

Software Engineering eingebetteter Systeme WS 2020/21

Prof. Dr. Sabine Glesner

Verena Klös, Paul Kogel, Julian Klein

1. Hausaufgabe (15 Punkte)

Bearbeitungsbeginn: 17.11. Abgabe: 16.12.

*Dies ist die erste von zwei bewerteten Hausaufgaben. Sie muss in Gruppen von jeweils 2 Studierenden bearbeitet werden. Eine **alleinige** Bearbeitung ist nicht möglich. **Ihr müsst die Hausaufgabe in der Gruppe bearbeiten, die ihr auf ISIS gewählt habt.***

In dieser Aufgabe sollt ihr ein Pflanzenversorgungssystem für einen Bauernhof mit YAKINDU Statecharts modellieren. Im Folgenden findet ihr die Spezifikation des Versorgungssystems¹. Im Anhang findet ihr außerdem Beispiele für erwartetes Verhalten des Systems und eine Liste mit Signalen, die ihr verwenden müsst.

- a) **Modelliert das gesamte Pflanzenversorgungssystem mit YAKINDU Statecharts.** Nutzt Hierarchie und Nebenläufigkeit, wo möglich. Verwendet interne Variablen und Signale, um mit nebenläufigen Komponenten zu kommunizieren.

Wir geben für diese Aufgabe ein YAKINDU-Projekt vor. Das findet ihr auf ISIS zum Download. Ihr müsst eure Lösung in der Datei `smartfarm.ysc` entwickeln. Lösungen in anderen Dateien berücksichtigen wir nicht.

Haltet unbedingt folgende Punkte ein:

- Nutzt zur Kommunikation mit den Sensoren und Aktoren ausschließlich die Signale aus unseren Interfaces.
- Verändert unsere Interfaces nicht. Fügt auch keine eigenen Interfaces hinzu.
- Verändert die Semantik der Vorlage (*EventDriven* ohne *SuperSteps*) nicht.
- Verwendet keine Choices oder Synchronizations.
- Verwendet keine Events in Guards. Verwendet auch keine Transitionen ohne Trigger zwischen Zuständen.

Haltet ihr mindestens einen dieser Punkte nicht ein, bewerten wir eure Abgabe mit 0 Punkten. Ihr dürft **interne** Variablen und Signale (Keyword **internal**) definieren und verwenden.

Wir **bewerten** eure Lösung automatisiert und gestaffelt:

- Grundlegende Funktionalität vorhanden: 8 Punkte
- Grundlegende Funktionalität vorhanden und Randfälle abgedeckt: bis zu 7 Punkte

Unsere Vorgabe enthält SCT Unit Tests, mit denen ihr prüfen könnt, ob euer Model unsere Grundanforderungen erfüllt. Sind diese Tests erfolgreich, erhaltet ihr 8 Punkte. **Schlägt mindestens ein Testfall fehl, werten wir eure Abgabe mit 0 Punkten.**

Erfüllt eure Lösung unsere Grundanforderungen, könnt ihr **bis zu 7 weitere Punkte** erhalten. Dazu muss euer Modell die Spezifikation auch in Randfällen präzise umsetzen. Dies testen wir mit weiteren Tests. Diese Tests veröffentlichen wir nicht. Ihr erhaltet Punkte für jeden abgedeckten Randfall.

Allgemeine Hinweise

Abgabe

Verpackt zur Abgabe des **YAKINDU Statecharts** das Projekt als **.zip**-Datei und gebt diese auf ISIS ab. Abgaben müssen bis spätestens 16.12.2021 um 23:55 erfolgen. Einreichungen per Mail werden **nicht** berücksichtigt!

¹Alle Angaben in dieser Spezifikation sind fiktiv. Bitte versorgt eure Pflanzen nicht wie in diesem Text beschrieben!

Täuschungsversuche/Plagiate

Jeder Versuch, die Leistung einer Person, die nicht zu eurer Gruppe gehört, als eure eigene Leistung auszugeben, ist ein Täuschungsversuch. Dazu zählt beispielsweise:

- Mit einer anderen Gruppe zusammenarbeiten
- Code/Modelle einer anderen Gruppe teilweise oder vollständig übernehmen

Plagiate sind **unfair** allen ehrlichen Studierenden gegenüber. Wir setzen moderne Software ein, die solche Plagiate in euren Abgaben findet. Habt ihr plagiiert, fällt ihr **sofort mit einer 5.0** durch das Modul. Die Corona-Freiversuchsregelung gilt bei Täuschungsversuchen nicht.

Hilfe erhalten

Eine Spezifikation in natürlicher Sprache ist nicht immer eindeutig. Habt ihr Fragen zum Verständnis der Hausaufgabe oder auch zur allgemeinen Organisation, könnt ihr uns auf vielfältige Weise erreichen. **Der beste Ort für eure Fragen ist unser ISIS Forum zur Hausaufgabe. Stellt eure Fragen am besten zuerst dort, da so auch alle anderen Gruppen von den Antworten profitieren!** Außerdem heißen wir euch in unseren wöchentlichen Sprechstunden willkommen. Fragen per Mail beantworten wir nicht.

Spezifikation

Ein Bauernhof baut Feldsalat, Kürbisse und Auberginen an. Die Kürbisse und der Feldsalat wachsen draußen auf jeweils eigenen Feldern. Die Auberginen befinden sich aufgrund ihrer besonderen Bedürfnisse in einem Gewächshaus.

In Zukunft soll eine neue Versorgungsanlage den Betrieb beim Großziehen der Pflanzen unterstützen. Die Anlage besteht aus vier **Komponenten**:

- **Bewässerungssystem** (BWS) mit Wassertank: sorgt für ausreichende Bewässerung der Pflanzen.
- **Pflanzenschutzsystem** (PSS): schützt die Pflanzen vor Schädlingen.
- **Düngungssystem** (DS): düngt die Pflanzen.
- **Klimasteuerung** (KS) mit Heizung und Lampe: regelt Temperatur und Helligkeit im Gewächshaus.

Die Versorgungsanlage kann über Sensoren das aktuelle Wetter, die Außentemperatur und Schädlingsbefall wahrnehmen und so reagieren, dass die Pflanzen ideale Voraussetzungen zum Wachsen haben.

Für das **Wetter** gilt Folgendes:

- Es gibt folgendes Wetter: *sonnig, bewölkt, stark bewölkt, dunkel*
- Das aktuelle Wetter kann jederzeit durch **Regen** unterbrochen werden:
 - Hört der Regen auf, tritt das vorherige Wetter wieder ein. Ist es zum Beispiel bewölkt und fängt es an zu regnen, ist es wieder bewölkt, sobald der Regen endet.
 - Regenbeginn und -ende wechseln sich immer ab. Nach Regenbeginn kann also erst nach Ende dieses Regens erneut Regenbeginn gemeldet werden (analog für Regenende).
- Außerhalb unseres Systems wird regelmäßig die aktuelle **Außentemperatur** gemessen und in einer Variablen abgelegt. Ändert sich der Wert der Variablen, wird sofort ein Event ausgelöst. Ihr dürft diesen Wert **nicht verändern**.

Tipp: wählt eine geeignete Möglichkeit, um euch das aktuelle Wetter zu merken.

Im Folgenden findet ihr Beschreibungen der einzelnen Komponenten und des Initialzustandes des Systems.

Bewässerungssystem (BWS)

Unser Pflegesystem besitzt ein Bewässerungssystem (BWS), das das Gemüse mit Wasser versorgt:

- Das Bewässerungssystem (BWS) kann für Kürbisse und Feldsalat *aktiv* und *inaktiv* sein. Wenn es regnet, ist das BWS auf den Feldern *inaktiv*. Regnet es nicht, ist es dort *aktiv*. Im Gewächshaus ist das BWS immer *aktiv*.

- Ist das BWS aktiv, bewässert es in regelmäßigen Abständen das Gemüse:
 - **Kürbisse:** Kürbisse haben große Blätter und verbrauchen insbesondere an warmen Tagen sehr viel Flüssigkeit. Deswegen wird das Gießintervall abhängig von der Außentemperatur gesteuert:
 - * Beträgt die Außentemperatur zum Zeitpunkt der Bewässerung mehr als 30°, wird erneut nach 6 Minuten bewässert.
 - * Beträgt die Außentemperatur zum Zeitpunkt der Bewässerung 30° oder weniger, wird erneut nach 8 Minuten bewässert.
 - **Feldsalat:** Feldsalat hat kleinere Blätter als der Kürbis. Er benötigt alle 11 Minuten Wasser, unabhängig von der Außentemperatur.
 - **Auberginen:** Auberginen haben einen enormen Wasserbedarf und müssen alle 95 Sekunden bewässert werden.
- Die Gießintervalle beginnen immer mit Aktivierung des BWS für das jeweilige Gemüse. *Beispiel: es hört soeben auf zu regnen. Der Regen beginnt danach nicht erneut. Das BWS für den Feldsalat wird mit Ende des Regens aktiv und bewässert den Salat 11, 22, 33, usw. Minuten nach Ende des Regens.*

Um Wasserkosten zu sparen, besitzt das BWS einen **Wassertank**, der Regenwasser sammelt:

- Der Wassertank hat eine Kapazität von 5000 ml. Initial ist der Tank leer.
- Jede Bewässerung verbraucht 1000 ml.
- Wenn der Füllstand des Tanks unter 1000 ml liegt, soll eine Warnlampe leuchten. Beträgt der Füllstand mindestens 1 L, soll die Warnlampe nicht leuchten. Wenn der Füllstand unter 1000 ml liegt und eine Bewässerung durchgeführt wird, wird der Wassertank vollständig geleert. Das fehlende Wasser bezieht die Anlage dann automatisch aus der Leitung.
- Beginnt es zu regnen, füllt sich der Wassertank alle 95 Sekunden um 100 ml, bis der Regen endet.
- Der Wassertank kann auch manuell mit 500 ml oder 1000 ml pro Befüllung befüllt werden.

Sobald der Tank voll ist, bleibt der Füllstand bei 5000 ml und das weitere Wasser fließt über. Der Tankinhalt wird zu jedem Zeitpunkt immer maximal von einem Einfluss (*Bewässerung, manuelles Befüllen, Regen*) verändert.

Im Anhang findet ihr Beispielverläufe des Bewässerungssystems.

Pflanzenschutzsystem (PSS)

Das Pflanzenschutzsystem schützt das Gemüse vor Schädlingen:

- **Kürbisse:** hin und wieder werden Kürbisse von Blattläusen befallen. Wird ein Befall gemeldet, wird sofort Pflanzenschutzmittel eingesetzt.
- **Feldsalat:** der Feldsalat hat mehr natürliche Feinde als der Kürbis. Er kann sowohl von Blattläusen als auch von Schnecken befallen werden:
 - Wird ein Befall mit **Blattläusen** gemeldet, wird sofort Pflanzenschutzmittel eingesetzt.
 - Wird ein Befall mit **Schnecken** gemeldet, wird sofort und 20 Sekunden danach Pflanzenschutzmittel eingesetzt. *Wird ein Schneckenbefall gemeldet, kann frühestens 21 Sekunden danach wieder ein Schneckenbefall gemeldet werden.*
- **Auberginen:** das Gewächshaus schützt effektiv vor allen Schädlingen, sodass kein zusätzlicher Pflanzenschutz benötigt wird.

Düngungssystem (DS)

Das Düngungssystem versorgt die Pflanzen mit Nährstoffen:

- Das DS düngt in regelmäßigen Abständen das Gemüse:
 - **Kürbisse**: Kürbisse müssen alle 13 Minuten gedüngt werden.
 - **Feldsalat**: Feldsalat muss nur alle 25 Minuten gedüngt werden.
 - **Auberginen**: Auberginen müssen alle 17 Minuten gedüngt werden.
- **Kürbisse** sind Starkzehrer und müssen kontinuierlich mit Nährstoffen versorgt werden. Regnet es 10 Minuten ohne Unterbrechung, beginnt deswegen ein besonderer **Starkdüngemodus**. Dieser verhindert, dass die Nährstoffe aus dem Boden gewaschen werden:
 - Der Starkdüngemodus überschreibt das normale Düngeintervall. Er löst bei Aktivierung sofort eine Düngung aus und dann alle 5 Minuten.
 - Der Starkdüngemodus endet, sobald der Regen endet. Anders als das Gießintervall beim BWS wird das Düngungsintervall bei Ende des Regens nicht zurückgesetzt. *Die nächste Düngung würde also 13 Minuten nach der letzten Düngung erfolgen, sofern es in dieser Zeit nicht mindestens 10 Minuten regnet.*
 - **Achtung**: Ihr dürft annehmen, dass bei aktiviertem Starkdüngemodus der Regen nie genau zu einem Zeitpunkt endet, zu dem eine Düngung erwartet wird.

Im Anhang findet ihr Beispielverläufe des Düngungssystems.

Klimasteuerung (KS)

Die Klimasteuerung regelt Helligkeit und Temperatur im Gewächshaus.

Um eine hohe Innentemperatur zu halten, ist das Gewächshaus mit einer **Heizung** ausgestattet:

- Die Heizung hat 5 verschiedene Heizstufen: 0 (*aus*), 1 (*gering*), 2 (*mittel*), 3 (*warm*), 4 (*heiß*)
- Die KS passt die Innentemperatur an das Wetter und die Außentemperatur an:
 - **Außentemperatur** > 30 °C:
 - * Wenn es **sonnig** oder **bewölkt** ist, soll **nicht** geheizt werden.
 - * Wenn es **regnet** oder **stark bewölkt** ist, soll **Stufe 1** gewählt werden.
 - * Wenn es **dunkel** ist, soll **Stufe 2** gewählt werden.
 - **Außentemperatur** ≤ 30 °C:
 - * Wenn es **sonnig** ist, soll **Stufe 1** gewählt werden.
 - * Wenn es **bewölkt** ist, soll **Stufe 2** gewählt werden.
 - * Wenn es **regnet** oder **stark bewölkt** ist, soll **Stufe 3** gewählt werden.
 - * Wenn es **dunkel** ist, soll **Stufe 4** gewählt werden.

Weil die Auberginen sehr viel Licht benötigen, besitzt das Gewächshaus zusätzlich eine **Lampe**. Das KS passt die Helligkeit der Lampe an die äußeren Lichtverhältnisse an:

- Die Lampe besitzt 4 Helligkeitsstufen: 0 (*aus*), 1 (*gering*), 2 (*hell*) und 3 (*maximal*)
- Das Wetter bestimmt das **Lichtlevel** im Gewächshaus:
 - sonnig (Lichtlevel 4), bewölkt (Lichtlevel 3), stark bewölkt (Lichtlevel 1) oder dunkel (Lichtlevel 0).
 - Wenn es regnet und es vorher sonnig oder bewölkt war, beträgt das Lichtlevel während des Regens 2.
 - Wenn es regnet und es vorher stark bewölkt oder dunkel war, beträgt das Lichtlevel während des Regens 0.
- Das tatsächliche Lichtlevel im Gewächshaus ergibt sich aus der Summe der Helligkeitsstufe der Lampe und des Lichtlevels im Gewächshaus. Das KS sorgt dafür, dass es zu jedem Zeitpunkt **mindestens 3** beträgt. Um Energie zu sparen, sollte die Helligkeit der Lampe außerdem so niedrig wie möglich sein.

Startzustand

Folgendes kann zu Beginn jedes Tests angenommen werden:

- Die Außentemperatur beträgt 20°C, es regnet nicht und ist sonnig. *Die Lampe im Gewächshaus ist daher bereits aus und die Heizung befindet sich auf Stufe 1.*
- Alle Pflanzen wurden gerade eben bewässert und gedüngt. *Das bedeutet beispielsweise für das Kürbisfeld (ohne Regen und bei einer Außentemperatur unter 30°C): es dauert noch 8 Minuten bis zur ersten Bewässerung und 13 Minuten bis zur ersten Düngung.*
- Alle Pflanzen waren und sind nicht von Schädlingen befallen.
- Der Füllstand des Wassertanks beträgt 0 ml. *Die Warnlampe des Wassertanks ist also bereits an.*

Anhang

Beispielverläufe

Hier sind ein paar beispielhafte Bewässerungs- und Düngungsabläufe für die Kürbisse beschrieben.

Wichtig: in den Abbildungen sind die Zeitachsen nur 30 Minuten lang. Das bedeutet aber **nicht**, dass unsere Testfälle auch nur 30 Minuten simulieren. Getestete Simulationen können weit über 30 Minuten hinaus gehen.

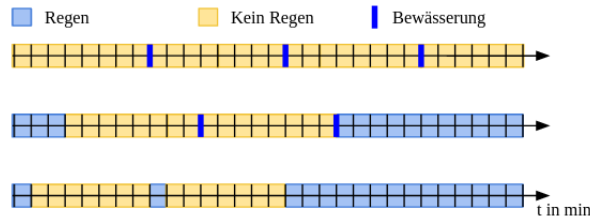


Abbildung 1: Beispielhafter Bewässerungsablauf der Kürbisse

Abbildung 1 zeigt drei Zeitachsen, auf denen die Bewässerungsintervalle für verschiedene Szenarien gezeigt sind. In allen Szenarien beträgt die Temperatur weniger als 30°:

- Auf der ersten Zeitachse regnet es nicht. Deshalb werden die Kürbisse alle 8 Minuten bewässert.
- Auf der zweiten Zeitachse regnet es zu Beginn 3 Minuten lang. Weil Regen als Bewässerung zählt, muss erst 8 Minuten danach wieder bewässert werden. Nach der ersten Bewässerung regnet es volle 8 Minuten nicht. Deshalb muss nach 8 Minuten wieder manuell bewässert werden. Im selben Moment beginnt es zu regnen und weil der Regen bis zum Ende nicht mehr aufhört, muss auch nicht mehr bewässert werden.
- Auf der dritten Zeitachse regnet es zu Beginn für eine Minute. Anschließend regnet es 7 Minuten nicht. Daraufhin regnet es eine Minute. Anschließend gibt es wieder 7 Minuten keinen Regen und danach Dauerregen. Weil es in dieser Simulation niemals 8 Minuten am Stück keinen Regen gibt, muss auch niemals bewässert werden.

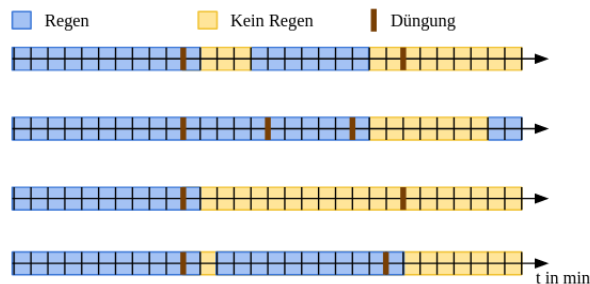


Abbildung 2: Beispielhafter Düngungsablauf der Kürbisse

Abbildung 2 zeigt vier Zeitachsen, auf denen die Düngungsintervalle für drei verschiedene Szenarien gezeigt sind. Auf allen vier Zeitachsen regnet es zunächst 10 Minuten. Deshalb muss die Kürbisdüngung in den Starkdüngemodus gehen:

- Auf der ersten Zeitachse regnet es zunächst 10 Minuten und der Starkdüngemodus wird aktiviert. Also wird sofort gedüngt. Eine Minute später hört es auf zu regnen. Der Starkdüngemodus ist also nicht mehr aktiv. Nach 3 Minuten fängt es wieder an zu regnen. Weitere 7 Minuten später hört es wieder auf zu regnen. Weil der Regen nicht 10 Minuten am Stück anhielt, wurde auch der Starkdüngemodus nicht aktiviert. Deshalb muss wie gewohnt regulär gedüngt werden. Also 13 Minuten nach der letzten Düngung.
- Auf der zweiten Zeitachse regnet es zu Beginn 21 Minuten. Nach den ersten 10 Minuten wird der Starkdüngemodus aktiviert. Es wird also initial nach 10 Minuten Regen gedüngt und danach alle 5 Minuten. Nach 21 Minuten hört der Regen auf und der Starkdüngemodus wird deaktiviert. 13 Minuten nach der letzten Düngung würde dann wieder gedüngt werden.

- Die dritte Zeitachse ist im Prinzip der selbe Ablauf wie die erste Zeitachse, nur dass der zweite Regen fehlt. Das soll nur verdeutlichen, dass Regen, der kürzer als 10 Minuten anhält, den Starkdüngemodus nicht aktiviert und regulär weiter gedüngt werden muss.
- auf der vierten Zeitachse regnet es zu Beginn 11 Minuten. Nach den ersten zehn Minuten Regen wird der Starkdüngemodus aktiviert. Nach den 11 Minuten Regen, regnet es eine Minute lang nicht. Anschließend regnet es wieder 11 Minuten. Nach 10 Minuten Regen, ist der Starkdüngemodus wieder aktiv und wird mit dem Ende des Regens wieder deaktiviert. Die nächste Düngung wäre also 12 Minuten nach Regenende.

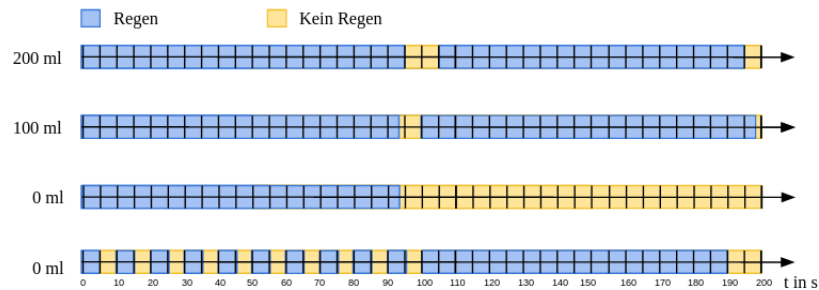


Abbildung 3: Beispielhafter Füllverlauf des Wassertanks bei Regen (*links = Füllstand nach 200 Sekunden*)

Abbildung 3 zeigt vier Zeitachsen, auf denen unterschiedliche Regenintervalle und die zugehörigen Füllstände des Wassertanks gezeigt sind. Der Tank füllt sich bei 95 Sekunden ununterbrochenem Regen jede Sekunde um 100 ml. Zur Vereinfachung gehen wir davon aus, dass die Pflanzen nicht bewässert werden müssen.

- Auf der ersten Zeitachse regnet es zunächst genau 95 Sekunden. Ab diesem Zeitpunkt beträgt der Füllstand 100 ml. Anschließend regnet es 10 Sekunden lang nicht und danach nochmal 95 Sekunden. So beträgt der Füllstand am Ende 200 ml.
- Auf der zweiten Zeitachse regnet es zunächst 94 Sekunden (es könnte hier auch 94.9999 Sekunden regnen). Weil es aber nicht 95 Sekunden am Stück regnet, bleibt der Tank vorerst leer. Anschließend gibt es eine kurze Regenpause und danach regnet es nochmal für etwas mehr als 100 Sekunden. Somit beträgt der Tankinhalt am Ende 100 ml.
- Auf der dritten Zeitachse regnet es wieder für 94 Sekunden. Danach regnet es aber gar nicht mehr. Deshalb bleibt der Tank die ganze Zeit leer.
- Auf der vierten Zeitachse regnet es immer wieder für kurze Zeit. Die Gesamtregenzeit beträgt 150 Sekunden. Weil dieser Regen aber immer wieder unterbrochen wird und es niemals 95 Sekunden am Stück regnet, bleibt der Tank leer.

Signale für YAKINDU Statechart

Eingehende Signale:

Signal	Interface	Bedeutung
regen_start	Wetter	Es beginnt zu regnen.
regen_stop	Wetter	Es hört auf zu regnen.
temperatur	Wetter	Integer-Variable, die die aktuelle Außentemperatur speichert.
temperatur_aenderung	Wetter	Der Wert der Variable <code>temperatur</code> hat sich geändert.
sonnig	Wetter	Ab jetzt ist es draußen sonnig.
bewoelkt	Wetter	Ab jetzt ist es draußen bewölkt.
stark.bewoelkt	Wetter	Ab jetzt ist es draußen stark bewölkt.
dunkel	Wetter	Ab jetzt ist es draußen dunkel.
blattlaeuse	Kuerbisfeld	Das Kürbisfeld wird von Blattläusen befallen.
blattlaeuse	Salatfeld	Das Salatfeld wird von Blattläusen befallen.
schnecken	Salatfeld	Das Salatfeld wird von Schnecken befallen.

Ausgehende Signale:

Signal	Interface	Bedeutung
bewaessern	Salatfeld	Das Salatfeld wird bewässert.
duengen	Salatfeld	Das Salatfeld wird gedüngt.
pflanzenschutz	Salatfeld	Auf dem Salatfeld wird Pflanzenschutz versprüht.
bewaessern	Kuerbisfeld	Das Kürbisfeld wird bewässert.
duengen	Kuerbisfeld	Das Kürbisfeld wird gedüngt.
pflanzenschutz	Kuerbisfeld	Auf dem Kürbisfeld wird Pflanzenschutz versprüht.
bewaessern	Gewaechshaus	Das Gewächshaus wird bewässert.
duengen	Gewaechshaus	Das Gewächshaus wird gedüngt.
heizung	Gewaechshaus	Integer-Variable, die die aktuelle Stufe der Heizung im Gewächshaus angibt.
lampe	Gewaechshaus	Integer-Variable, die die aktuelle Stufe der Lampe im Gewächshaus angibt.
warnlampe	Wassertank	Boolean-Variable, die anzeigt, ob die Warnlampe gerade leuchtet.
auffuellen_500ml	Wassertank	500 ml werden in den Tank gefüllt.
auffuellen_1000ml	Wassertank	1000 ml werden in den Tank gefüllt.