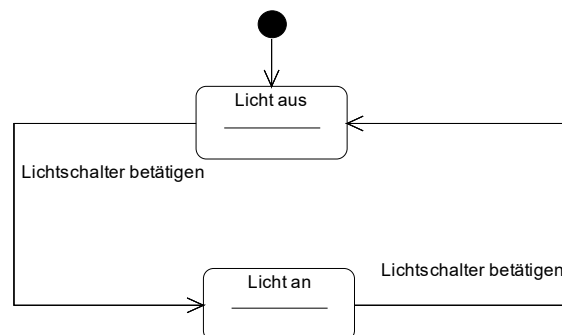
- ❑ Ein Zustandsdiagramm stellt einen Graph dar, dessen Knoten den Zuständen entsprechen, die von Objekten eingenommen werden können; z.B.: eine Lampe kann die Zustände “Licht aus” und “Licht an” einnehmen.
- ❑ Die gerichteten Kanten stellen die möglichen Zustandsübergänge dar; z.B. der Übergang von “Licht aus” zu “Licht an”.
- ❑ Die Zustandsübergänge werden normalerweise von exogenen Stimuli ausgelöst, die als Ereignisse bezeichnet werden; z.B. Betätigung des Lichtschalters.

8.2 Darstellung von Zustandsdiagrammen

- ❑ Ein Zustand wird im Diagramm durch ein Rechteck mit abgerundeten Ecken dargestellt. Dieses Rechteck kann eventuell in zwei Abschnitte unterteilt sein.
- ❑ Im Normalfall wird ein Zustand durch seinen Namen im oberen Abschnitt charakterisiert. Die Angabe eines Namens könnte aber auch entfallen, denn auch zwei unbenannte Zustände gelten grundsätzlich als voneinander verschieden.
- ❑ Der Begriff “Zustand eines Objektes” wird oft mit den Ausprägungen der Attribute und Assoziationen eines Objektes zu einem bestimmten Zeitpunkt gleichgesetzt. Im Kontext von Zustandsdiagrammen verwenden wir jedoch einen weitläufigeren Zustandsbegriff.

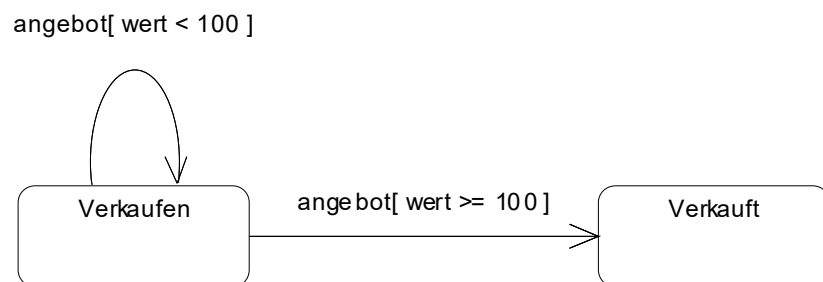


- ❑ Ein Zustand bezeichnet eine Situation in der ein betrachtetes Objekt ein “qualitativ einheitliches Verhalten” aufweist. Ein Objekt kann in einem gewissen Zustand auf äußere Ereignisse auf eine situationsspezifische (= zustandsspezifische) Weise reagieren, wobei diese Reaktion von Fall zu Fall (von Zustand zu Zustand) unterschiedlich sein kann.
- ❑ Objekte verweilen eine gewisse Zeit lang in einem bestimmten Zustand, bis ein Ereignis einen Zustandsübergang auslöst, der dann augenblicklich erfolgt ohne selbst Zeit in Anspruch zu nehmen.
- ❑ Zuständen können daher andauernde Aktivitäten zugeordnet werden, die ausgeführt werden, solange sich das Objekt im jeweiligen Zustand befindet.
- ❑ Übergänge (Transitionen) hingegen können mit sogenannten Aktionen assoziiert werden. Aktionen sind atomare Tätigkeiten, die im Zuge des Zustandsübergangs durchgeführt werden und (konzeptionell) ebenfalls keine Dauer aufweisen.
- ❑ Übergänge (Transitionen) werden durch einen i.a. beschrifteten Pfeil dargestellt, der einen Zustand (Quell- oder Vorzustand) mit dessen Folgezustand (Ziel- oder Nachzustand) verbindet.

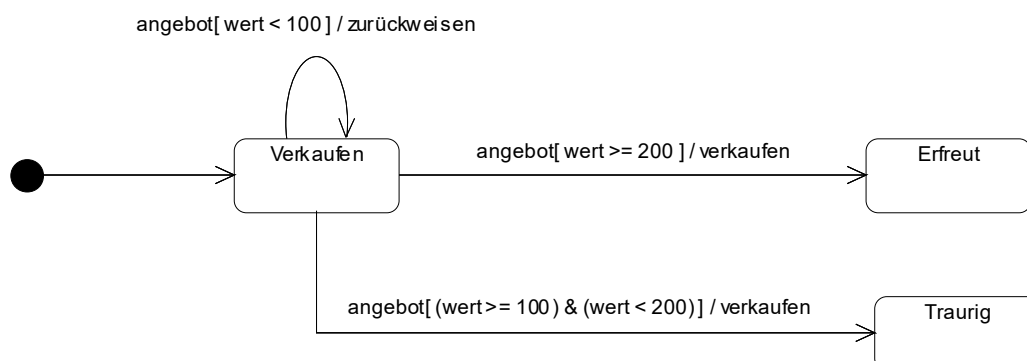


- ❑ Die Beschriftung eines Überganges kann folgende Angaben enthalten:
 - auslösendes Ereignis
 - optionale Bedingung
 - Aktionen
- ❑ Angabe des auslösenden Ereignisses
 - kann durch Argumente näher beschrieben sein.
 - Sobald das Ereignis eintritt (und keine zusätzliche Bedingung angegeben ist), erfolgt der Übergang in den Folgezustand.

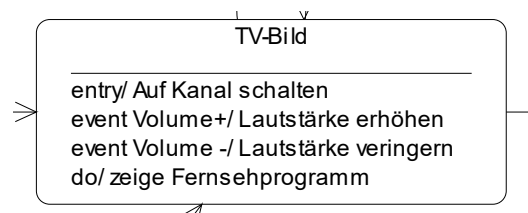
- Angabe einer optionalen Bedingung zur Überwachung des Übergangs.
 - Sobald das Ereignis eintritt und die Bedingung erfüllt ist, erfolgt der Übergang in den Folgezustand.
 - Tritt das Ereignis ein und ist die Bedingung nicht erfüllt, so erfolgt kein Zustandsübergang. Das “nicht konsumierte” Ereignis geht verloren: Selbst wenn die Bedingung später einmal eintritt, muss das Ereignis noch einmal auftreten um zum Übergang zu führen.
- Mit Hilfe einander wechselseitig ausschließender Bedingungen ist es möglich, dass ein und dasselbe Ereignis mehreren Transitionen eines Zustands zugeordnet ist. Tritt das Ereignis ein, so schaltet jener Übergang dessen Überwachungsbedingung erfüllt ist.



- Zur Angabe von komplexen Bedingungen können wie bei Aktivitätsdiagrammen Entscheidungsknoten genutzt werden.
- Ein Übergang kann Aktionen spezifizieren, die im Zuge des Schaltens des Überganges ausgeführt werden. Diese Aktionen können unterschiedlicher Natur sein und in Programmiersprache bzw. in Pseudocode formuliert sein.



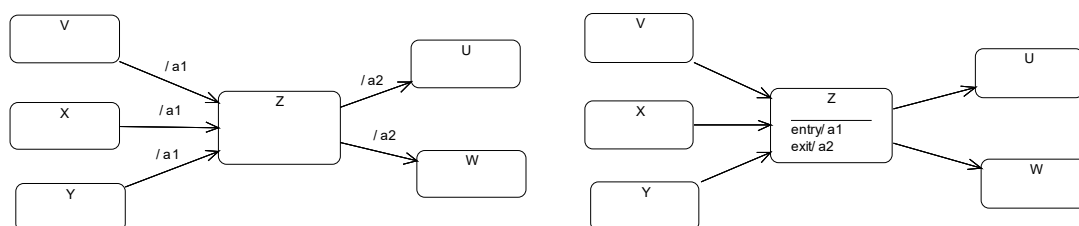
- ❑ Innerhalb eines Zustandes können (im unteren Abschnitt des graphischen Symbols) Angaben über Aktivitäten und sogenannte innere Übergänge enthalten.
- ❑ Eine Aktivität innerhalb eines Zustandes wird nach dem Präfix `do/` angegeben (eventuell mit einer Parameterliste) und kann eventuell durch ein anderes Zustandsdiagramm näher beschrieben werden.
- ❑ Innere Übergänge werden - wie normale Übergänge - von Ereignissen ausgelöst. Sie verlassen aber den aktuellen Zustand nicht. Ihre Spezifikation erfolgt daher innerhalb des Zustandsymbols.
- ❑ Bei inneren Übergängen wird zuerst das Ereignis und dann getrennt durch einen Schrägstrich `/` die Aktion spezifiziert. Dabei können dem Ereignis innerhalb von Klammern eine Argumentenliste und innerhalb von eckigen Klammern bestimmte Überwachungsbedingungen folgen.



- ❑ Bei inneren Übergängen können auch die beiden Pseudoereignisse `“entry”` und `“exit”` angegeben werden:
 - Nach `“entry /”` werden Aktionen angegeben, die immer ausgeführt werden, wenn das Objekt in den Zustand eintritt.
 - Nach `“exit /”` werden Aktionen angegeben, die immer ausgeführt werden sobald das Objekt den Zustand verlässt.

Diese beiden Pseudoereignisse werden dann genutzt, wenn mehr als ein Übergang in den Zustand führt bzw. den Zustand verlässt und bestimmte Aktionen in allen Fällen durchzuführen sind.

- ❑ Sollte ein und dasselbe Ereignis sowohl eine innere als auch eine äußeren Übergang markieren, so wird nur der innere Übergang anstelle des äußeren Übergangs durchgeführt.



- ❑ In Zustandsdiagrammen können folgende Pseudozustände genutzt werden: Startzustand, Entscheidungsknoten, Synchronisationsbalken, sowie Verbindungsstellen, History-Zustände und Synch-Zustände.
- ❑ Als Gegenstück zum Startzustand gibt es in Zustandsdiagrammen auch einen Endzustand (bzw. eventuell mehrere). Der Endzustand ist jedoch kein Pseudozustand, da es dem Objekt möglich sein muss in ihm zu verweilen.

8.3 Ereignisse

- ❑ Ereignisse können unterschiedlicher Natur sein. Ein Ereignis ist in UML als “bemerkenswerte Begebenheit” definiert. Es werden folgende Varianten an Ereignissen unterschieden:
 - SignalEvent
 - CallEvent
 - ChangeEvent
 - TimeEvent
- ❑ Bei einem SignalEvent wird ein Signal von einem anderen Objekt empfangen. Der Ereignisname bezeichnet das Signal.

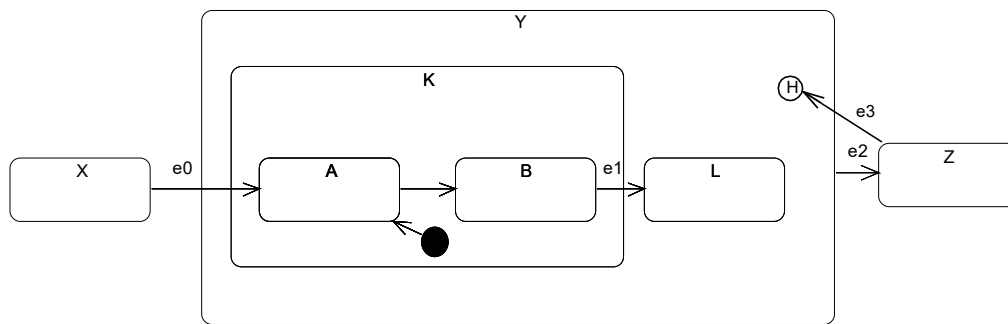
- ❑ Beim CallEvent wird eine Nachricht im Sinne eines Operationsaufrufs empfangen. Der Ereignisname entspricht dem Namen der aufgerufenen Operation.
- ❑ Beim ChangeEvent wird eine bestimmte Bedingung erfüllt. Statt eines Ereignisnamens wird das Schlüsselwort “when” und die Bedingung als logischer Ausdruck angeführt. Das Ereignis tritt ein, sobald der Wert des logische Ausdrucks von falsch auf wahr wechselt.
- ❑ Ein TimeEvent tritt ein falls eine vorgegebene Zeitspanne seit einem bestimmten Ereignis abgelaufen ist. Dabei wird nach dem Schlüsselwort “after” die konstante Zeitspanne und ein optionales Bezugseignis angegeben.

8.4 Verfeinerung

- ❑ Aktivitäten eines Zustandsdiagramms können durch ein weiteres Zustandsdiagramm beschrieben werden. Dies entspricht der Aktivierung eines geschachtelten Automaten.

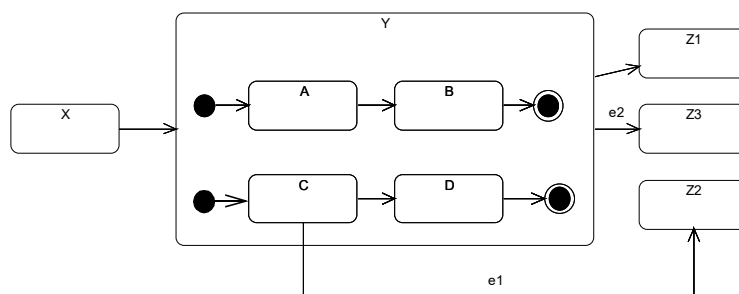
- ❑ Die Zuordnung eines Zustandsdiagramms zu einer Aktivität eines Zustands stellt eine Verfeinerung von Zustandsdiagrammen dar. In UML wird unterschieden zwischen:
 - ODER-Verfeinerung
 - UND-Verfeinerung
- ❑ Bei der ODER-Verfeinerung, in der ein komplexer Zustand in Subzustände zerlegt wird, befindet sich ein Objekt immer in genau einem der Subzustände, sobald es sich im komplexen Zustand befindet.
- ❑ Die ODER-Verfeinerung kommt in zwei Varianten vor:
 - Angabe eines eigenen, getrennten Zustandsdiagramms, das den komplexen Zustand verfeinert. Diese Variante wird meist benutzt um einem komplexen Zustand zugeordnete Aktivitäten (do / ...) näher zu beschreiben.
 - Das erweiternde Zustandsdiagramm kann innerhalb des Zustandsymbols des komplexen Zustands angegeben werden. Dazu kann das Zustandssymbol des komplexen Zustands einen weiteren Abschnitt beinhalten.

- ❑ Bei einer ODER-Verfeinerung kann der Pseudozustand "History-Zustand" genutzt werden, um bei Wiedereintritt in einen komplexen Zustand in den zuletzt aktiven Subzustand wieder einzutreten.
- ❑ Der mit einem History-Zustand ausgestattete ODER-verfeinerte Zustand führt Buch über den zuletzt aktiven Subzustand, der bei einem Übergang in den History-Zustand wieder angenommen wird.
- ❑ Sollte von einem History-Zustand ein Übergang ausgehen, so wird dieser nur verfolgt, wenn es sich um den erstmaligen Eintritt in den komplexen Zustand handelt.
- ❑ Ein History-Zustand bezieht sich normalerweise auf alle Zustände der obersten Verfeinerungsstufe innerhalb des komplexen Zustands, der den History-Zustand beherbergt. Wenn in einen Subzustand beliebiger Schachtelungstiefe zurückgegangen werden soll, muss ein "tiefer" History-Zustand verwendet werden.



- Bei UND-Verfeinerung wird ein komplexer Zustand in nebenläufige, gleichzeitig aktive Subzustandsfolgen verfeinert. Jede dieser Subzustandsfolgen wird durch eine strichlierte Linie voneinander getrennt im Zustandssymbol des komplexen Zustands angegeben. Jede dieser Regionen kann benannt sein und enthält ein eigenes Zustandsdiagramm.

- Ein Übergang in den komplexen Zustand einer UND-Verfeinerung bedingt den Start der jeweiligen Subzustandsfolgen.
- Ein UND-verfeinerter Zustand wird auf zwei alternative Arten verlassen:
 - Sobald die Endzustände aller Subzustandsfolgen erreicht worden sind, wird der komplexe Zustand über einen eindeutigen und unmarkierten Übergang verlassen.
 - Existiert ein Übergang von einem Subzustand, der aus dem komplexen Zustand hinaus führt, so wird der komplexe Zustand verlassen, sobald der entsprechende Übergang schaltet. Dies erfolgt ohne Rücksicht auf die anderen nebenläufigen Subzustände, die dadurch ebenfalls verlassen werden.

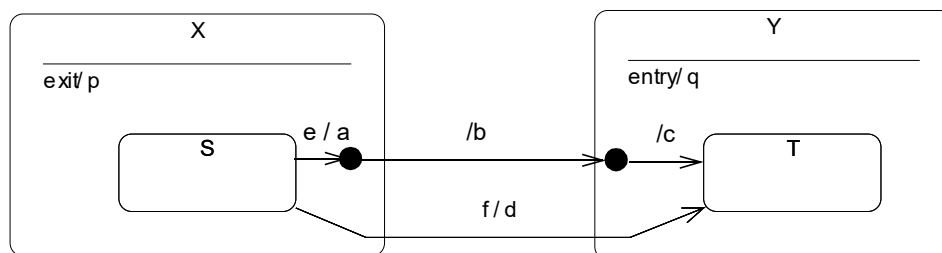


8.5 Komplexer Übergang

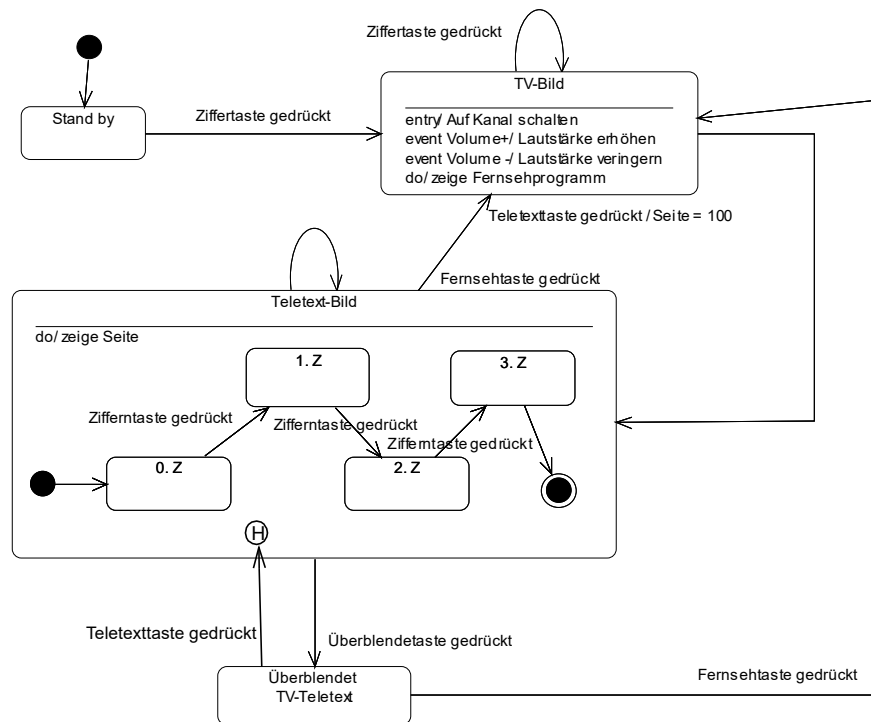
- ❑ Bei der UND-Verfeinerung werden alle Subzustandsfolgen gleichzeitig aktiviert und starten mit ihrem "Startzustand".
- ❑ Eine Zustandsfolge kann jedoch auch mit Hilfe von Synchronisationsbalken (siehe Aktivitätsdiagramme) aufgespalten werden.
- ❑ Diese Form von komplexen Übergängen ist jedoch bei Zustandsdiagrammen weniger üblich als bei Aktivitätsdiagrammen.

8.6 Segmentierter Übergang

- ❑ Auch bei sequentiellen (nicht-verzweigenden) Zustandsfolgen können mehrere einzelne Übergänge zu einem komplexen Übergang zusammengefasst werden.
- ❑ Die einzelnen Segmente (oder Teilübergänge) werden durch Verbindungsstellen miteinander verknüpft und können jeweils Überwachungsbedingungen und Aktionen tragen. Von einer Verbindungsstelle ausgehende Übergänge dürfen jedoch keine Ereignisse markieren.



8.7 Gesamtbeispiel Fernseher



8.8 Exkurs: Zustandsdiagramme vs. Aktivitätsdiagramme

- Modellierung von Prozessen kann erfolgen an Hand von:
 - Kontrollfluss
 - Datenfluss bzw. Objektfluss
 - Automaten
- Der Unterschied in den drei Modellen ist die Art und Weise wie ein Prozess initiiert wird
- Kontrollfluss:
 - Jeder Schritt (Aktivität) wird erst nach Vollendung des vorhergehenden Schrittes gestartet
 - ... unabhängig von den vorhandenen Inputs.
 - Der Schwerpunkt liegt auf der Reihenfolge der einzelnen Schritte.
- Datenfluss bzw. Objektfluss:
 - Jeder Schritt wird durchgeführt, wenn alle Inputdaten vorhanden sind
 - ... und nur wenn alle Inputdaten vorhanden sind.
 - Schwerpunkt liegt auf den Daten die zwischen den Schritten fließen

□ Endliche Automaten:

- Jeder Schritt wird durchgeführt, wenn vom Automaten ein Hie vend erkannt wird
- ... unter Verwendung der Inputs, die der Hie vend liefert
- Schwerpunkt liegt auf der Reaktion auf Ereignisse



Literatur und Quellen:

- [OMG 2015] OMG Unified Modeling Language™ (OMG UML), Version 2.5
Normative Reference: <http://www.omg.org/spec/UML/2.5>
OMG Document Number formal/2015-03-01
- Kapitel 4.3 in:
Martin Hitz, Gerti Kappel, Elisabeth Kapsammer, Werner Retschitzegger:
UML @ Work - Objektorientierte Modellierung mit UML2.
dpunkt Verlag 2005 / 3. aktualis. u. überarb. Aufl. 2005.
ISBN-13: 9783898642613 ISBN-10: 3898642615
- Tool zur Vertiefung: BEE-UP Modelling Tool:
<http://austria.omilab.org/psm/content/bee-up/info>
<http://www.omilab.org/web/guest/omilab-in-education/cmmc>