1. (4 Punkte) (a) Wie verhält sich Beamsearch, wenn die Strahlbreite so groß ist, dass nie etwas abgeschnitten wird?
   (b) Wie verhält sich Beamsearch mit der Strahlbreite 1? Was kann dabei passieren?
   (c) Warum muss die Heuristik bei Beamsearch nicht zulässig sein? Was ändert sich, wenn man statt h die Heuristik $2 \cdot h$ verwendet?
   (d) Wann setzt man Beamsearch statt A* ein?

Lösung:

(a) Dann werden alle Zustände jeder Ebene untersucht, das ist die Breitensuche. Sie findet einen kürzesten Weg.

(b) In jeder Ebene wird nur der Folgezustand mit dem kleinsten h weiter untersucht, ähnlich wie bei Greedy. Der gefundene Weg kann lang sein. Es kann auch passieren, dass alle Folgezustände schon gefunden wurden. Dann wird die frontier leer, und Beamsearch findet keinen Weg, obwohl es einen gibt (so beim 8-Puzzle).

(c) Beamsearch garantiert ohnehin keinen kürzesten Weg. Die Heuristik wird nur zum Sortieren benutzt, sie soll gute Zustände vor schlechte bringen. $2 \cdot h$ sortiert genauso wie h, das Ergebnis ist dasselbe.

(d) Wenn A* zu viel Zeit oder Speicher braucht, z.B. beim 15-Puzzle, oder wenn man keine zulässige Heuristik kennt. Man verzichtet auf die Garantie, den kürzesten Weg zu finden, und bekommt dafür schnell einen meist guten Weg.

2. (3 Punkte) Ein Feld hat die Koordinaten (Zeile, Spalte), das # oben links hat die Koordinaten (0, 0). Die Folgezustände werden in der Reihenfolge oben, unten, links, rechts erzeugt. Beamsearch verwendet die Manhattan-Distanz zum Ziel Z als Heuristik und die Strahlbreite 2. Zustände mit gleicher Bewertung bleiben beim Sortieren in der Reihenfolge, in der sie gefunden wurden.

```
##########
#        #
#       Z#
#   S ####
#        #
#        #
##########
```

   (a) Gib für die Ebenen 1 bis 3 die frontier nach dem Abschneiden an.
   (b) Wie lang ist der Weg, den Beamsearch findet?

Lösung:

(a) Ebene 1: (2, 4) mit $h = 4$, (3, 5) mit $h = 4$
Ebene 2: (2, 5) mit $h = 3$, (1, 4) mit $h = 5$
Ebene 3: (2, 6) mit $h = 2$, (1, 5) mit $h = 4$

(b) 5 Züge: (3, 4), (2, 4), (2, 5), (2, 6), (2, 7), (2, 8)

3. (3 Punkte) Ein Suchproblem hat den Startzustand S und den Zielzustand Z. Die Tabelle gibt die Folgezustände und die Heuristik an.

Zustand	Folgezustände	h
S	A, B	3
A	C	1
B	Z	2
C	D	1
D	Z	1
Z	–	0

   (a) Welchen Weg findet Beamsearch mit der Strahlbreite 1, welchen mit der Strahlbreite 2?

   (b) Ist die Heuristik zulässig? Warum findet Beamsearch mit der Strahlbreite 1 nicht den kürzesten Weg?

Lösung:

(a) Strahlbreite 1: S, A, C, D, Z (4 Züge). Strahlbreite 2: S, B, Z (2 Züge).

(b) Nein. Von B aus braucht man nur einen Zug bis Z, die Heuristik schätzt aber 2. Deshalb ist A mit $h = 1$ scheinbar besser als B. Bei Strahlbreite 1 wird B nach der ersten Ebene aussortiert, und der kurze Weg über B geht verloren.

4. (3 Punkte) Beim 8-Puzzle ist ein Zustand ein Tupel mit den Zahlen von links oben nach rechts unten, die Leerstelle ist die 0. Der Zielzustand ist `(0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8)`. Als Heuristik dient die Manhattan-Summe: für jedes Plättchen die Anzahl der Zeilen und Spalten bis zu seinem Zielplatz, aufaddiert, ohne die Leerstelle.

   Beamsearch mit der Strahlbreite 2 beginnt im Zustand `(3, 1, 2, 4, 0, 7, 6, 8, 5)`.

   (a) Gib die vier Folgezustände und ihre Manhattan-Summen an.

   (b) Welche Zustände bilden die frontier der ersten Ebene?

Lösung:

(a) `(3, 0, 2, 4, 1, 7, 6, 8, 5)`: 7
`(3, 1, 2, 4, 8, 7, 6, 0, 5)`: 7
`(3, 1, 2, 0, 4, 7, 6, 8, 5)`: 5
`(3, 1, 2, 4, 7, 0, 6, 8, 5)`: 5

(b) die beiden mit den kleinsten Summen: `(3, 1, 2, 0, 4, 7, 6, 8, 5)` und `(3, 1, 2, 4, 7, 0, 6, 8, 5)`