Programmiermethoden der Robotik
Wintersemester 1994/95

Hauptklausur

Name: ______________________

Matr.-Nr.: ______________________

Studiengang:

O Informatik StuPO90 O Techno-und Wirtschaftsmathematik

O Elektrotechnik O Informationstechnik im Maschinenwesen

Informatik PO A mit O Übungsklausur O Prüfungsklausur

____

Unterschrift

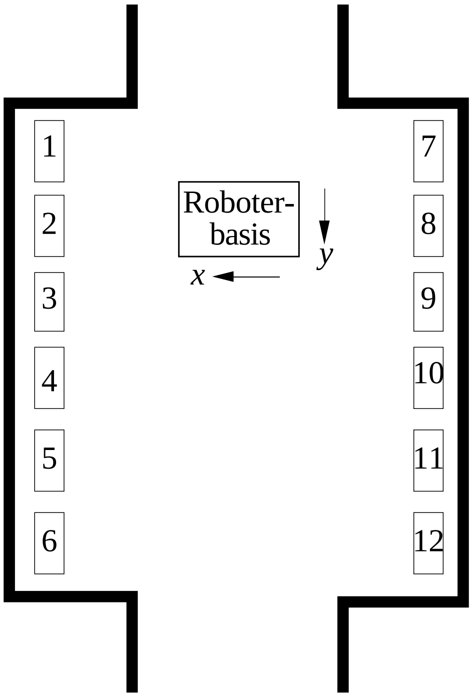
Bestätigen Sie Ihre Angaben bitte mit einer Unterschrift, mit der sie außerdem an Eides Statt versichern, daß Sie im Fach Programmiermethoden der Robotik und PDVROB 3 noch keine Prüfungs- bzw. Übungsleistung erbracht haben. Klausuren, bei denen die verlangten Angaben fehlen, werden *nicht gewertet*.

Bitte sauber und *nicht* mit rotem Stift schreiben! Die Fragen sind genau und in gebotener Kürze (wo möglich: *Stichworte*) zu beantworten. Die Antworten sind auf die Teilfragen zu beziehen. Sowohl Vorder- als auch Rückseite der Aufgabenblätter können zur Beantwortung der Fragen verwendet werden. Weitere Blätter werden bei Bedarf von den Betreuern ausgeteilt. Schreiben Sie auf jedes Blatt Ihren Namen und Ihre Matrikelnummer! Bitte vergewissern Sie sich, daß alle Blätter vorhanden sind. Es werden sechs Aufgaben gestellt, die alle zu bearbeiten sind.

Aufgabe	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**Summe**	**Note**
Max. Punkte	15	22	18	12	15	18	100	
Erreichte Punkte								

Aufgabe 1: AdaIR (15 Punkte)

Mit einem Roboter vom Typ Mitsubishi RV-M1 soll ein modernes Abschleppsystem für Falschparker simuliert werden. Die Simulation beschränkt sich auf einen vorgegebenen Straßenbereich:



Die Autos sollen von ihren Standorten entfernt und an einer zentralen Stelle übereinander gestapelt werden. Zu Beginn wird die Position der Autos 1 und 7 sowie der Ablageort mit Hilfe der Software-Teachbox eingelesen. Als Konstanten sind die Abmaße der Autos (die alle gleich sind) und der vertikale Abstand (also die Größe der Lücke in y-Richtung) zwischen zwei Autos gegeben:

```
C_ABreite:    CONSTANT := ...;
C_ALaenge:    CONSTANT := ...;
C_AHoehe:     CONSTANT := ...;
C_Abstand:    CONSTANT := ...;
```

Alle Plätze für Autos sind jedesmal besetzt. Alle Autos bis auf eins (das Auto des Bürgermeisters, das dort immer im Parkverbot steht) sollen entfernt werden. Die Nummer des Platzes, auf dem sich das Auto des Bürgermeisters befindet, muß jeweils über die Tastatur eingelesen werden.

Schreiben Sie ein AdaIR-Programm, das diese Anforderungen erfüllt. Die zu stapelnden Autos werden durch Klötze dargestellt. Für den Greifvorgang kann direkt der Greifpunkt angefahren werden, eine Approach-Stellung ist also nicht nötig.

Aufgabe 2: STRIPS (22 Punkte)

a) Betrachten Sie das Ihnen als Vorgabe für die Übungen zur Verfügung gestellte Programm STRIPS.PL (siehe auch nächste Seite). Das Programm soll so modifiziert werden, daß Vorbedingungs- und Löschlisten der Operatoren unterschiedlich sein können. Die Operatoren besitzen dann die Form:

```
operator (Operator, Bedingungen, Loeschungen, Add)
```

Die Auswahl eines Operators und das Schreiben in den Keller geschieht dann folgendermaßen:

```
strips( [ Ziel | Ziele ], Zustand, Operationen ) :-
   waehle_op( Ziel, Zustand, Operator ),
   strips( [ Bedingungen, op( Operator, Loeschungen, Add ) | Ziele ],
           Zustand, Operationen ).
```

Wie ist der Teil von STRIPS zur Ausführung eines Operators (im Programmtext umrahmt) zu verändern?

b) Gegeben ist wieder das auf der folgenden Seite abgedruckte Programm.
Es wird um zwei Prädikate ergänzt:

```
test (6, X):- strips ([[on(b,c), clear(a)]],
   [ontable(a), ontable(b), on(c,a), clear(b), clear(c), handempty)],
   X).
test (7, X):- strips ([on(b,c), clear(a)],
   [ontable(a), ontable(b), on(c,a), clear(b), clear(c), handempty)],
   X).
```

Sie unterscheiden sich syntaktisch durch ein Klammerpaar.

(i) Welche unterschiedliche Bedeutung haben diese Prädikate für STRIPS?

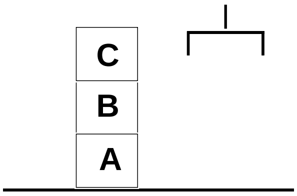
(ii) Zu welchem Zielzustand (komplette Zustandsbeschreibung!) führt die Ausführung des für `test(6,X)` gefundenen Plans?
Geschieht bei `test(7,X)` das gleiche? (Begründung!)

c) *Als Grundlage für diese Teilaufgabe dient der in der Vorlesung vorgestellte STRIPS-Algorithmus und die dort eingeführten Operatoren der Klötzchenwelt.*

Es soll eine Operatorfolge zur Erreichung des Ziels

`ONTABLE(C) ∧ ON(B,C)`

gefunden werden. Der Startzustand ist dabei:



Startsituation

(i) Geben Sie die **Zustandsbeschreibung** und den **Zielkeller** direkt vor der Ausführung des ersten Operators an.

(ii) Welchen **Plan** würde STRIPS für dieses Problem finden und wie lautet die **voll ständige Zustandsbeschreibung** nach Ausführung dieses Plans?

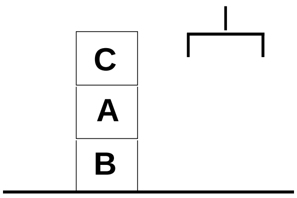
Aufgabe 3: ABSTRIPS (18 Punkte)

Alle Fragen dieser Aufgabe beziehen sich auf den in der Vorlesung vorgestellten ABSTRIPS-Algorithmus mit den zugehörigen Operatoren der Klötzchenwelt.

Mit Hilfe des ABSTRIPS-Algorithmus soll eine Operatorfolge gefunden werden, die ausgehend von der im Bild angegebenen Startstellung zu einer Situation führt, in der das Ziel

ONTABLE(C) ∧ CLEAR(B)

erfüllt ist.



Startsituation

a) Wie lauten die **vollständige Zustandsbeschreibung** und der **Zielkeller** am Anfang der Planung?

b) Welchen **Skelettplan** erzeugt ABSTRIPS in der **obersten** Planungsebene, und wie lautet die hierbei generierte **Zustandsbeschreibung** nach Ausführung der Operatoren?

c) Wie lauten die **vollständige Zustandsbeschreibung** und der **Zielkeller** am Anfang der Planung in der zweiten Ebene?

d) Geben Sie den vollständigen **Plan** an, den ABSTRIPS nach Planung in **allen** Ebenen erzeugt. Wie lautet die **vollständige Zustandsbeschreibung** nach Ausführung der Operatoren?

Aufgabe 4: Temporale Logik (12 Punkte)

1.) In den folgenden Teilaufgaben gelten jeweils die zwischen den Intervallen A und B bzw. zwischen B und C angegebenen Beziehungen. Stellen Sie alle möglichen zeitlichen Relationen zwischen A, B und C graphisch dar. Geben Sie zusätzlich die Beziehung zwischen A und C an, die aus den angegebenen Relationen folgt.

Beispiel: A (f) B, B (fi) C

```
      |—A—|           |—A—|           |—A—|
|————B—|        |————B—|        |————B—|
   |——C—|              |–C–|          |—C—|
```

A (f fi =) C

(Ende des Beispiels)

a) A (m) B, B (f) C

A C

b) A (o)B, B (si) C

A C

c) A (di fi) B, B (<) C

A C

2.)

a) Stellen Sie in der Notation der temporalen Logik dar, daß der Anfang von Intervall A vor dem Anfang von Intervall B liegt.

A B

b) Stellen Sie in der Notation der temporalen Logik dar, daß die Intervalle A und B gleichzeitig beginnen.

A B

Aufgabe 5: (Bewegungsbahnen) (15 Punkte)

Die in dieser Aufgabe verwendeten Notationen und Bezeichnungen beziehen sich auf die Vorlesungsunterlagen.

Für einen aus einem Rotationsgelenk bestehenden Roboterarm soll eine 4-3-4 Bewegungsbahn geplant werden.
Die Bewegung soll bei einem Winkel von 0˚ gestartet werden und bei 36˚ enden. Die Abrückstellung soll bei 2˚ liegen, die Annäherungsstellung bei 34˚.
Das erste Zeitintervall (von der Startposition bis zur Abrückstellung) ist 1s lang, das zweite Zeitintervall 2s, das dritte wieder 1s.
Weiterhin sollen die Anfangs-und Endgeschwindigkeit sowie die Anfangs-und Endbeschleunigung null sein.

Um Ihnen die Berechnungen zu vereinfachen, sind die obigen Parameter so gewählt, daß:

σ=0!!!!

a) Geben Sie die folgenden Größen an:

$\theta_s =$	$^\circ$	$\delta_1 =$	$^\circ$	$t_1 =$	s
$\theta_1 =$	$^\circ$	$\delta_2 =$	$^\circ$	$t_2 =$	s
$\theta_2 =$	$^\circ$	$\delta_3 =$	$^\circ$	$t_3 =$	s
$\theta_z =$	$^\circ$				

$v_0 =$	$^\circ/s$	$a_0 =$	$^\circ/s^2$
$v_1 =$	$^\circ/s$	$a_1 =$	$^\circ/s^2$
$v_2 =$	$^\circ/s$	$a_2 =$	$^\circ/s^2$
$v_z =$	$^\circ/s$	$a_z =$	$^\circ/s^2$

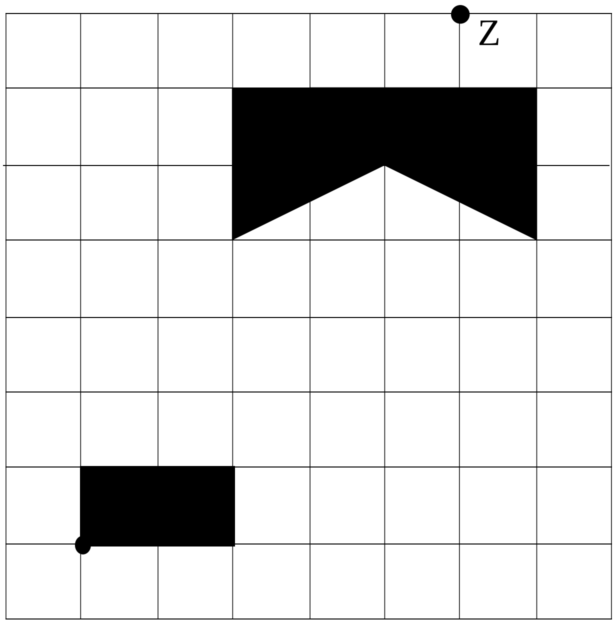
b) Bestimmen Sie die Funktionen für die Position, Geschwindigkeit und die Beschleunigung für die beiden ersten Abschnitte der Gelenkbahn (s. Vorlesungsunterlagen S. 18–19):

$s_1(t) =$	$s_2(t) =$
$v_1(t) =$	$v_2(t) =$
$a_1(t) =$	$a_2(t) =$

c) Welcher Geschwindigkeit besitzt das Gelenk nach der Hälfte der Zeit, die die gesamte Bewegung dauert?

Aufgabe 6 (Kollisionsvermeidung) (18 Punkte)

a) Die untenstehende Skizze zeigt einen rechteckigen Roboter und ein Hindernis im zweidimensionalen Arbeitsraum. Der Roboter kann sich nur translativ bewegen.
Zeichnen Sie das Konfigurationshindernis und den Sichtbarkeitsgraphen in die Skizze. Der Referenzpunkt befindet sich links unten am Roboter. Die Anfangskonfiguration für die Wegplanung sei die, in der sich der Roboter gerade befindet. Der Zielknoten ist oben eingezeichnet und mit einem „Z“ gekennzeichnet. Die Rasterung dient nur als Zeichenhilfe. Der Rand des Arbeitsraums ist **nicht** als Hindernis zu betrachten.



b) *Die in diesem Aufgabenteil verwendeten Notationen und Bezeichnungen beziehen sich auf die Vorlesungsunterlagen.*

Zur kollisionsvermeidenden Wegplanung für einen punktförmigen Roboter ist folgende Potentialfunktion gegeben:

$$U(\mathbf{q}) = U_{an}(\mathbf{q}) + U_{ab}(\mathbf{q})$$

Die Funktionen für das anziehende und abstoßende Potential lauten:

$$U_{an}(\mathbf{q}) = \frac{1}{2}\xi\,\rho_{ziel}^2(\mathbf{q}), \qquad U_{ab}(\mathbf{q}) = \begin{cases} \frac{1}{2}\eta\left(\frac{1}{\rho(\mathbf{q})} - \frac{1}{\rho_0}\right) & \text{für } \rho(\mathbf{q}) \le \rho_0 \\ 0 & \text{für } \rho(\mathbf{q}) > \rho_0 \end{cases}$$

Die Konstanten ξ, η und ρ_0 sind definiert als:

$$\xi := 2,\ \eta := 2000,\ \rho_0 := 4.$$

Die Potentialberechnung soll innerhalb einer Rasterung (s. nächste Seite) erfolgen.

Es existieren zwei (in der Zeichnung schraffierte) Hindernisse. Der Rand wird ebenfalls als ein Hindernis betrachtet (eines, nicht mehrere!). Das Ziel an der Stelle (4,10) ist in der Skizze durch ein „Z“ gekennzeichnet, der Startpunkt an der Stelle (4,3) durch ein „S“.

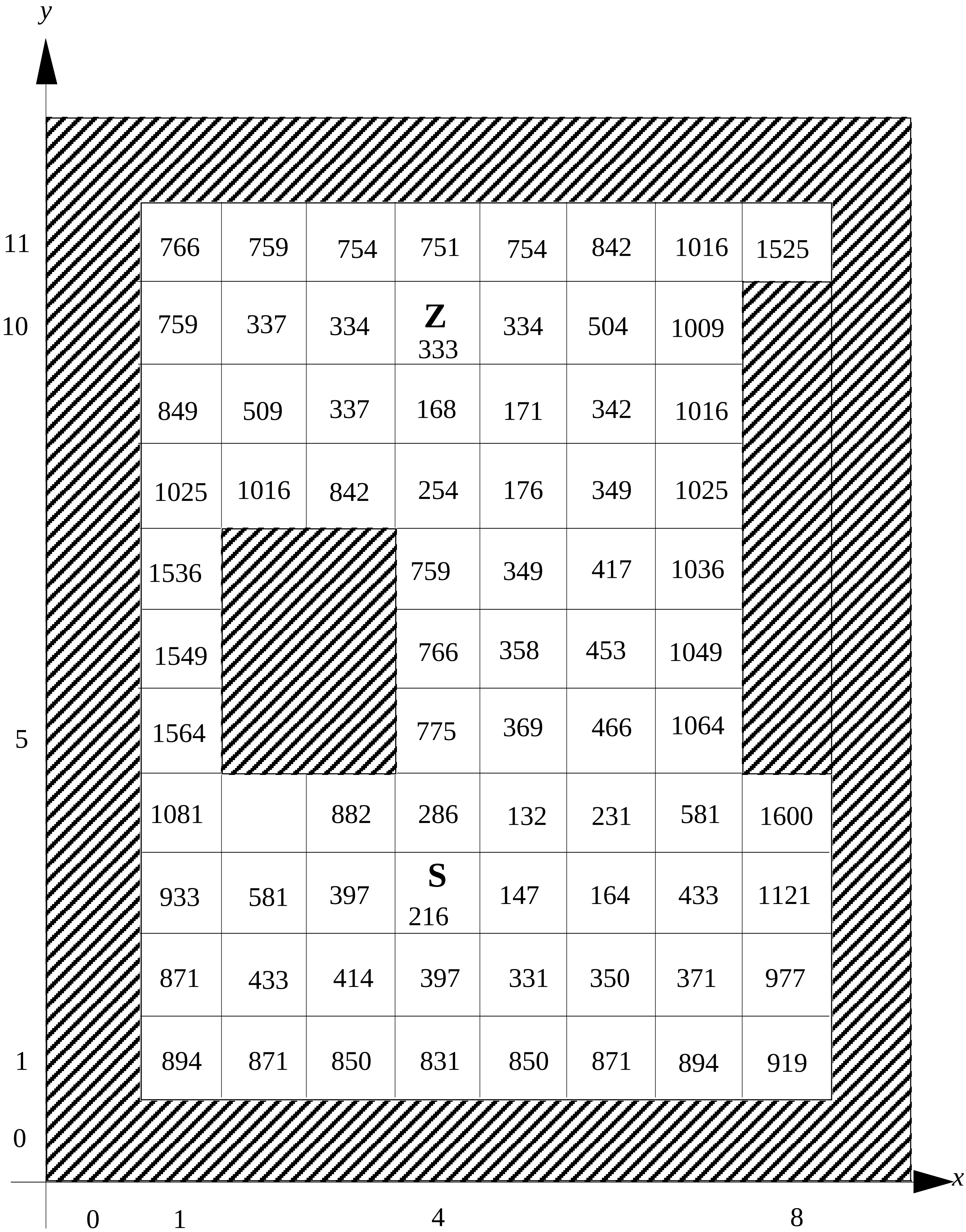
Die Bewegung in der Rasterung soll nur waagerecht und senkrecht, nicht diagonal, möglich sein. Der Abstand zweier Konfiguration $\mathbf{q},\mathbf{q}'$ mit den Koordinaten $(\mathbf{q}_x,\mathbf{q}_y)$, $(\mathbf{q}'_x,\mathbf{q}'_y)$ ist gegeben durch die Anzahl der Schritte, die sie in der Rasterung auseinander liegen:

$$\|\mathbf{q} - \mathbf{q}'\| = |\mathbf{q}_x - \mathbf{q}'_x| + |\mathbf{q}_y - \mathbf{q}'_y|$$

In der Skizze auf der nächsten Seite sind alle Potentialwerte bis auf einen vorgegeben.

(i) Berechnen Sie den fehlenden Potentialwert an der Stelle (2,4). Geben Sie kurz den Rechenweg an.

(ii) Bestimmen sie den Weg von der Start- zur Zielkonfiguration durch Bestensuche. Markieren Sie in der Skizze jedes Rasterelement mit einem Kreuz, dessen Potentialwert im Verlauf der Bestensuche angesehen und gespeichert werden muß. Kennzeichnen Sie den gesamten Suchpfad (auch „Sackgassen“) in der Rasterung durch Linien.


y
11 766 759 754 751 754 842 1016 1525
10 759 337 334 Z 333 334 504 1009
849 509 337 168 171 342 1016
1025 1016 842 254 176 349 1025
1536 759 349 417 1036
1549 766 358 453 1049
5 1564 775 369 466 1064
1081 882 286 132 231 581 1600
933 581 397 S 216 147 164 433 1121
871 433 414 397 331 350 371 977
1 894 871 850 831 850 871 894 919
0
x
0 1 4 8