1. (6 Punkte) Durch die Dictionaries `nxt` und `blatt` ist ein Spielbaum mit der Wurzel `a` (Max-Knoten) gegeben.

```
nxt = {'a':list('bcd'),'b':list('efg'),'c':list('hij'),'d':list('klm')}
blatt = {'e':3,'f':12,'g':8,'h':2,'i':4,'j':6,'k':14,'l':2,'m':5}
```

   (a) Zeichne den Spielbaum und kennzeichne die Max- und Min-Ebenen.

   (b) Gib an, in welcher Reihenfolge die Knoten ihre Werte erhalten. Gib dazu die Knotennamen zusammen mit den errechneten Werten an (Blätter müssen nicht aufgezählt werden).

   (c) Welches ist der beste Zug für `a`?

   (d) In welcher Reihenfolge besucht der Alpha-Beta-Algorithmus die Blätter? Notiere ein #, wenn ein pruning erfolgt, auch wenn danach kein Kind mehr übrig ist.

2. (6 Punkte) Durch die Dictionaries `nxt` und `blatt` ist ein Spielbaum mit der Wurzel `a` (Max-Knoten) gegeben.

```
nxt = {'a': list('bc'), 'b': list('de'), 'c': list('fg'), 'd': list('hi'),
       'e': list('jk'), 'f': list('lm'), 'g': list('no')}
blatt = {'h':5, 'i':8, 'j':9, 'k':4, 'l':7, 'm':6, 'n':5, 'o':3}
```

   (a) Zeichne den Spielbaum und kennzeichne die Max- und Min-Ebenen.

   (b) Gib an, in welcher Reihenfolge die Knoten ihre Werte erhalten. Gib dazu die Knotennamen zusammen mit den errechneten Werten an (Blätter müssen nicht aufgezählt werden).

   (c) Welches ist der beste Zug für `a`?

   (d) In welcher Reihenfolge besucht der Alpha-Beta-Algorithmus die Blätter? Notiere ein #, wenn ein pruning erfolgt, auch wenn danach kein Kind mehr übrig ist.

3. (4 Punkte) Bei Tic-Tac-Toe sind die Felder so nummeriert:

```
0 1 2        x o x
3 4 5        . o .
6 7 8        x . o
```

Rechts steht die Stellung `[0, 1, 2, 4, 6, 8]`, x (Max) ist am Zug. Die Bewertung ist 1, wenn x gewonnen hat, -1, wenn o gewonnen hat, und 0 bei unentschieden.

(a) Zeichne den vollständigen Spielbaum ab dieser Stellung und bewerte alle Knoten.

(b) Welchen Zug wählt x? Was passiert bei den anderen beiden Zügen?

4. (4 Punkte) (a) Liefert der Alpha-Beta-Algorithmus manchmal einen anderen Wert oder einen anderen besten Zug als der MinMax-Algorithmus? Begründe.

(b) Wovon hängt es ab, wie viel der Alpha-Beta-Algorithmus abschneiden kann?

(c) Wozu dient die Bremse? Welche Anforderung stellt sie an die Funktion `evaluation`?

(d) Der MinMax-Algorithmus liefert für die leere Tic-Tac-Toe-Stellung den Wert 0. Was bedeutet das?

5. (5 Punkte) Auf dem Tisch liegen n Streichhölzer. Zwei Spieler nehmen abwechselnd 1, 2 oder 3 Hölzer weg. Wer das letzte Holz nimmt, hat verloren. Max beginnt.

   Eine Stellung soll das Tupel `(n, am_zug)` sein, wobei `am_zug` entweder `'max'` oder `'min'` ist. Schreibe die Funktionen `nextstates`, `terminal_test` und `evaluation`, so dass man mit `maximize((n, 'max'))` aus dem Unterricht herausfinden kann, ob Max gewinnen kann. Die Bewertung soll 1 sein, wenn Max gewinnt, und -1, wenn Min gewinnt.