Informatik I: Einführung in die Programmierung

18. OOP: RoboRally als Beispiel

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

Bernhard Nebel

12. Dezember 2014

1 Motivation

Motivation

- OOP kann man an kleinen Beispielen erklären.
- Interessant wird es aber eher bei größeren Beispielen.
- Da sieht man dann etwas vom OOP-Entwurf.
- Multi-Agenten-Systeme (aus der KI) kann man gut nutzen, da sie ja inhärent aus selbständig agierenden Einheiten bestehen
- Einfacher ist vielleicht ein Spiel, bei dem es kleine Roboter gibt
- Außerdem müssen wir ja auch noch ein Weihnachtsgeschenk basteln ...

RoboRally

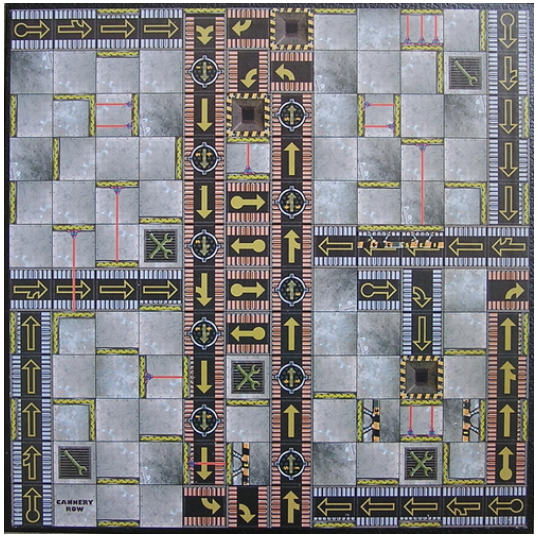
- RoboRally ist ein Brettspiel für 2-8 Personen entworfen von Robert Garfield, herausgegeben von *Wizards of the Coast*, 1994.
- Auszeichnung als bestes Science Fiction/Fantasy Spiel 1994

Die Story

- Als einer von vielen Supercomputern in einer vollautomatischen Fabrik haben Sie es geschafft. Sie sind brillant, leistungsstark, hochentwickelt und... gelangweilt.
- Also machen Sie sich Freude auf Kosten der Fabrik.
- Mit den anderen Computern programmieren Sie Fabrikroboter und lassen sie gegeneinander antreten in wilden, zerstörerischen Rennen über die Fabrikflure. Seien Sie der erste, der die Checkpoints in richtiger Reihenfolge anfährt und *gewinnen* Sie alles: die Ehre, den Ruhm und Neid Ihrer mitstreitenden Computer.
- Aber zuerst muss Ihr Roboter an Hindernissen wie Industrielaser und Fließbändern vorbei und natürlich an den gegnerischen Robotern.
- Aber Vorsicht: Einmal programmiert, lässt sich so ein Roboter nicht mehr stoppen...

2 Die Spielregeln

Ein Spielbrettbeispiel



Die Bestandteile des Spiels

- 8 verschiedene Spielsteine – die Roboter
- 6 verschiedene Spielbretter, die auch zusammen gelegt werden können
- 84 verschiedene Programmierkarten, die Befehle wie *1 Feld vorwärts*, *2 Felder vorwärts*, *Linksdrehung* usw. sowie Prioritäten enthalten
- 26 Optionskarten, und
- zusätzliche Markierungen und Zähler, um die Ziele festzulegen und den Zustand der Roboter abzubilden

Spielablauf

- Es wird das Spielbrett ausgewählt, die nummerierten Checkpoints gesetzt (die nacheinander zu besuchen sind) und die Roboter auf die Startfelder gesetzt.
- Jetzt wird in jeder Runde folgendes gemacht:
  1. Jeder Spieler erhält verdeckt 9 Programmierkarten (außer der Roboter ist abgeschaltet).
  2. Davon wählt er fünf zur Programmierung aus, die er verdeckt in einer Reihe „in die Register 1–5“ hinlegt.
  3. Jetzt muss man ggfs. eine Abschaltung ankündigen.
  4. Dann werden die fünf so genannten Registerphasen 1–5 ausgeführt, in denen die Roboter bewegt und durch die Fabrikelemente und andere Roboter herum geschubst werden.
  5. Steht der Roboter am Ende einer Runde auf einem Reparaturfeld, werden Schäden repariert.
- Man hat gewonnen, wenn man am Ende einer Registerphase den letzten Checkpoint erreicht hat.

Eine Registerphase

1. Es werden die Karten aller Spieler eines Registers umgedreht.
2. Die Karten werden absteigend nach ihrer Priorität geordnet.
3. Beginnend mit der höchsten Priorität, werden die Roboter entsprechend ihrer Programmierkarte bewegt.
4. Danach wirken jeweils die Fabrikelemente auf die Roboter ein (inkl. Laser) und die Roboter schießen mit ihrem Laser auf andere Roboter.
5. Steht ein Roboter jetzt auf einem Checkpoint oder Reparaturfeld, darf er das Feld markieren (mit dem Archivkopie-Marker) bzw. hat gewonnen, wenn er das Zielfeld erreicht hat.

Bewegung des Roboters

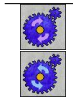
- Es gibt folgende Karten:
  - 1, 2, oder 3 Felder vorwärts,
  - 1 Feld rückwärts,
  - links oder rechts 90° Drehung,
  - 180° Drehung.
- Der Roboter bewegt sich schrittweise auf dem Spielfeld.
- Fällt er dabei in eine Grube, ist er zerstört (er hat allerdings 3 Leben!).
- Fährt er gegen eine Wand, bleibt er stehen.
- Fährt er gegen einen anderen Roboter, wird dieser auf das Nachbarfeld geschubst. Steht der andere Roboter allerdings vor einer Wand, bleiben beide Roboter stehen.
- Üben wir das mal: `http://www.wizards.com/avalonhill/robo_demo/robodemo.asp`

Fabrikelemente (1)

	Offener Bereich: Hier kann sich der Roboter frei bewegen.
	Wand: Hier wird der Roboter (und der Laser) gestoppt.
	Fallgrube (Pit): Kommt der Roboter auf dieses Feld, fällt er in die Grube und ist zerstört. Dies gilt auch, wenn der Roboter das Spielfeld verlässt.
	Förderband (Conveyor belt): Hier wird der Roboter ein Feld in die angezeigte Richtung transportiert.
	Express-Förderband: Der Roboter wird 2 Felder transportiert.
	Drehendes (Express-)Förderband: Der Roboter wird in die angegebene Richtung gedreht, wenn er von einem anderen Förderbandfeld kommt.

Fabrikelemente (2)

Schieber (Pusher): Schiebt den Roboter auf das Nachbarfeld, falls *aktiv* (während der angegebenen Registerphasen).



Drehscheibe (Gear): Der Roboter wird um 90° in die angegebene Richtung gedreht.

Schrottpresse (Crusher): Falls die Presse *aktiv* ist (während der angegebenen Registerphasen), wird der Roboter, der auf diesem Feld steht, zerstört.

Es wird ein Laserstrahl abgeschossen, der alle Roboter auf dem Weg beschädigt, falls sie nicht hinter einer Wand oder einem anderen Roboter stehen.

Checkpunkte und Reparaturfelder: Hier wird am Ende jeder Registerphase eine Archivkopie abgelegt. Am Ende einer Runde wird entsprechend der Anzahl der Schrau-

Fabrikablauf (Schritte)

1. Expressförderbänder bewegen sich um ein Feld.
2. Expressförderbänder und Förderbänder bewegen sich um ein Feld. Kommt es dabei zu Kollisionen zwischen Robotern, werden diese nicht bewegt.
3. Schieber werden aktiv.
4. Drehscheiben drehen sich.
5. Schrottpressen werden aktiv.
6. Die Standlaser und die Robotlaser (zielen nach vorne) werden aktiviert.
7. Danach werden die Checkpoints und Reparaturfelder bearbeitet.

Gleich mal ausprobieren mit Passwort GEARHEAD: `http://www.wizards.com/avalonhill/robo_demo/robodemo.asp`

Beschädigungen

- Bei jedem Lasertreffer gibt es einen Schadenspunkt und bei jede Wiederbelebung zwei.
- Bei 10 Schadenspunkten wird der Roboter zerstört.
- Für jeden Schadenspunkt gibt es eine Programmierkarte weniger.
- Bei mehr als 5 Schadenspunkten werden die Register absteigend von Register 5 gesperrt, d.h. die dort liegende Karte bleibt liegen und wird in jeder Runde ausgeführt.
- Schadenspunkte werden auf Reparaturfeldern reduziert.
- Abschaltung reduziert die Schadenspunkte auf Null.

Zerstörung und Wiederbelebung

- Ein Roboter wird zerstört, wenn er
  1. in eine Grube fährt,
  2. über den Spielfeldrand hinaus fährt,
  3. durch eine Schrottpresse zerkleinert wird, oder
  4. zu viele Schadenspunkte (10) angesammelt hat.
- Der Roboter wird dann sofort aus dem Spiel genommen.
- In der nächsten Runde darf er dann an der Stelle weitermachen, an der die letzte Archivkopie liegt (unter Abzug von zwei Schadenspunkten und einem Lebenspunkt).
- Beginnen zwei Roboter ihren Zug gleichzeitig auf einem Feld, so starten sie virtuell. D.h. sie interagieren mit allen Fabrikelementen, aber nicht mit anderen Robotern und deren Lasern. Sie materialisieren sich vollständig, wenn sie am Ende einer Runde alleine auf einem Feld stehen.

Optionskarten

- Außerdem gibt es noch Optionskarten, die man statt zwei Reparaturpunkten aufnehmen kann.
- Dieses sind z.B. Waffenmodifikation, zusätzliche Waffen, Neuprogrammierung, Modifikation der Aktion usw.
- Wir wollen diese aber im weiteren erst einmal ignorieren.

3 Eine OOP-Analyse

Einschränkungen

- Wir wollen nicht das gesamte Spiel modellieren (zumindest nicht heute).
- Speziell sollen nur folgende Dinge modelliert werden:
  - die *Ausführung einer Programmierkarte*,
  - *freie Plätze, Gruben, Wände, Drehscheiben, Schieber.*
- Die Benutzerschnittstelle soll nur sehr rudimentär bleiben.
  - Einfache Eingabe der Instruktion
  - Ausgabe: Ein Trace der Operationen und u.U. das resultierende Spielfeld.
- Allerdings soll die Programmierung so flexibel erfolgen, dass das Programm einfach erweitert werden kann, um das Spiel letztendlich vollständig abzudecken und eine GUI zu integrieren.

OO-Analyse

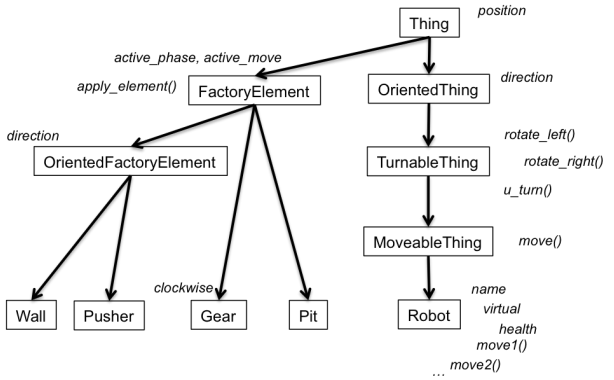
- Man beginnt damit, die verschiedenen Arten von Objekten zu skizzieren,
- eine Vererbungs- und Enthaltenssein-Struktur zu bestimmen,
- Attribute festzulegen,
- und die Operationen/Methoden festzulegen.
- Dafür gibt es eine Menge von formalen Werkzeugen, z.B. UML, ER-Modelle, ...
- Diese formalen Werkzeuge wollen wir hier aber ignorieren ($\rightarrow$ Software-Engineering & Software-Praktikum).
- Wichtig: Es soll kein prozedurales Design sein, bei dem eine zentrale Instanz sequentiell mit riesigen Fallunterscheidungen das Problem löst, sondern die Objekte sollen selbständig ihre Aufgaben lösen!

Objekte in unserem Spiel

- Roboter,
- Aktive Fabrikelemente: Förderbänder, Drehscheiben, ...
- Passive Fabrikelemente: Plätze, Wände, Gruben
- Spielbrett (?),
  - allerdings nur eines
  - soll dies aktiv sein?
  - soll es nach außen hin Services (=Methoden) anbieten?
- Die Spielkontrolle, die den gesamten Spielablauf koordiniert (lassen wir erst einmal weg)

Erste Struktur-Ideen

Wir können alle Klassen, die auf dem Spielplan eine Rolle spielen, in einer Hierarchie anordnen und ihre Methoden und Attribute tentativ festlegen.



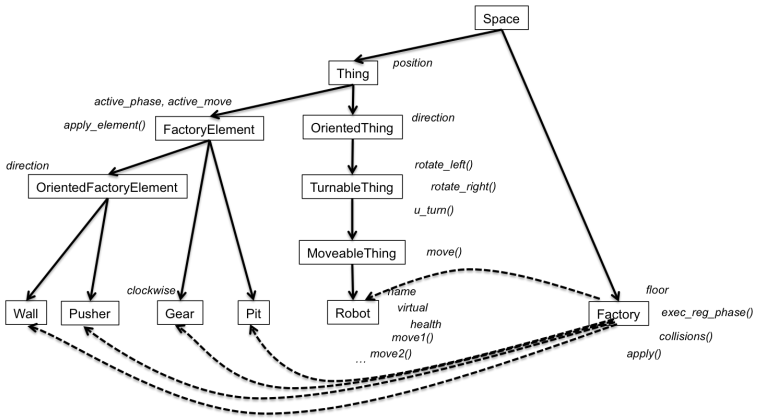
Die `Factory`-Klasse

- Neben den Objekten auf dem Spielfeld benötigt man auch noch ein Objekt, das alle anderen Objekte zusammen fasst, um z.B. die Kommunikation zwischen den Objekten zu ermöglichen.
- Außerdem muss der Ablauf der verschiedenen Phasen und Schritte kontrolliert werden.
- Dafür gibt es die `Factory`-Klasse. Diese enthält das Spielfeld mit all seinen Elementen.
- Vereinfachungen:
  1. Das Spielfeld wird am Anfang so initialisiert, das es durch Gruben (Pits) umgeben ist, so dass das Verlassen des Felds automatisch zum Tod führt.
  2. Für jede Wand auf einem Feld wird die entsprechende Wand im angrenzenden Feld eingeführt.
- Der interessanteste Punkt ist die Zusammenarbeit zwischen der Factory und den Robotern.

Die `Space`-Klasse

- Die Änderung der Orientierung und Bewegung anhand der Orientierung eines Objekts spielen eine zentrale Rolle.
- Erst dachte ich, dass man das in der Klasse OrientedThing lokalisieren könnte, aber das scheint vernünftigerweise nicht möglich zu sein. `Factory` benötigt auch die Operationen.
- Dies ist nun Teil der `Space`-Klasse, die Wurzelklasse ist – unterhalb von `object`, die implizit Python-Superklasse aller Klassen ist.
- Dort gibt es einige statische Methoden.

Finale Klassenstruktur

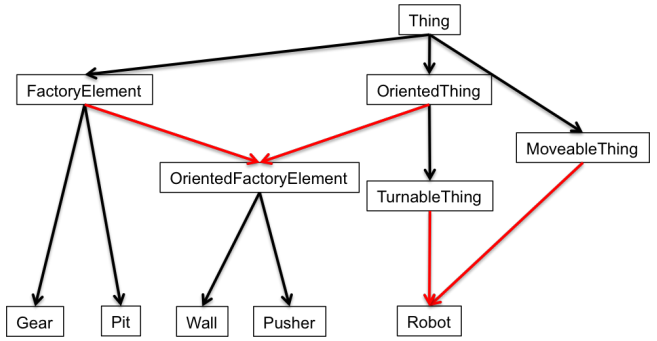


4 Exkurs: Mehrfachvererbung

Exkurs: Mehrfachvererbung

- In dem Klassendiagramm ist auffallend, dass `OrientedThing` und `OrientedFactoryElement` vorkommen, die zweite Klasse aber keine Unterklasse von der ersteren ist.
- Tatsächlich ist die Orientierbarkeit eines Objekts orthogonal zu seiner übrigen Natur (ob Robot oder Fabrikelement).
- Und muss jedes `MoveableThing` auch drehbar sein? Muss es eine Orientierung haben?
- Wäre es da nicht besser, statt einem Vererbungsbaum einen Vererbungsgraphen zu haben?

Mehrfachvererbung: Ein Alternativentwurf



Sowohl `OrientedFactoryElement` als auch `Robot` haben zwei Superklassen!

Mehrfachvererbung in Python

- Mehrfachvererbung ist in Python möglich. Dabei ist das Folgende zu beachten:
  1. Bei der Suche nach dem zu ererbenden Attribut oder zu ererbenden Methode wird die Method-Resolution-Order (MRO) angewandt, bei der alle Unterklassen vor Oberklassen und ansonsten links vor rechts gesucht wird.
  2. Links und rechts ergibt sich durch die Nennung der Klassen in der Liste der Superklassen einer neuen Klasse.
  3. Annahme: Wir haben eine Methode *A* in `FactoryElement` und in `OrientedThing`. Welche wird in `Pusher` ererbt?
  4. Allerdings sollte man im Normalfall solche Konflikte nicht haben, da man ja gerade Klassen kombinieren möchte, die keine Gemeinsamkeiten (außer ihrer Superklasse) haben.

Mehrfachvererbung: `super()` gefährlich

- `super()` ist problematisch:
  1. Bei Erweiterungen von Methoden mit Hilfe von `super()` muss man mit einbeziehen, dass die Signatur (die Parameterstruktur) u.U. unbekannt ist: Man verwende eine kooperative Weise der Bearbeitung der Parameter mit Hilfe von positionalen und Schlüsselwortlisten (*list, **kwlist)
  2. Dies betrifft in den meisten Fällen die `__init__`-Methode.
  3. Es muss immer eine oberste Klasse geben, die den Schluss der `super()`-Aufrufe bildet (bei `__init__` ist das implizit `object`).
  4. Achtung: Wegen der MRO ist es möglich, dass mit `super()` nicht eine Superklasse sondern eine Geschwisterklasse als nächstes aufgerufen wird (z.B. bei `__init__` mit `super()` in allen Klassen im Beispiel: `MoveableThing` nach `OrientedThing`).

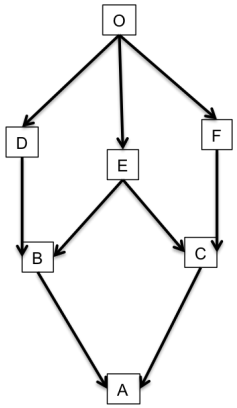
MRO - einfach gemacht

- Im Normalfall kann man die MRO mit den Regeln *links vor rechts* und *Unterklasse vor Oberklasse*, wobei das erste vor dem zweiten angewandt wird, einfach selbst bestimmen.
- Im Beispiel: `Robot`, `TurnableThing`, `OrientedThing`, `MoveableThing`, `Thing`, (`object`).
- Die Standard-Klassenmethode `mro()` gibt die Liste der Oberklassen entsprechend der MRO aus.

Python-Interpreter

```
>>> Robot.mro()
[<class '__main__.Robot'>, <class
'__main__.TurnableThing'>, <class
'__main__.OrientedThing'>, <class
'__main__.MoveableThing'>, <class '__main__.Thing'>,
<class 'object'>]
```


MRO - komplizierter Fall

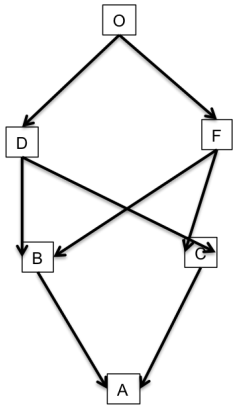


MRO-complex.py

```
class D: pass
class E: pass
class F: pass
class B(D, E): pass
class C(E, F): pass
class A(B, C): pass
```

MRO: A, B, D, C, E, F, O

MRO - hoffnungsloser Fall



MRO-fail.py

```
class D: pass
class F: pass
class B(D, F): pass
class C(F, D): pass
class A(B, C): pass
```

MRO: A, B, C, ? → Python-Fehler

Der C3-Algorithmus

- Wie kann man die Vererbungsstrategie formal beschreiben?
- Die Linearisierung einer Klasse C mit den (geordneten) Superklassen $S_1, \ldots, S_n$, symbolisch $L(C)$, ist eine Liste von Klassen, die rekursiv wie folgt gebildet wird:

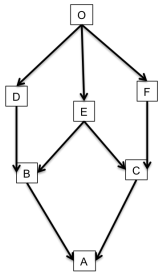
$$L(C) = [C] + merge(L(S_1), \ldots, L(S_n), [S_1, \ldots, S_n])$$

- Die Funktion *merge* selektiert dabei nacheinander Elemente aus den Listen und fügt diese der Linearisierung hinzu.

Die *merge*-Funktion

1. Es wird das erste Elemente (der head) der ersten Liste betrachtet.
2. Taucht dieses nicht als zweites oder späteres Element in einer der späteren Listen auf (im tail), dann wird es zur Linearisierung hinzugenommen und aus allen Listen gestrichen.
3. Ansonsten lässt man die erste Liste so und probiert das erste Elemente der nächsten Liste usw.
4. Nachdem ein Element entfernt wurde, fängt man wieder mit der ersten Liste an.
5. Können so alle Listen geleert werden, ist das Ergebnis die Linearisierung von C.
6. Ansonsten gibt es keine Linearisierung!

Beispiel: Die komplexe Struktur



1. $L(O) = [O]$
2. $L(D) = [D] + merge(L(O), [O]) = [D, O]$
3. $L(E) = [E, O]$
4. $L(F) = [F, O]$
5. $L(B) = [B] + merge(L(D), L(E), [D, E])$
6. $L(B) = [B] + merge([D, O], [E, O], [D, E])$
7. $L(B) = [B, D, E, O]$
8. $L(C) = [C, E, F, O]$ analog
9. $L(A) = [A] + merge(L(B), L(C), [B, C])$
10. $L(A) = [A] + merge([B, D, E, O], [C, E, F, O], [B, C])$
11. $L(A) = [A, B, D, C, E, F, O]$

5 Programmentwurf

Die Space-Klasse (1)

- Es wird das normale kartesische Koordinatensystem angenommen.
- Die Himmelsrichtungen dienen zur Beschreibung der Orientierung.
- Wir müssen die Himmelsrichtungen transformieren können.
- Wir wollen das Nachbarfeld eines gegebenen Feldes bei gegebener Himmelsrichtung bestimmen. D.h. bei 'Nord' wird auf die y-Komponente eins addiert.

Die Space-Klasse (2)

roborally.py

```
class Space:
  left_trans = dict(N="W", E="N", S="E", W="S")
  move_xy = dict(N=(0,1),E=(1,0),S=(0,-1),W=(-1,0))
  def to_left(dir):
    return Space.left_trans[dir]
  def to_back(dir):
    eturn Space.left_trans[Space.left_trans[dir]]
  def to_right(dir):
    return Space.left_trans[Space.left_trans[
                            Space.left_trans[dir]]]
  def neighbour(pos, dir):
    return(pos[0]+Space.move_xy[dir][0],
           pos[1]+Space.move_xy[dir][1])
  neighbour=staticmethod(neighbour)
```


Thing-Klasse

- Alle Dinge (innerhalb der Fabrik) haben eine Position `pos`, die sich natürlich bei beweglichen Dingen ändern kann!

roborally.py

```
class Thing(Space):
    """Each thing has a position on the floor"""
    def __init__(self, x, y):
        self.pos = (x, y)
```

OrientedThing-Klasse

- Alle Dinge, die man orientieren kann, haben eine Richtung `dir`, die sich bei drehbaren Objekten ändern kann.
- Die Position ist als 2-Tupel (x, y) repräsentiert.

roborally.py

```
class OrientedThing(Thing):
    """Anything oriented using cardinal directions
       (N, E, S, W)
    """

    def __init__(self, x, y, dir="N", **kw):
        super().__init__(x, y, **kw)
        self.dir = dir
```


TurnableThing-Klasse

- Alle Dinge, die man drehen kann, können ihre Orientierung ändern.

roborally.py

```
class TurnableThing(OrientedThing):

    def rotate_left(self, *rest):
        self.dir = Space.to_left(self.dir)

    def u_turn(self, *rest):
        self.dir = Space.to_back(self.dir)

    def rotate_right(self, *rest):
        self.dir = Space.to_right(self.dir)
```


MoveableThing-Klasse (1)

- Alle Dinge, die man bewegen kann, haben eine letzte Konfiguration `lastconf` (für das Rücksetzen fehlgeschlagener Operationen).

roborally.py

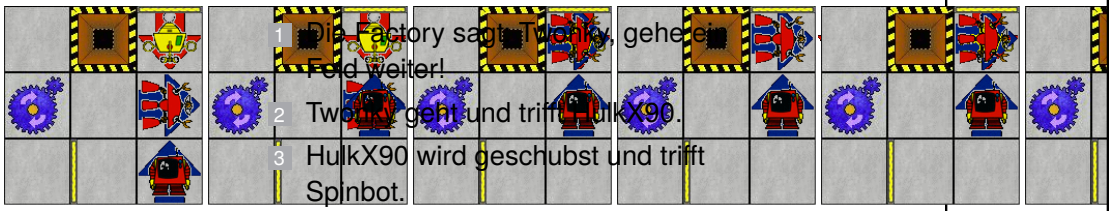
```
class MoveableThing(TurnableThing):

   def __init__(self, x, y, dir="N", **kw):
        super().__init__(x, y, dir, **kw)
        self.lastconf = None  # last conf., i.e. pos and dir
```


MoveableThing-Klasse (2): Prinzipien

- Entweder ist die Bewegung durch einen Agenten initiiert und im Ablauf priorisiert (Programmkarte) oder sie erfolgt parallel für alle Agenten (Förderband).
- Ausgelöst wird die Bewegung durch ein Methodenaufruf aus der `Factory`, wobei das `Factory`-Objekt als Parameter übergeben wird.
- Jeder Agent bewegt sich anhand der Regeln um ein Feld, und schubst u.U. andere Agenten.
- Steht er vor einer Wand, bewegt er sich nicht (das erfährt er von der Factory!)
- Darauf aufbauend werden Kollisionen detektiert und die Bewegungen „rückabgewickelt“
- Diese Methode funktioniert sowohl für die Befehls-Bewegungen als auch die parallel ausführbaren Aktionen.

MoveableThing-Klasse (3): Beispiel



1. Die Factory sagt Twonky, gehe ein Feld weiter!
2. Twonky geht und trifft HulkX90.
3. HulkX90 wird geschubst und trifft Spinbot.
4. Spinbot wird geschubst.
5. Spinbot kann aber nicht weiter.
6. Kollisionsauflösung: HulkX90 muss zurück!
7. Das führt zur Kollision mit Twonky: Muss auch zurück.

MoveableThing-Klasse (4): Eigenständige Bewegung

- Die Programmierkarten können eine Bewegung starten. Nachdem alle implizierten Bewegungen ausgeführt wurden (pushes),ist die Factory dafür verantwortlich, Kollisionen aufzulösen und die Pit-Behandlung zu starten.

roborally.py

```
def startmove(self, dir, factory):
    self.move(dir, factory)
    factory.resolve_conflicts()
    factory.apply('last') # check for pits!
```


MoveableThing-Klasse (5): Allgemeine Bewegung

- Aktive oder passive Bewegung initiiert durch einen programmierten Roboterschritt

roborally.py

```
def move(self, dir, factory):
    oldpos = self.pos
    self.lastconf = (self.pos, self.dir)
    self.pos = Space.neighbour(self.pos, dir)
    factory.apply('after') # check for walls
    if oldpos == self.pos:
        # return if stopped by wall
        self.lastconf = None
        return
    for collider in factory.collision(self):
        # if collision with another robot, push
        collider.move(dir, factory)
```


MoveableThing-Klasse (6): Parallele passive Bewegung

- Alle Agenten werden gleichzeitig bewegt

roborally.py

```
def transport(self, dir, factory):
    self.lastconf = (self.pos, self.dir)
    self.pos = Space.neighbour(self.pos, dir)
    factory.apply('after') # check for walls!
```

MoveableThing-Klasse (7): Konfliktauflösung

- Bei Kollisionen wird die Bewegung zurückgenommen

roborally.py

```
    def resolve(self, factory):
        "Is called after every robot has been moved"
        collider = factory.collision(self)
        if collider:
            for a in collider + [self]:
                a.retract(factory)
        self.lastconf = None
    def retract(self, factory):
        if self.lastconf:
            self.pos = self.lastconf[0]
            self.dir = self.lastconf[1]
            self.lasctconf = None
            for a in factory.collision(self):
                a.retract(factory)
```


Robot-Klasse (1)

- Roboter haben zusätzliche Zustandsattribute und können Befehle ausführen.
- Ihre Druckdarstellung ist ihr Name.

roborally.py

```
class Robot(MoveableThing):
  def __init__(self, x, y, dir="N", name="", **kw):
      super().__init__(x, y, dir, **kw)
      self.name = name
      self.damage = 0
      self.lives = 3
      self.alive = True
      self.virtual = False

  def __str__(self):
      return self.name.upper()
```


Robot-Klasse (2)

- Ein Roboter kann *aktiv* einen Schritt vorwärts oder rückwärts fahren.

roborally.py

```
  def onestep(self, forward, factory):
      "active execution of one step"
      if not self.alive:
          return
      if forward:
          self.startmove(self.dir, factory)
      else:
          self.startmove(Space.to_back(self.dir), factory)
```


Robot-Klasse (3): Die Operationen

roborally.py

```
class Robot(MoveableThing):
   ...
    def move1(self, factory):
        self.onestep(True, factory)
    def move2(self, factory):
        self.onestep(True, factory)
        self.onestep(True, factory)
    def move3(self, factory):
        self.onestep(True, factory)
        self.onestep(True, factory)
        self.onestep(True, factory)
    def backup(self, factory):
        self.onestep(False, factory)
    # rotate cmds are implemented in TurnableThing
```

FactoryElement-Klasse

roborally.py

```
class FactoryElement(Thing):
  active_reg_phase = {1, 2, 3, 4, 5}
  active_steps = { }

  def apply_element(self, agent, factory):
    if (factory.step in
           self.active_steps and
        factory.reg_phase in
           self.active_reg_phases and
        agent.alive):
          self.acton(agent, factory)
  def acton(self, agent, factory):
    raise NotImplementedError("acton undef")
```


Exkurs: Klassen-Interface-Techniken

- Bisher hatten wir als Kombinationsmechanismen für Methoden kennen gelernt:
  1. Von Superklasse ererben und unmodifiziert nutzen.
  2. Die Superklassenmethode durch eigene Methode überschreiben.
  3. Die Superklassenmethode erweitern, durch Aufruf von `super()`.
- Hier haben wir den Fall, dass die Superklasse die Erledigung der Aufgabe an eine Subklasse delegiert. Alle Subklassen müssen die `acton`-Methode implementieren. Sonst sind sie nicht lauffähig.
- Man spricht auch von abstrakten Klassen, die keine Instanzen haben können.

Gear-Klasse

roborally.py

```
class Gear(FactoryElement):
   active_steps = {4}
   def __init__(self, x, y, clockwise=True, **kw):
        super().__init__(x, y, **kw)
        self.clockwise = clockwise
   def acton(self, agent, factory):
        if self.clockwise:
           agent.rotate_right()
        else:
           agent.rotate_left()
```


Wall-Klasse

Ein Mauer schickt den Agenten zurück, falls die Mauer „durchschritten“ wurde.

roborally.py

```
class Wall(OrientedFactoryElement):
  active_steps = {0, 1, 2, 3, 4, 5, 6}
  # We have always the corresponding walls
  def acton(self, agent, factory):
    if agent.lastconf:
      if (agent.lastconf[0] ==
            Space.neighbour(self.pos,self.dir)):
              agent.pos = agent.lastconf[0]
              agent.dir = agent.lastconf[1]
              agent.lastconf = None
```

Finally: Factory-Klasse (1): Initialisierung

roborally.py

```
class Factory(Space):
   def __init__(self, cols=5, rows=5, installs=None):
        self.agents = []
        self.rows = rows
        self.cols = cols
        self.step = 0
        self.reg_phase = 0
        self.floor = dict()
        # ordinary elements
        self.floor['before'] = dict()
        # after move, i.e., walls
        self.floor['after'] = dict()
        # after move completed, i.e., pits
        self.floor['last'] = dict()
        self.init_floor(cols, rows, installs)
```

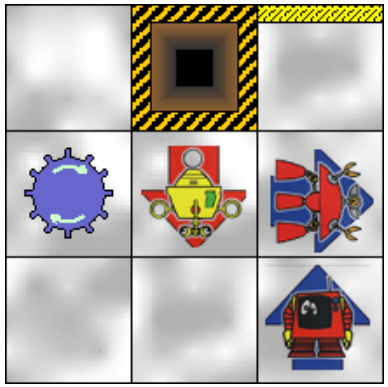

Finally: Factory-Klasse (2): Methoden

roborally.py

```
class Factory(Space):
  def occupied(self, pos, virtual=False):
    # Checks for agents in this field and returns them
    ...
  def collision(self, agent):
    # Checks whether there is something else at pos
    ...
  def apply(self, step=("before","after","last")):
    # Apply all elements to all agents at their pos
    ...
  def exec_reg_phase(self, reg_phase, cmdlist):
    # Execute one register phase
    ...
  def resolve_conflicts(self):
    # Resolve all conflicts after one step
```


6 Ein kleiner Test

Test-Szenario



- Twonky (rechte untere Ecke bei (3, 1)) soll die anderen rumschubsen, sie in den Abgrund stürzen, und ein bisschen Karussel fahren.

Der Test

roborally.py

```
if __name__ == "__main__":
    t = Robot(3, 1, "N", "Twonky")
    s = Robot(2, 2, "S", "Spinbot")
    h = Robot(3, 2, "E", "HulkX90")
    fac = Factory(3, 3,
                  installs=(Wall(3, 3, "N"),
                            Pit(2, 3),
                            Gear(1, 2, True),
                            t, s, h))
    fac.exec_reg_phase(1, (t.move2,))
    fac.exec_reg_phase(2, (t.rotate_left,
                           h.rotate_right))
    fac.exec_reg_phase(3, (t.move2,
                           h.move1, s.u_turn))
```


Der Test: Ein Trace (1)

Python-Interpreter

```
*** Starting register phase 1
MOVE2 command: TWONKY
onestep: TWONKY wants to make 1 step forw. (dir=N)
startmove: TWONKY wants to go from (3, 1) to (3, 2)
move: try move of TWONKY from (3, 1) to (3, 2)
move: try move of HULKX90 from (3, 2) to (3, 3)
onestep: TWONKY wants to make 1 step forw. (dir=N)
startmove: TWONKY wants to go from (3, 2) to (3, 3)
move: try move of TWONKY from (3, 2) to (3, 3)
move: try move of HULKX90 from (3, 3) to (3, 4)
HULKX90 bumped into a wall and is back at (3, 3)
move: HULKX90 cannot move because of an obstacle
retract: send TWONKY back to (3, 2)
```


Der Test: Ein Trace (2)

Python-Interpreter

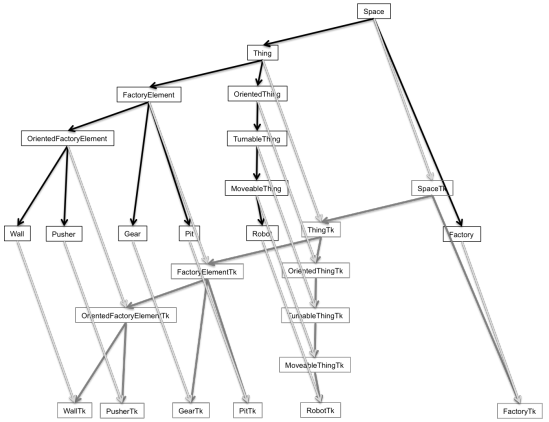
```
*** Starting register phase 2
rotate_left: TWONKY facing now W
rotate_right: HULKX90 facing now S
*** Starting register phase 3
MOVE2 command: TWONKY
onestep: TWONKY wants to make 1 step forw. (dir=W)
startmove: TWONKY wants to go from (3, 2) to (2, 2)
move: try move of TWONKY from (3, 2) to (2, 2)
move: try move of SPINBOT from (2, 2) to (1, 2)
onestep: TWONKY wants to make 1 step forw, (dir=W)
startmove: TWONKY wants to go from (2, 2) to (1, 2)
move: try move of TWONKY from (2, 2) to (1, 2)
move: try move of SPINBOT from (1, 2) to (0, 2)
SPINBOT fell into a pit at (0, 2)
MOVE1 command: HULKX90 . . .
```


7 Erweiterung: Visualisierung

Einbinden von `tkinter`

- Könnten wir nicht einfach eine Visualisierung mit `tkinter` einbinden?
- Kleine Bilder aus dem Netz als GIFs
- Wir brauchen das Modul `PIL` (Python Image Library) um z.B. Rotation von Bildern durchführen zu können. Mit `pip3` das Paket `Pillow` nachladen.
- Den Quelltext des vorhanden Codes ändern?
- Nein: Die Programmlogik ist ja OK. Erweiterung durch neue Subklassen, die die Darstellung behandeln!
- Jede dieser neuen Klasse erbt von der Roborally-Klasse (für die Programmlogik) und von der nächsthöheren Darstellungsklasse.

Neues finales Klassendiagramm



Umsetzung

- Sieht komplizierter aus, als es ist. Einfach Struktur kopieren und dann mechanisch Oberklassen eintragen.
- Massive Mehrfachverbung (in Rauten)
- Jede Menge Importe (inklusive der roborally) notwendig

`roborallyTk.py`

```
rom roborally import *
import tkinter as tk
from PIL import Image, ImageTk
import time
```


Die SpaceTk-Klasse

`SpaceTk`

```
class SpaceTk(Space):

    width = 192
    height= 192
    angle_value = dict(N=0, E=270, S=180, W=90)

    def angle(dir):
        return SpaceTk.angle_value[dir]
    angle = staticmethod(angle)

    # load image from GIF file
    def make_image(filename):
        return Image.open("gifs/" + filename)
    make_image = staticmethod(make_image)
```

Die ThingTk-Klasse

ThingTk

```
class ThingTk(Thing, SpaceTk):
    image = SpaceTk.make_image("thing.gif")

    def __init__(self, x, y, **kw):
        super().__init__(x, y, **kw)
        self.photo = ImageTk.PhotoImage(self.image)
        self.pic_index = 0; self.redraw()

    def redraw(self):
        if self.pic_index:
            cv.delete(self.pic_index); self.pic_index = 0
        if self.pos:
            self.pic_index = cv.create_image(self.pos[0]*64-32+1,
                                             SpaceTk.height-(self.pos[1]*64-32),
                                             image=self.photo)
        cv.update()
```


Wichtige Punkte in der ThingTk-Klasse

- Jedes Objekt besitzt ein (PIL) `image`; defaultmäßig `"thing.gif"`.
- `tkinter` kann mit dem PIL-Bild nichts anfangen, deshalb muss ein `PhotoImage` erzeugt werden.
- Dieses `PhotoImage` kann nicht einfach als Ergebnis an `create_image` übergeben, sondern muss an eine Variable gebunden werden, damit es nicht verschwindet!
- Die `redraw`-Methode löscht das alte Bild, wenn vorhanden, und zeichnet es dann neu an der neuen Stelle.

OrientedThingTk-Klasse

OrientedThingTk

```
class OrientedThingTk(OrientedThing, ThingTk):

    def rotate(self, degree):
        self.image = self.image.rotate(degree)
        self.photo = ImageTk.PhotoImage(self.image)


    def __init__(self, x, y, dir='N', **kw):
        self.rotate(SpaceTk.angle(dir))
        super().__init__(x, y, dir=dir, **kw)
```

- Orientierbare Dinge können in die richtige Richtung gedreht werden!
- Die selbe Methode kann zum dynamischen Reorientieren benutzt werden.

TurnableThingTk-Klasse

TurnableThingTk

```
class TurnableThingTk(TurnableThing, OrientedThingTk):
    def redraw_rotated(self, degree):
        self.rotate(degree); self.redraw()

    def rotate_left(self, *rest):
        super().rotate_left(*rest)
        self.redraw_rotated(90)

    def u_turn(self, *rest): ...

    def rotate_right(self, *rest): ...
```

- Ergänzt die `redraw`-Methoden um das Neuzeichnen nach einer Rotation.

MoveableThingTk

MoveableThingTk

```
class MoveableThingTk(MoveableThing, TurnableThingTk):
    # visualize moves
    def move(self, *l, **kw):
        super().move(*l, **kw)
        self.redraw()

    def transport(self, *l, **kw):
        super().transport(*l, **kw)
        self.redraw()

    def retract(self, *l, **kw):
        super().retract(*l, **kw)
        self.redraw()
```


Roboter und Fabrikelemente

- Der Rest der Klassen ist einfach umzusetzen.
- In der Initialisierung das richtige Bild wählen, ggfs. das Objekt drehen, u.U. bei der Darstellung anpassen.

PitTk

```
class PitTk(Pit, FactoryElementTk):

    image = SpaceTk.make_image("pit.gif")

    def acton(self, agent, factory):
        super().acton(agent, factory)
        cv.delete(self.pic_index)
        self.pic_index = 0
```


Die Fabrik

FactoryTk

```
class FactoryTk(Factory, SpaceTk):
    image = SpaceTk.make_image("openfloor.gif")

    def __init__(self, cols=5, rows=5, **kw):
        self.photo = ImageTk.PhotoImage(self.image)
        for x in range(cols):
            for y in range(rows):
                cv.create_image(x*64+32+1,
                       SpaceTk.height-(y*64+32),
                       image=self.photo, tags="floor")
        cv.tag_lower("floor")
        cv.update()
        super().__init__(cols=cols, rows=rows, **kw)
```


Fabrik-Details

- Beim Erzeugen mit `create_image` haben wir den Bilden eine Markierung (Tag) mitgegeben, unter dem wir alle diese Bilder wieder finden können.
- Am Schluss werden alle Bilder mit dem *Tag* "floor" ganz nach unten gelegt. D.h. alle anderen Bilder liegen über diesen Bildern, wenn sie an der gleichen Stelle sichtbar gemacht werden.
- Jetzt müssen wir bloß noch unser Testprogramm anpassen ...

Ausbaufähigkeit

- Der Anspruch war gewesen, das Design an der Erweiterbarkeit auszurichten.
- Ist das gelungen?
- Viele Fabrikelemente lassen sich leicht integrieren (z.B. Crusher, Portal, Temp-Door)
- Einige brauchen zusätzlichen Aufwand (z.B. Laser)
- Interessant wäre eine Ergänzung um eine GUI ...
- Achtung: Ich habe die Umsetzung als ein Softwareprojekt im fortgeschrittenen Semester gefunden.
- Idee: Die Berechnung einer optimalen Strategie wäre natürlich das, was wirklich interessant wäre – KI