

```

public class YourChoice implements PlayConstants {
    private PlayGround ground; private int value;
    private MyChoice[] answer;
    public YourChoice(PlayGround g, int place) {
        ground = new PlayGround(g,place,ME);
        answer = new MyChoice[9];
        value = ME;
        PossibleMoves moves = new PossibleMoves(ground);
        for(int choice = moves.next(); choice!=-1; choice = moves.next())
            if (ground.won(choice,YOU)) { value = YOU; continue;}
            answer[choice] = new MyChoice(ground,choice);
            int win = answer[choice].value();
            if (win < value) value = win;
        }
    }
    ...

```

- Das Interface `PlayConstants` fasst durchgängig benutzte Konstanten zusammen.
- `YOU < NONE < ME` repräsentieren die drei möglichen Ausgänge eines Spiels bzw. Belegungen eines Felds des Spielbretts (-1, 0 und 2).
- Die Klasse `PlayGround` repräsentiert Spielbretter.
- Das aktuelle Spielbrett wird aus demjenigen des Vater-Knotens und dem von `ME` gewählten Zug gestimmt.
- `MyChoice answers[choice]` enthält den Teilbaum für Zug `choice`.
- Das Objekt `PossibleMoves moves` enumeriert alle aktuell freien Positionen für Steine (mindestens eine :-)

Gewinnt der Zug `choice`, wird `value = YOU` gesetzt.

Andernfalls wird `value` auf das Minimum des Werts des Unterbaums `answers[choice]` und des alten Werts gesetzt.

```
...
public int value() { return value;}
public MyChoice answer(int place) {
    return answer[place];
}
} // end of class YourChoice
```

- `public int value();` liefert den Spielwert des aktuellen Spielbaums.
- `public MyChoice answer(int place);` liefert den Spiel-Teilbaum für den Zug `place`.

```
public class MyChoice implements PlayConstants {
    private PlayGround ground;
    private YourChoice yours;
    private int acceptableChoice, value;
    public MyChoice(PlayGround g, int place) {
        ground = new PlayGround(g,place,YOU);
        if (ground.won(place,YOU)) { value = YOU; return; }
        acceptableChoice = ground.force(ME);
        if (acceptableChoice != -1) { value = ME; return; }
        acceptableChoice = ground.force(YOU);
        if (acceptableChoice != -1) {
            yours = new YourChoice(ground,acceptableChoice);
            value = yours.value(); return;
        }
        ...
    }
}
```

- Die Objekt-Methode `int force(int who);` liefert einen Zug, mit dem `who` unmittelbar gewinnt – sofern ein solcher existiert :-), andernfalls -1.
- Der Aufruf `ground.force(ME)` ermittelt einen solchen Gewinnzug für das Programm.
- Falls kein Gewinnzug existiert, liefert der Aufruf `ground.force(YOU)` eine Position, mit der der Gegner in einem Zug gewinnen könnte (was verhindert werden muss :-)
- Nur wenn keiner dieser Fälle auftritt, überprüfen wir sämtliche Zug-Möglichkeiten ...

```

...
PossibleMoves moves = new PossibleMoves(ground);
int tmp = moves.next();
if (tmp == -1) { value = NONE; return;}
value = YOU; do { acceptableChoice = tmp;
    yours = new YourChoice(ground,acceptableChoice);
    if (yours.value() > YOU) { value = yours.value(); return; }
    tmp=moves.next();
} while (tmp != -1);
}
public int value() { return value;}
public int acceptableChoice() { return acceptableChoice; }
public MyChoice select(int place) {
    return yours.answer(place);
}
} // end of class MyChoice

```

- Bei der Iteration über alle Zug-Möglichkeiten geben wir uns bereits mit einem **akzeptablen** Zug zufrieden, genauer gesagt: dem ersten, der mindestens **unentschieden** liefert.

Der Grund:

als **nachziehender** können wir (bei Tic-Tac-Toe und gegen einen optimalen Gegner) nichts besseres erreichen :-)

- `public int value();` liefert wieder den Spiel-Wert des Spielbaums.
- `public int acceptableChoice()` liefert einen akzeptablen Zug und
- `public MyChoice select(int place)` liefert bei gegebenem Spielzug für den akzeptablen Zug und die Antwort `place` des Gegners den nächsten Teilbaum.

2.3 Die Klasse Game

Die Klasse Game sammelt notwendige Datenstrukturen und Methoden zur Durchführung eines Spiels.

```
public class Game implements PlayConstants {
    public PlayGround ground = new PlayGround();
    private int count = 0;
    private MyChoice gameTree;
    public int nextMove(int place) {
        if (count == 1)
            gameTree = new MyChoice(ground,place);
        else gameTree = gameTree.select(place);
        return gameTree.acceptableChoice();
    }
    ...
}
```

- `PlayGround ground` enthält die jeweils aktuelle Spiel-Konfiguration.
- `int count` zählt die Anzahl der bereits ausgeführten Züge.
- `MyChoice gameTree` enthält eine Repräsentation der ME-Strategie.
- `public int nextMove(int place)` liefert den Antwort-Zug auf den YOU-Zug `place`:
 - War `place` der erste YOU-Zug, wird ein `MyChoice`-Objekt `gameTree` für das verbleibende Spiel angelegt.
 - Bei jedem weiteren Zug wird `gameTree` auf die gemäß `place` ausgewählte Teil-Strategie gesetzt.
 - Den nächsten ME-Zug liefert jeweils `acceptableChoice` in `gameTree`.

```
...
public boolean possibleMove(int place) {
    if (count%2 == 1) return false;
    return (ground.free(place));
}
public boolean finished() { return (count == 9);}
public void move(int place,int who) {
    count++;
    ground.move(place,who);
}
} // end of class Game
```

Weitere nützliche Methoden:

- `boolean possibleMove(int place)` überprüft, ob der Zug `place` überhaupt möglich ist;
- `public boolean finished()` überprüft, ob bereits 9 Züge gespielt wurden;
- `public void move(int place, int who)` erhöht den Zug-Zähler und führt den Zug auf dem Spielfeld `ground` aus.

2.4 Die graphische Benutzer-Oberfläche

Idee:

- Unbesetzte Felder repräsentieren wir durch Button-Komponenten.
- Die Knöpfe werden in einem (3×3) -Gitter angeordnet.
- Wird ein Zug ausgeführt, wird der entsprechende Knopf durch eine (bemalte) Canvas-Fläche ersetzt.

```
import java.awt.*;
import java.awt.event.*;
class MyButton extends Button {
    private int number;
    public MyButton(int i) {
        number = i;
        setBackground(Color.white);
    }
    public int getNumber() { return number;}
} // end of class MyButton
```

- MyButton erweitert die Klasse Button um die Objekt-Variable `int number`.
- `number` wird vom Konstruktor gesetzt und mit `int getNumber()` abgefragt.

```

public class Arena extends Frame {
    private MoveObserver moveObserver;
    public Arena() {
        setBackground(Color.blue);
        setSize(300,300); setLocation(400,400);
        setLayout(new GridLayout(3,3,3,3)); start();
    }
    public void start() {
        removeAll();
        moveObserver = new MoveObserver(this);
        for (int i=0; i<9;i++) {
            MyButton b = new MyButton(i);
            b.addActionListener(moveObserver); add(b);
        }
    }
}

```

- Arena ist die Unterklasse von `Frame`, in der wir das Spielfeld anlegen.
- Dazu wählen wir das `GridLayout` als Layout-Manager.
- `public GridLayout(int row, int col, int cs, int rs);`
konstruiert ein `GridLayout`-Objekt mit `row` Zeilen, `col` Spalten sowie den Abständen `cs` und `rs` zwischen den Spalten bzw. Zeilen.
- Zu der Arena fügen wir neun (durch-numerierete) `MyButton`-Komponenten hinzu.
- Gemeinsamer `ActionListener` für sämtliche Knöpfe ist das `MoveObserver`-Objekt `moveObserver`.
- `public void removeAll();` beseitigt sämtliche Komponenten eines Containers.

```

...
public void move(int place, Canvas canvas) {
    remove(place); add(canvas, place);
}
public static void main(String[] args) {
    Arena arena = new Arena(); arena.setVisible(true);
}
} //end of class Arena

```

- `public void move(int place, Canvas canvas);` ersetzt die Komponente an der Stelle `place` durch die Canvas-Komponente `canvas`.
- `public void remove(int i);` beseitigt die `i`-te Komponente eines Container-Objekts.
- `public void add(Component c, int i);` fügt die Komponente `c` als `i`-te Komponente ein.

2.5 Beantwortung eines Zugs

Beachte:

- Ziehen der Tic-Tac-Toe-Spielerin heißt Drücken eines Knopfs.
- Drücken eines Knopfs löst einen `ActionEvent` aus.
- Die Klasse `MoveObserver` verarbeitet die Ereignisse.
- Aufgabe eines `MoveObserver`-Objekts ist es, das Spielfeld zu modifizieren und einen Antwort-Zug zu liefern, d.h. zu finden und dann anzuzeigen.

```
import java.awt.*;
import java.awt.event.*;
public class MoveObserver implements
        ActionListener, PlayConstants {
    private Game game; private Arena frame;
    public MoveObserver(Arena a) {
        game = new Game(); frame = a;
    }
    public void actionPerformed(ActionEvent e) {
        MyButton button = (MyButton) e.getSource();
        int place = button.getNumber();
        if (!game.possibleMove(place)) return;
        frame.move(place,new Cross());
        game.move(place,YOU);
        frame.setVisible(true);
        ...
    }
}
```

- Wurde das Feld `place` ermittelt, das die Gegnerin setzte, wird der Knopf an dieser Stelle durch ein neues `Cross`-Element ersetzt.
- Dann wird der Zug auch auf der internen Repräsentation des Spielbretts ausgeführt.
- `frame.setVisible(true);` macht diese Änderung auf dem Bildschirm sichtbar.

```
...
if (game.ground.won(place, YOU)) {
    game.ground.clear();
    (new MyDialog(frame, "You won ...")).setVisible(true);
    return;
}
if (game.finished()) {
    (new MyDialog(frame, "No winner ...")).setVisible(true);
    return;
}
place = game.nextMove(place);
frame.move(place, new Circle());
game.move(place, ME);
frame.setVisible(true);
...
```

- Die Objekt-Methode `public void clear();` der Klasse `PlayGround` verhindert weitere Züge, indem sämtliche Felder auf 3 gesetzt werden (**Hack** – sorry!).
- Falls die Spielerin `YOU` gewonnen hat, beenden wir das Spiel und erzeugen ein Dialog-Fenster der Klasse `MyDialog`.
- Ähnlich verfahren wir, wenn das Spiel nicht verloren, aber zuende ist ...
- Ist das Spiel weder verloren noch zuende, bestimmen wir unseren nächsten Zug.
- Diesen führen wir auf unserer Intern-Darstellung des Spielbretts wie in dem `Arena-Frame` aus.

```
    ...  
    if (game.ground.won(place,ME)) {  
        game.ground.clear();  
        (new MyDialog(frame,"I won ...")).setVisible(true);  
        return;  
    }  
}  
} // end of class MoveObserver
```

- Falls unser Zug zum Gewinn führte, beenden wir das Spiel und erzeugen ein MyDialog-Fenster.

2.6 Ein Dialog-Fenster

Aufgaben:

1. Anzeige des Spiel-Ausgangs;
2. Ermöglichen der Beendigung bzw. Wiederholung des Spiels.

```
import java.awt.*;
import java.awt.event.*;
public class MyDialog extends Frame implements ActionListener {
    private Button repeat, kill; private Arena arena;
    public MyDialog(Arena frame, String string) {
        arena = frame;
        setLocation(200,200); setSize(250,50);
        setBackground(Color.yellow);
        setForeground(Color.blue);
        setLayout(new FlowLayout());
        add(new Label(string));
        repeat = new Button("new");
        repeat.addActionListener(this); add(repeat);
        kill = new Button("kill");
        kill.addActionListener(this);    add(kill);
    }
}
```

- `public void setForeground(Color c);` setzt die aktuelle Vordergrund-Farbe auf `c`. Schrift erscheint dann z.B. in dieser Farbe.
- Wir legen ein neues Fenster mit gelbem Hintergrund und blauem Vordergrund an.
- Wir benutzen das `FlowLayout`, um Elemente im Fenster zu positionieren.
- Den Kommentar zum Spiel-Ergebnis übergeben wir dem Konstruktor, der es in einem `Label`-Element anzeigt.
- Weiterhin fügen wir zwei Knöpfe für Wiederholung bzw. Beendigung hinzu.
- Gemeinsamer `ActionListener` beider Knöpfe ist das Fenster-Objekt selbst ...

```

...
public void actionPerformed(ActionEvent e) {
    Button b = (Button) e.getSource();
    if (b == kill) { arena.setVisible(false); System.exit(0);}
    else {
        arena.start(); arena.setVisible(true);
        setVisible(false);
    }
}
} // end of class MyDialog

```

- `public void exit(int x);` ist eine Klassen-Methode der Klasse `System`, die die Applikation (mit Rückgabe-Wert `x`) beendet.

- Falls der "kill"-Knopf gedrückt wurde, wird die Applikation beendet.
- Falls der "new"-Knopf gedrückt wurde, wird für arena die `start()`-Methode aufgerufen, d.h. ein neues Game-Objekt angelegt und die Komponenten in arena neu zu Knöpfen initialisiert.
- `setVisible(false);` lässt das Fenster verschwinden.