1 Schierpinski Dreieck 2
1.1 Lösungsidee 2
1.2 Source 3
1.2.1 SchierpinskiTriangleUnit 3
1.2.2 SchierpinskiTriangleUnitTest 7
1.3 Tests 8
1.3.1 Fläche des Dreiecks nach n Iterationen 8
1.3.2 Gesamtlänge der Seitenlängen aller platzierten Dreiecke 10
2 Felderreichbarkeit 12
2.1 Lösungsidee 12
2.2 Source 13
2.2.1 FindPathInRasterUnit 13
2.2.2 FindPathInRasterUnitTest 22
2.3 Tests 26
2.3.1 Reset / PrintGameField 26
2.3.2 SetCell 27
2.3.3 PathExists 27
2.3.4 LengthOfShortestPath 29

1 Schierpinski Dreieck

1.1 Lösungsidee

Für die Berechnung der Fläche eines Schierpinski Dreieck nach n Iterationen soll, vorerst eine Funktion implementiert werden, die die Fläche eines Dreiecks berechnen mittels folgender Formel [((a * b) / 2)] berechnen kann. Die Berechnung der Gesamtfläche alle platzierter Dreiecke im Basisdreieck soll in einem iterativen Algorithmus, welcher in einer inneren Funktion der Hauptfunktion platziert ist, berechnet werden. Dieses Ergebnis soll anschließend in der Übergeordneten Funktion von der Fläche des Basisdreiecks subtrahiert werden.

Die Berechnung der Fläche soll wie folgt berechnet werden:

1. Summiere die Flächen aller Dreiecke, die im Basisdreieck platziert werden können.
2. Subtrahiere diese Fläche von der Fläche des Basisdreieck.

Hierbei soll folgender Ansatz umgesetzt werden:

1. Die Seitenlängen soll wie folgt berechnet werden:
    a. Länge / 2^iterationCount.
        1. Iteration: 1 / 2^1 = 1 / 2 = 0,5
        2. Iteration: 1 / 2^2 = 1 / 4 = 0,25
        3. Iteration: 1 / 2^3 = 1 / 8 = 0,125
2. Die Anzahl der platzierten Dreiecke soll wie folgt berechnet werden:
    a. Anzahl der vorherigen Dreiecke * 3
        1. Iteration: 1 (Sonderfall bei erster Iteration)
        2. Iteration: 1 * 3 = 3
        3. Iteration: 3 * 3 = 9
        4. Iteration: 9 * 3 = 27
3. Die Fläche der Dreiecke soll wie folgt berechnet werden:
    a. Fläche eines Dreiecks * Anzahl der platzierten Dreiecke
        1. Iteration: 0,125 * 1 = 0,125 (Sonderfall bei erster Iteration)
        2. Iteration: 0,03125 * 3 = 0,09375
        5. Iteration: 0,0078125 * 9 = 0,703125
4. Bilde die Summe über die berechneten Flächen über rekursiven Aufruf der Funktion.

Es können folgende Sonderfälle auftreten:

1. Iterationsanzahl ist kleiner gleich 0. Gib die Fläche des Basisdreiecks zurück. (Abfrage in übergeordneter Funktion)
2. Iterationsanzahl ist gleich der aktuellen Iteration. Gib die Fläche der aktuell platzierten Dreiecke zurück. (Abbruch der Iteration)

Bei der iterativen Implementierung soll die rekursive Funktion iterativ umgesetzt werden, sodass der Ablauf derselbe ist. Als Schleife soll eine Abbruchschleife verwendet werden, um sich eine IF-Verzweigung zu ersparen, da auch auf eine Iterationsanzahl geprüft werden soll, die kleiner gleich 0 ist.

Für die Berechnung der Summe der Seitenlängen soll derselbe rekursive Ansatz verwendet werden, als bei der Berechnung der der Fläche des Dreiecks. Anstatt der Berechnung der Fläche soll hierbei die Summe der Seitenlängen der platzierten Dreiecke wie folgt berechnet werden.
Berechnete Länge * 3 * Anzahl der Dreiecke
Ebenso soll mit der iterativen Implementierung verfahren werden. Auch hierbei soll lediglich die Berechnung der Fläche durch die Berechnung der Seitenlänge der Dreiecke ersetzt werden.

1.2 Source

Folgend ist der Source der Unit SchierpinskiTriangleUnit und dessen Tests angeführt.

1.2.1 SchierpinskiTriangleUnit

Folgend ist der Source der Unit SchierpisnkiTriangleUnit angeführt.

```
{
  Unit which provides utility methods for handling a Schierpinski triangle.
  It supports the calculation of the area left on the base triangle for a defined
  count of iterations.
  Also the calculation of the sum of dimension of all placed triangles in the base triangle
  for the defined iteration count is provided.
}
UNIT SchierpinskiTriangleUnit;

INTERFACE

{
  Calculates the area of the Schierpinski triangle for the given iteration count
  via a recursive implementation

  @param
      i: the count of iterations
  @param
      dimension: the length of the triangle sides
  @return
      the area of the triangle after the iteration count, or the area of the triangle
      without iterations if i <= 0.
}
FUNCTION CalcAreaForItCount(i, dimension: INTEGER): REAL;

{
  Calculates the area of the Schierpinski triangle for the given iteration count
  via a iterative implementation.

  @param
      i: the count of iterations
  @param
      dimension: the length of the triangle sides
  @return
      the area of the triangle after the iteration count, or the area of the triangle
      without iterations if i <= 0.
}
FUNCTION CalcAreaForItCountIt(i, dimension: INTEGER): REAL;

{
  Calculates the sum of the dimensions of all placed triangles in a Schierpinski triangle
  via a recursive implementation.
```

```
  @param
      i: the count of the iterations
  @param
      dimension: the dimension of the base triangle
  @return
      the sum of all dimensions of all placed triangles
}
FUNCTION CalcTriangleDimesnions(i, dimension: INTEGER): REAL;

{
  Calculates the sum of the dimensions of all placed triangles in a Schierpinski triangle
  via a iterative implementation.

  @param
      i: the count of the iterations
  @param
      dimension: the dimension of the base triangle
  @return
      the sum of all dimensions of all placed triangles
}
FUNCTION CalcTriangleDimesnionsIt(i, dimension: INTEGER): REAL;


IMPLEMENTATION

{ ######################## Private Function/Procedures ######################## }
{
  Calculates the area of a triangle for the given dimensions.
  The dimensions can be defined as decimal values.

  @param
      a: one side length of the triangle
  @param
      b: the second side of the triangle
  @return
      the calculated area represented by real or 0 if one/both of given dimensions
      have negative values
}
FUNCTION CalculateTriangleArea(a, b: REAL): REAL;
BEGIN
  CalculateTriangleArea := 0;

  IF ((a > 0) AND (b > 0)) THEN BEGIN
    CalculateTriangleArea := ((a * b) / 2);
  END;
END;


{
  Calculates 'value powered by n'.

  @param value:
              the value to powered
  @param n:
          the count how often the given 'value' shall be powered
  @return the given 'value powered by n', where when 'n <= 0' then the neutral
          element is returned, which is 1
}
FUNCTION Power(value, n: INTEGER): LONGINT;
VAR
  i: INTEGER;
  temp: LONGINT;
BEGIN

  temp := value;
  IF n > 0 THEN BEGIN
    FOR i := 1 TO n DO BEGIN
      temp := temp * value;
    END
  END;
  Power := temp DIV value;
END;


{ ######################## Public Function/Procedures ######################## }
```

```
{ Calculcate area for given iterations recursive }
FUNCTION CalcAreaForItCount(i, dimension: INTEGER): REAL;
  {
    Inner function which calculates the sum of the triangles which are placed
    in the Shierpinski triangle at defined iterations.

    @param
        maxIt: the maximum iterations to handle
    @param
        it: the current iteration, used for the calculating the divisor for the length
        of the new current placed triangles
    @param
        triangleCount: the count of the triangles to place on the current iteration
    @param
        dimension: the length of the original triangle
    @return
        the summary of the area of the placed triangles
  }
  FUNCTION SumPlacedTriangles(maxIt, it: INTEGER; triangleCount: LONGINT; dimension: REAL):
REAL;
  VAR
    divisor, area: REAL;
  BEGIN

    { Calculate the divisor for the dimension calculation }
    divisor := Power(2, it);
    { Calculate the area of the new placed triangles and multiply them with the new triangle
count }
    area := CalculateTriangleArea((dimension / divisor), (dimension / divisor / 2)) * 2 *
triangleCount;

    { Break after maximum iterations are reached }
    IF (it = maxIt) THEN BEGIN
      SumPlacedTriangles := area;
    END
    { Else calculate triangle are summary}
    ELSE BEGIN
      SumPlacedTriangles := area + SumPlacedTriangles(maxIt, (it + 1), (triangleCount * 3),
dimension);
    END;
  END;

BEGIN
  { If iterations lower than one return area of basis triangle }
  IF (i < 1) THEN BEGIN
      CalcAreaForItCount := (CalculateTriangleArea(dimension, (dimension / 2)) * 2);
  END
  { If iteration greater than 0 then calculate the summary of the placed triangles and
subtract from basis triangle }
  ELSE BEGIN
    CalcAreaForItCount := (CalculateTriangleArea(dimension, (dimension / 2)) * 2) -
SumPlacedTriangles(i, 1, 1, dimension);
  END;
END;


{ Calculate area for given iterations iterative }
FUNCTION CalcAreaForItCountIt(i, dimension: INTEGER): REAL;
VAR
  baseArea, sum, divisor: REAL;
  idx: INTEGER;
  triangleCount: LONGINT;
BEGIN
  baseArea := (CalculateTriangleArea(dimension, (dimension/2)) * 2);
  idx := 1;
  triangleCount := 1;
  sum := 0;
  divisor := 0;

  WHILE ((i > 0) AND (idx <= i)) DO BEGIN
    divisor := Power(2, idx);
    sum := sum + (CalculateTriangleArea((dimension / divisor), (dimension / divisor / 2)) * 2
* triangleCount);
    triangleCount := triangleCount * 3;
    Inc(idx);
  END;
```

```
  CalcAreaForItCountIt := baseArea - sum;
END;


{ Calculate the dimensions of the placed triangles for given iterations recursive }
FUNCTION CalcTriangleDimesnions(i, dimension: INTEGER): REAL;
  {
    Function which calculates the sum of the dimension of all placed triangles for the defined
iterations.

    @param
        maxIt: the maximum iteration count
    @param
        it: the current iteration
    @param
        trianlgeCount: the count of the to place triangles
    @param
        dimension: the length of the triangles
  }
  FUNCTION SumTriangleDimensions(maxIt, it: INTEGER; triangleCount: LONGINT; dimension: REAL):
REAL;
  VAR
    dimensionSum, divisor: REAL;
  BEGIN
    divisor := Power(2, it);
    dimensionSum := ((dimension / divisor) * 3 * triangleCount);

    { If iterations lower than one return 0 length }
    IF (maxIt < 1) THEN BEGIN
        SumTriangleDimensions := 0;
    END
    { Break after maximum iterations are reached }
    ELSE IF (it = maxIt) THEN BEGIN
      SumTriangleDimensions := dimensionSum;
    END
    { Else calculate triangle are summary}
    ELSE BEGIN
      SumTriangleDimensions := dimensionSum + SumTriangleDimensions(maxIt, (it + 1),
(triangleCount * 3), dimension);
    END;
  END;

BEGIN
  CalcTriangleDimesnions := SumTriangleDimensions(i, 1, 1, dimension);
END;


{ Calculate the dimensions of the placed triangles for given iterations iterative }
FUNCTION CalcTriangleDimesnionsIt(i, dimension: INTEGER): REAL;
VAR
  sum, divisor: REAL;
  idx: INTEGER;
  triangleCount: LONGINT;
BEGIN
  idx := 1;
  triangleCount := 1;
  sum := 0;
  divisor := 0;

  WHILE ((i > 0) AND (idx <= i)) DO BEGIN
    divisor := Power(2, idx);
    sum := sum + ((dimension / divisor) * 3 * triangleCount);
    triangleCount := triangleCount * 3;
    Inc(idx);
  END;

  CalcTriangleDimesnionsIt := sum;
END;

BEGIN
END.
```

1.2.2 SchierpinskiTriangleUnitTest

Folgend ist der Source der Unit SchierpinskiTriangleUnitTest angeführt.

```
PROGRAM SchierpinskiTriangleUnitTest;

USES SchierpinskiTriangleUnit;

VAR
  i: INTEGER;
BEGIN
  WriteLn('#########################################################');
  WriteLn('Triangle area after n iterations left:');
  WriteLn('#########################################################');
  FOR i:= 0 TO 19 DO BEGIN
    WriteLn(i, '-recursive: ', SchierpinskiTriangleUnit.CalcAreaForItCount(i, 1):5);
    WriteLn(i, '-iterativ : ', SchierpinskiTriangleUnit.CalcAreaForItCountIt(i, 1):5);
  END;
  WriteLn('#########################################################');

  { Causes range check error }
  (* WriteLn;
  WriteLn('#########################################################');
  WriteLn('Triangle area error 20 iterations :');
  WriteLn('#########################################################');
  WriteLn('20-recursive: ', SchierpinskiTriangleUnit.CalcAreaForItCount(20, 1):5);
  WriteLn('20-iterativ :  ', SchierpinskiTriangleUnit.CalcAreaForItCountIt(20, 1):5); *)

  { Causes range check error }
  (* WriteLn;
  WriteLn('#########################################################');
  WriteLn('Triangle area error 21 iterations :');
  WriteLn('#########################################################');
  WriteLn('20-recursive: ', SchierpinskiTriangleUnit.CalcAreaForItCount(21, 1):5); *)

  WriteLn;
  WriteLn('#########################################################');
  WriteLn('Placed triangle dimensions after n iterations:');
  WriteLn('#########################################################');
  FOR i:= 0 TO 19 DO BEGIN
    WriteLn(i, '-recursive: ', SchierpinskiTriangleUnit.CalcTriangleDimesnions(i, 1):5);
    WriteLn(i, '-iterativ : ', SchierpinskiTriangleUnit.CalcTriangleDimesnionsIt(i, 1):5);
  END;
  WriteLn('#########################################################');

  { Causes range check error }
  (* WriteLn;
  WriteLn('#########################################################');
  WriteLn('Placed triangle dimensions after 20 iterations:');
  WriteLn('#########################################################');
  WriteLn('20-recursive: ', SchierpinskiTriangleUnit.CalcTriangleDimesnions(20, 1):5);
  WriteLn('20-iterativ : ', SchierpinskiTriangleUnit.CalcTriangleDimesnionsIt(20, 1):5); *)

  { Causes range check error }
  (* WriteLn;
  WriteLn('#########################################################');
  WriteLn('Placed triangle dimensions after 21 iterations:');
  WriteLn('#########################################################');
  WriteLn('20-recursive: ', SchierpinskiTriangleUnit.CalcTriangleDimesnions(21, 1):5); *)

END.
```

1.3 Tests

Folgend sind die Tests der SchierpinskiUnit angeführt.

1.3.1 Fläche des Dreiecks nach n Iterationen

Dieser Test testet die Prozedur CalcAreaForItCount (rekursiv) und CalcAreaForItCountIt (iterativ) von 0 bis 21 Iterationen.

```
############################################################
Triangle area after n iterations left:
############################################################
0-recursive:  5.0E-001
0-iterativ :  5.0E-001
1-recursive:  3.8E-001
1-iterativ :  3.8E-001
2-recursive:  2.8E-001
2-iterativ :  2.8E-001
3-recursive:  2.1E-001
3-iterativ :  2.1E-001
4-recursive:  1.6E-001
4-iterativ :  1.6E-001
5-recursive:  1.2E-001
5-iterativ :  1.2E-001
6-recursive:  8.9E-002
6-iterativ :  8.9E-002
7-recursive:  6.7E-002
7-iterativ :  6.7E-002
8-recursive:  5.0E-002
8-iterativ :  5.0E-002
9-recursive:  3.8E-002
9-iterativ :  3.8E-002
10-recursive:  2.8E-002
10-iterativ :  2.8E-002
11-recursive:  2.1E-002
11-iterativ :  2.1E-002
12-recursive:  1.6E-002
12-iterativ :  1.6E-002
13-recursive:  1.2E-002
13-iterativ :  1.2E-002
14-recursive:  8.9E-003
14-iterativ :  8.9E-003
15-recursive:  6.7E-003
15-iterativ :  6.7E-003
16-recursive:  5.0E-003
16-iterativ :  5.0E-003
17-recursive:  3.8E-003
17-iterativ :  3.8E-003
18-recursive:  2.8E-003
18-iterativ :  2.8E-003
19-recursive:  2.1E-003
19-iterativ :  2.1E-003
############################################################
```

Bei 0 Iterationen wird die Fläche des Schierpinski Dreiecks zurückgeliefert, da hierbei keine Dreiecke platziert werden können.

Ansonsten werden die Flächen der platzierten Dreiecke im Schierpinski Dreiecks von der Fläche des Schierpinski Dreiecks abgezogen.

```
############################################################
Triangle area error 20 iterations :
############################################################
20-recursive:  1.6E-003
Runtime error 215 at $00408FA7
  $00408FA7
  $004016AC
  $00407DE1
```

```
############################################################
Triangle area error 21 iterations :
############################################################
Runtime error 215 at $00408F07
  $00408F07
  $00408F45
  $00408F45
  $00408F45
  $00408F45
  $00408F45
  $00408F45
  $00408F45
  $00408F45
  $00408F45
```

Bei 20 Iterationen zeigen sich die Schwächen der Iterativen Implementierung. Da hier in einer Schleife die Berechnungen erfolgen tritt dieser Fehler bereits bei der 20 Iteration auf und nicht bei der 21, so wie bei der rekursiven Implementierung. Dies liegt daran, dass bei der rekursiven Implementierung die Berechnung der Anzahl für die nächste Iteration wegfällt, bei der Iterativen jedoch in der Schleife noch erfolgt. Dieser Fehler rührt daher, dass die Anzahl der platzierten Dreiecke so stark zunimmt, sodass der Wertebereich des LONGINT Datentyp in Pascal nicht mehr ausreicht. Und da beim Compiler der Range Check aktiviert ist, wird dieser Fehler geworfen wenn die Anzahl der Dreiecke zu groß für den verwendeten Datentyp ist. Ohne Range Check würde hier ein Überlauf stattfinden.

1.3.2 Gesamtlänge der Seitenlängen aller platzierten Dreiecke

Dieser Test testet die Prozedur CalcTriangleDimesnions (recursiv) und CalcTriangleDimesnionsIt (iterativ) von 0 bis 21 Iterationen.

```
##########################################################
Placed triangle dimensions after n iterations:
##########################################################
0-recursive:  0.0E+000
0-iterativ :  0.0E+000
1-recursive:  1.5E+000
1-iterativ :  1.5E+000
2-recursive:  3.8E+000
2-iterativ :  3.8E+000
3-recursive:  7.1E+000
3-iterativ :  7.1E+000
4-recursive:  1.2E+001
4-iterativ :  1.2E+001
5-recursive:  2.0E+001
5-iterativ :  2.0E+001
6-recursive:  3.1E+001
6-iterativ :  3.1E+001
7-recursive:  4.8E+001
7-iterativ :  4.8E+001
8-recursive:  7.4E+001
8-iterativ :  7.4E+001
9-recursive:  1.1E+002
9-iterativ :  1.1E+002
10-recursive:  1.7E+002
10-iterativ :  1.7E+002
11-recursive:  2.6E+002
11-iterativ :  2.6E+002
12-recursive:  3.9E+002
12-iterativ :  3.9E+002
13-recursive:  5.8E+002
13-iterativ :  5.8E+002
14-recursive:  8.7E+002
14-iterativ :  8.7E+002
15-recursive:  1.3E+003
15-iterativ :  1.3E+003
16-recursive:  2.0E+003
16-iterativ :  2.0E+003
17-recursive:  3.0E+003
17-iterativ :  3.0E+003
18-recursive:  4.4E+003
18-iterativ :  4.4E+003
19-recursive:  6.6E+003
19-iterativ :  6.6E+003
##########################################################
```

Bei 0 Iterationen wird als Resultat 0 zurückgeliefert, da hierbei keine Dreiecke im Schierpinski Dreieck platziert werden konnten.

Ansonsten werden die Seitenlängen aller platzierten Dreiecke, die im Schierpinski Dreieck platziert wurden, aufsummiert und zurückgeliefert.

```
############################################################
Placed triangle dimensions after 20 iterations:
############################################################
20-recursive:  1.00E+004
Runtime error 215 at $00409053
  $00409053
  $00401870
  $00407CB1
```

```
############################################################
Placed triangle dimensions after 21 iterations:
############################################################
Runtime error 215 at $00408F2C
  $00408F2C
  $00408F6A
  $00408F6A
  $00408F6A
  $00408F6A
  $00408F6A
  $00408F6A
  $00408F6A
  $00408F6A
  $00408F6A
```

Da die beiden Algorithmen sich sehr ähneln und die Berechnung der Anzahl der platzierten Dreiecke gleich ist, tritt auch hier der Fehler des Range Check auf, da auch hier die Anzahl der platzierten Dreiecke zu groß für den verwendeten Datentyp wird. Der Grund ist derselbe, wie im vorherigen Test beschrieben.

2 Felderreichbarkeit

2.1 Lösungsidee

Als für das Spielfeld soll ein Datentyp spezifiziert werden, welches ein zwei dimensionales Array beinhaltet, welches wiederum die einzelnen Felder beinhaltet (x – y Koordinate des Spielfelds).
Für die einzelnen Felder des Spielfelds soll ebenfalls ein Datentyp spezifiziert werden, welches folgende Attribute spezifiziert:

1. X:
   Die X Koordinate des Feldes
2. Y:
   Die Y Koordinate des Feldes
3. Wall:
   TRUE wenn dieses Feld eine Wand darstellt.
4. Symbol:
   Das Symbol des Feldes (Könnte vom Spieler definiert werden)

Das einzelne Feld soll seine Koordinaten beinhalten, damit in etwaigen Funktionen oder Prozeduren nicht die Koordinaten mitübergeben werden müssen. Des Weiteren wird hiermit eine Fehlerquelle ausgeschlossen, da hier explizit die Koordinaten des Feldes geändert werden müssten um Positionsfehler hervorzurufen.
Um Überläufe zu vermeiden soll für die Spielfeldgröße bezüglich der x und y Achse ein eigener Datentyp spezifiziert werden, welcher den Wertebereich spezifiziert, der für die beiden Koordinaten zur Verfügung stehen darf.
Für das Suchen der Startposition soll ein eigener Datentyp spezifiziert werden, der das Feld und einen Zähler hält, welcher dafür gedacht ist um herauszufinden, wie weit das Feld vom Ziel entfernt ist. Dieser soll als Element in eine zweifach verketteten zyklischen Liste mit Ankerelement gespeichert werden können. Diese Liste ist für den Algorithmus unerlässlich.
Das Spielfeld soll innerhalb der Unit, nicht sichtbar nach außen, gehalten werden. Über eine Reset Prozedur soll das Spielfeld wieder zurückgesetzt werden, wobei die alle Felder innerhalb des Spielfeldes leere Felder seien sollen.

<u>Suchalgorithmus:</u>

1. Prüfe ob entweder der Start oder Ziel eine Wand ist. Wenn ja führe den Hauptalgorithmus nicht aus, ansonsten führe in aus.
2. Erstelle eine Liste und füge als erstes Element Start/Ziel hinzu mit einem Zähler von 0.
   (x, y, 0)
3. Baue eine temporäre Liste auf und füge alle Nachbarn hinzu mit Zähler + 1.
   (x+1, y, 1), (x-1, y, 1), (x, y-1, 1), (x, y+1, 1)

4. Entferne alle Elemente aus der temporären Liste, die in der Hauptliste vorhanden sind und entweder eine Wand sind, oder dieselben Koordinaten haben, wobei der Zähler größer gleich dem Zähler des Elements der temporären Liste sein muss.
5. Füge die übrig gebliebenen Elemente in der Hauptliste hinzu.
6. Führe diesen Algorithmus ab Schritt 3 für alle verbliebenen Elemente der Hauptliste aus, solange keine Elemente mehr übrig sind oder ein Element der temporären Liste, die Koordinaten von Ziel/Start hat. Ist dies nicht der Fall, so kann die Position nicht erreicht werden.

Der beschriebe Algorithmus soll für die Prozeduren PathExists (rekursiv), PathExistsIt (iterativ), LengthOfShortestPath (rekursiv) verwendet werden, wobei die Hauptfunktionalitäten von Schritt 3 – 5 in eine eigene Prozedur ausgelagert werden sollen, da hier der meiste Implementierungsaufwand besteht. Um die implementierten Algorithmen übersichtlich zu halten, sollen Hilfsprozeduren und –Funktionen implementiert werden, die die Handhabung mit den Feldern und verwendeten Listen erleichtern sollen. Ebenso sollen damit die einzelnen Funktionalitäten getrennt und gekapselt werden.

Die Prozedur PrintGameField soll das erstellte Spielfeld auf der Konsole ausgeben.

Die Prozedur SetCell soll auf der gegebenen Position ein Feld setzen, das entweder eine Wand oder ein freies Feld ist, je nachdem wie der Aufrufer dies definiert.

2.2 Source

Folgend ist der Source der FindPathInRasterUnit und FindPathInRasterunitTest angeführt.

2.2.1 FindPathInRasterUnit

Folgend ist der Source der FindPathInRasterUnit angeführt.

```
{
  Unit which provides the functionality to find a field from a start field within a raster.
  It can also determine the shortest path to the intended field.
}
UNIT FindPathInRaster;

INTERFACE

TYPE
  { The range of the x coordinate }
  xRange = 1..20;
  { The range of the y coordinate }
  yRange = 1..20;

{
  Resets the game by creating a new game field with no walls.
}
PROCEDURE Reset;

{
  Prints the game field to the console.
}
PROCEDURE PrintGameField;
```

```
{
  Sets a raster FieldCell as a wall or an empty FieldCell.
  The existing type of the raster FieldCell will be overwritten.

  @param
      x: the x coordinate of the FieldCell
  @param
      y: the y coordinate of the FieldCell
  @param
      wall: true if the FieldCell shall be set as a wall, false otherwise
}
PROCEDURE SetCell(x: xRange; y: yRange; wall: BOOLEAN);

{
  Answers the question if the given FieldCell can be reached of the given position
  via a recursive implementation.

  @param
      ax, ay: the coordinates of the start position
  @param
      bx, by: the goal position
  @return
      true if the position can reached with the given steps, false otherwise
}
FUNCTION PathExists(ax: xRange; ay: yRange; bx: xRange; by: yRange): BOOLEAN;

{
  Answers the question if the given FieldCell can be reached of the given position
  via a iterative implementation.

  @param
      ax, ay: the coordinates of the start position
  @param
      bx, by: the goal position
  @return
      true if the position can reached with the given steps, false otherwise
}
FUNCTION PathExistsIt(ax: xRange; ay: yRange; bx: xRange; by: yRange): BOOLEAN;

{
  This function gets the shortest path length.

  @param
      x: the x coordinate of the start field
  @param
      y: the y coordinate of the start field
  @param
      x: the x coordinate of the goal field
  @param
      y: the y coordinate of the goal field
  @return
      the length of the shortest path or -1 if no path could be found
}
FUNCTION ShortestPathLength(ax: xRange; ay: yRange; bx: xRange; by: yRange): INTEGER;

IMPLEMENTATION

TYPE
  { The type of the FieldCell }
  FieldCell = RECORD
    wall: BOOLEAN;
    symbol: STRING;
    y: yRange;
    x: xRange;
  END;
  { The type for the game field which holds the cells }
  GameField = RECORD
    raster: ARRAY[yRange, xRange] OF FieldCell;
  END;
  { AType used for the found cells in the raster }
  FieldCellNode = ^FoundFieldCell;
  FoundFieldCell = RECORD
    cell: FieldCell;
    count: INTEGER;
    prev, next: FieldCellNode;
  END;
```

```
  { The type for the list of FieldCellnode }
  FoundFieldList = FieldCellNode;

VAR
  { The GameField instance visible only for this module }
  game: GameField;

{ ###################### Private Functions and Procedures ###################### }

{
  Creates a raster field of the specified type.

  @param
      x: the x coordinate where the field resides
  @param
      y: the y coordinate where the field resides
  @param
      wall: if true then the field will be created as a wall, as an empty field otherwise.
  @param
     symbol: the symbol used for the FieldCell
  @return
      the created FieldCell instance
}
FUNCTION CreateRasterField(x: xRange; y: yRange; wall: BOOLEAN; symbol: STRING): FieldCell;
VAR
  cell: FieldCell;
BEGIN
  cell.x := x;
  cell.y := y;
  cell.wall := wall;
  cell.symbol := symbol;
  CreateRasterField := cell;
END;

{
  Answers the question if the given coordinates are valid ones, by checking the ranges defined
by the
  custom type.

  @param
      x: the x coordinate
  @param
      y: the y coordinate
  @return
      true if the given coordinates are valid
}
FUNCTION IsValidCoordinate(x, y: INTEGER): BOOLEAN;
BEGIN
  IsValidCoordinate := ((x >= Low(xRange)) AND (x <= High(xRange)) AND (y >= Low(yRange)) AND
(y <= High(yRange)));
END;

{
  Answers the question if the two given fields are the same by comparison of their
coordinates.

  @param
      f1: the first FieldCell instance
  @param
      f2: the second FieldCell instance
  @return
      true if the both fields are equal, false otherwise
}
FUNCTION IsSameField(f1, f2: FieldCell): BOOLEAN;
BEGIN
  IsSameField := ((f1.x = f2.x) AND (f1.y = f2.y));
END;

{ ######################### List helper function and procedures ######################### }
{
  Creates a FieldCellNode instance.

  @param
      cell: the FieldCell to be hold by the created FieldCellNode instance
  @param
      count: the count to be hold by the FieldCellNode instance
```

```
  @return
      the created FieldCellNode instance
}
FUNCTION CreateFoundFieldCellNode(cell: FieldCell; count: INTEGER): FieldCellNode;
VAR
  node: FieldCellNode;
BEGIN
  New(node);
  node^.cell := cell;
  node^.count := count;
  node^.next :=  node;
  node^.prev := node;
  CreateFoundFieldCellNode := node;
END;

{
  Appends a FieldCellNode to the end of the given list.

  @param
      list: the list to append the node to the end
  @param
      node: the node to be added to the end of the list
}
PROCEDURE AppendFoundFieldNode(list: FoundFieldList; node: FieldCellNode);
BEGIN
  node^.next := list;
  node^.prev := list^.prev;
  list^.prev^.next := node;
  list^.prev := node;
END;

{
  Destroys the given list.

  @param
      list: the list to be destroyed
   @return
      list: the destroyed list which will be NIL
}
PROCEDURE DestroyFoundCellList(VAR list: FoundFieldList);
VAR
  node, next: FieldCellNode;
BEGIN
  node := list^.next;
  WHILE (node <> list) DO BEGIN
    next := node^.next;
    Dispose(node);
    node := next;
  END;
  Dispose(node);
  list := NIL;
END;

{
  Appends the neighbours of the FieldCell of the given coordinates to the given list.

  @param
      x: the x axis coordinate
  @param
      y: the y axis coordinate
  @param
      count: the count for FieldCellNode instance
  @param
      list: the list to add the neighbours to the list
}
PROCEDURE AppendNeighbourFieldCells(x, y, count: INTEGER; list: FoundFieldList);
BEGIN
  { Append right neighbour cell if possible }
  IF (IsValidCoordinate((x + 1), y)) THEN BEGIN
    AppendFoundFieldNode(list, CreateFoundFieldCellNode(game.raster[y][x + 1], count));
  END;
  { Append left neighbour cell if possible }
  IF (IsValidCoordinate(x - 1, y)) THEN BEGIN
    AppendFoundFieldNode(list, CreateFoundFieldCellNode(game.raster[y][x - 1], count));
  END;
  { Append bottom neighbour cell if possible }
```

```
  IF (IsValidCoordinate(x, y + 1)) THEN BEGIN
    AppendFoundFieldNode(list, CreateFoundFieldCellNode(game.raster[y + 1][x], count));
  END;
  { Append top neighbour cell if possible }
  IF (IsValidCoordinate(x, y - 1)) THEN BEGIN
    AppendFoundFieldNode(list, CreateFoundFieldCellNode(game.raster[y - 1][x], count));
  END;
END;

{
  Deletes a FieldCellNode from the given list.

  @param
      list: the list to remove the element from
  @param
      node: the node to remove from the list
}
PROCEDURE DeleteFoundFieldNode(list: FoundFieldList; removeNode: FieldCellNode);
VAR
  node: FieldCellNode;
BEGIN
  node := list^.next;
  { Search for the cell }
  WHILE ((NOT IsSameField(node^.cell, removeNode^.cell)) AND (node <> list)) DO BEGIN
    node := node^.next;
  END;
  { If cell has been found }
  IF (node <> list) THEN BEGIN
    node^.prev^.next := node^.next;
    node^.next^.prev := node^.prev;
    node^.next := NIL;
    node^.prev := NIL;
    Dispose(node);
  END;
END;

{
  Gets the FieldCellNode instance for the given FieldCell.

  @param
      list: the list to search for the FieldCell
  @param
      cell: the FieldCell to search for
  @return
      the FoudnFieldNode instance, NIL if the FieldCell could not be found in the list
}
FUNCTION GetFoundFieldNode(list: FoundFieldList; cell: FieldCell): FieldCellNode;
VAR
  node: FieldCellNode;
BEGIN
  GetFoundFieldNode := NIL;
  node := list^.next;
  WHILE ((NOT IsSameField(node^.cell, cell)) AND (node <> list)) DO BEGIN
    node := node^.next;
  END;
  IF (node <> list) THEN BEGIN
    (* WriteLn('found node: ', node^.cell.x, ',', node^.cell.y); *)
    GetFoundFieldNode := node;
  END;
END;

{
  Cleans the temporary list by removing all elements of the target list which are present in
the list and which fit the following condition.

  1. List contains element with the same coordinate and with a equal or lower count as the
target element
  2. Target element is a wall

  @param
      target: the target to remove the elements of
  @param
      list: the list to compare the elements of
}
PROCEDURE CleanFoundCellList(target, list: FoundFieldList);
VAR
```

```
  node, next, temp: FieldCellNode;
BEGIN
  node := target^.next;
  WHILE (node <> target) DO BEGIN
    next := node^.next;
    { Delete element if it is a wall }
    IF (node^.cell.wall) THEN BEGIN
      DeleteFoundFieldNode(target, node);
    END
    { Else check for same coordinate and equal or higher value of target element compared to
found list element}
    ELSE BEGIN
      temp := GetFoundFieldNode(list, node^.cell);
      IF ((temp <> NIL) AND (node^.count >= temp^.count)) THEN BEGIN
        DeleteFoundFieldNode(target, node);
      END;
    END;
    node := next;
  END;
END;

{
  Adds all elements of the source list to the end of the target list.

  @param
      target: the list to add elements on the end
  @param
      source: the list to add its element to the target list
}
PROCEDURE AddAllCellsToList(target, source: FoundFieldList);
VAR
  node: FieldCellNode;
BEGIN
  node := source^.next;
  WHILE (node <> source) DO BEGIN
    AppendFoundFieldNode(target, CreateFoundFieldCellNode(node^.cell, node^.count));
    node := node^.next;
  END;
END;

{
  Answers the question if the given lists contains the given FieldCell.

  @param
      list: the list to search for the FieldCell
  @param
      cell: the FieldCell to search on the list elements
  @return
      true if the given list contains the FieldCell, false otherwise
}
FUNCTION ContainsField(list: FoundFieldList; cell: FieldCell): BOOLEAN;
BEGIN
  ContainsField := (GetFoundFieldNode(list, cell) <> NIL);
END;

{
 Implements the main function of the algorithm which is used to find the path to the position
in the game field.

 @param
    node the node to work with
 @param
    visited: the FoundFieldList which gets elements added, if possible
 @param
    count the current count to set on the found fields
 @return
    visited: the FoundFieldList which maybe got modified
}
PROCEDURE HandleCurrentFoundCell(node: FieldCellNode; VAR visited: FoundFieldList);
VAR
  tempList: FoundFieldList;
BEGIN
    { WriteLn; }
    { WriteLn('current-node: ', node^.cell.x, ',', node^.cell.y); }
    { Create the temporary list }
```

```
    tempList := CreateFoundFieldCellNode(CreateRasterField(Low(xRange), Low(yRange), false,
'', -1);
    { WriteLn('created found node'); }
    { Add the neighbours to the temporary list }
    AppendNeighbourFieldCells(node^.cell.x, node^.cell.y, (node^.count + 1), tempList);
    { WriteLn('appended neighbours'); }
    { Clean the temporary list }
    CleanFoundCellList(tempList, visited);
    { WriteLn('cleaned temp'); }
    { Append remaining items to the visited list }
    AddAllCellsToList(visited, tempList);
    { WriteLn('added cells to visited'); }
    { Destroy the temporary list }
    DestroyFoundCellList(tempList);
    { WriteLn('destroyed temp'); }
END;

{
   Gets the shortest path by comparison  of the neighbour fields if they have a lower count
value.

   @param
       foundCell: the found FieldCellNode instance
  @param
     list: The list which has to contain the calculated neighbours
  @return
     the lowest count value of the path
}
FUNCTION GetShortestCountOfNeighbours(foundCell: FieldCellNode; list: FoundFieldList):
INTEGER;
VAR
  x, y, count: INTEGER;
  found: FieldCellNode;
  cell: FieldCell;
BEGIN
  x := 0;
  y := 0;
  count := foundCell^.count;

  { Get count value of right neighbour }
  x := foundCell^.cell.x + 1;
  y := foundCell^.cell.y;
  IF (IsValidCoordinate(x, y)) THEN BEGIN
    cell := CreateRasterField(x, y, false, '');
    found := GetFoundFieldNode(list, cell);
    IF ((found <> NIL) AND (found^.count < count)) THEN BEGIN
      count := found^.count;
    END;
  END;

  { Get count value of left neighbour }
  x := foundCell^.cell.x - 1;
  y := foundCell^.cell.y;
  IF (IsValidCoordinate(x, y)) THEN BEGIN
    cell := CreateRasterField(x, y, false, '');
    found := GetFoundFieldNode(list, cell);
    IF ((found <> NIL) AND (found^.count < count)) THEN BEGIN
      count := found^.count;
    END;
  END;

  { Get count value of top neighbour }
  x := foundCell^.cell.x;
  y := foundCell^.cell.y + 1;
  IF (IsValidCoordinate(x, y)) THEN BEGIN
    cell := CreateRasterField(x, y, false, '');
    found := GetFoundFieldNode(list, cell);
    IF ((found <> NIL) AND (found^.count < count)) THEN BEGIN
      count := found^.count;
    END;
  END;

  { Get count value of top neighbour }
  x := foundCell^.cell.x;
  y := foundCell^.cell.y - 1;
  IF (IsValidCoordinate(x, y)) THEN BEGIN
```

```
    cell := CreateRasterField(x, y, false, '');
    found := GetFoundFieldNode(list, cell);
    IF ((found <> NIL) AND (found^.count < count)) THEN BEGIN
      count := found^.count;
    END;
  END;

  GetShortestCountOfNeighbours := count;
END;

{ ###################### Public Functions and Procedures ###################### }
{ Reset the memory }
PROCEDURE Reset;
VAR
  i, j: INTEGER;
BEGIN
  FOR i := Low(yRange) TO High(yRange) DO BEGIN
    FOR j := Low(xRange) TO High(xRange) DO BEGIN
      game.raster[i][j] := CreateRasterField(j, i, false, '.');
    END;
  END;
END;

{ Print game field }
PROCEDURE PrintGameField;
VAR
  i, j: INTEGER;
BEGIN
  FOR i := Low(game.raster) TO High(game.raster) DO BEGIN
    FOR j := Low(game.raster[i]) TO High(game.raster[i]) DO BEGIN
      Write(game.raster[i][j].symbol:3);
    END;
    WriteLn;
  END;
END;

{ Sets a raster field as a wall or empty }
PROCEDURE SetCell(x: xRange; y: yRange; wall: BOOLEAN);
VAR
  s: STRING;
BEGIN
  IF (wall) THEN BEGIN
    s := '#'
  END
  ELSE BEGIN
    s := '.';
  END;
  game.raster[y][x] := CreateRasterField(x, y, wall, s);
END;

{ TODO: Checks for path exists }
FUNCTION PathExists(ax: xRange; ay: yRange; bx: xRange; by: yRange): BOOLEAN;
  FUNCTION Exists(goal: FieldCell; VAR node: FieldCellNode; VAR visited: FoundFieldList):
BOOLEAN;
  BEGIN
    { If last element has been reached }
    IF (node = visited) THEN BEGIN
      Exists := false;
      (* WriteLn('could not find path'); *)
    END
    { If start is part of the visited list after first iteration }
    ELSE IF (IsSameField(goal, node^.cell)) THEN BEGIN
      Exists := true;
      (* WriteLn('found node recursive: ', node^.cell.x, ',', node^.cell.y); *)
    END
    { Search for start position }
    ELSE BEGIN
      HandleCurrentFoundCell(node, visited);
      (* WriteLn('new count: ', count); *)
      Exists := Exists(goal, node^.next, visited);
    END;
  END;
VAR
  visited: FoundFieldList;
  goal, start: FieldCell;
BEGIN
```

```
  start := game.raster[ay][ax];
  goal := game.raster[by][bx];

  { Set symbol to see the start and goal on the game field }
  start.symbol := 'S';
  game.raster[ay][ax] := start;
  goal.symbol := 'G';
  game.raster[by][bx] := goal;

  IF (start.wall) THEN BEGIN
    start.symbol := 'SW';
    game.raster[ay][ax] := start;
  END
  ELSE IF (goal.wall) THEN BEGIN
    goal.symbol := 'GW';
    game.raster[by][bx] := goal;
  END;

  { If one of the given cells is a wall break here }
  IF ((start.wall) OR (goal.wall) OR (IsSameField(goal, start))) THEN BEGIN
    PathExists := false;
  END
  { Else try to find out the path to the position }
  ELSE BEGIN
    visited := CreateFoundFieldCellNode(goal, -1);
    AppendFoundFieldNode(visited, CreateFoundFieldCellNode(start, 0));
    PathExists := Exists(goal, visited^.next, visited);
    DestroyFoundCellList(visited);
  END;
END;

{ Checks for path exists }
FUNCTION PathExistsIt(ax: xRange; ay: yRange; bx: xRange; by: yRange): BOOLEAN;
VAR
  visited: FoundFieldList;
  node: FieldCellNode;
  goal, start: FieldCell;
BEGIN
  start := game.raster[ay][ax];
  goal := game.raster[by][bx];

  { Set symbol to see the start and goal on the game field }
  start.symbol := 'S';
  game.raster[ay][ax] := start;
  goal.symbol := 'G';
  game.raster[by][bx] := goal;

  IF (start.wall) THEN BEGIN
    start.symbol := 'SW';
    game.raster[ay][ax] := start;
  END
  ELSE IF (goal.wall) THEN BEGIN
    goal.symbol := 'GW';
    game.raster[by][bx] := goal;
  END;

  { If one of the given cells is a wall break here }
  IF ((start.wall) OR (goal.wall) OR (IsSameField(goal, start))) THEN BEGIN
    PathExistsIt := false;
  END
  { Else try to find out the path to the position }
  ELSE BEGIN
    visited := CreateFoundFieldCellNode(goal, -1);
    AppendFoundFieldNode(visited, CreateFoundFieldCellNode(start, 0));

    node := visited^.next;
    WHILE ((node <> visited) AND (NOT IsSameField(node^.cell, goal))) DO BEGIN
      HandleCurrentFoundCell(node, visited);
      node := node^.next;
    END;
    PathExistsIt := (node <> visited);
    (* IF (node <> visited) THEN BEGIN
      WriteLn('found node iterative: ',node^.cell.x, ',', node^.cell.y);
    END; *)
    DestroyFoundCellList(visited);
  END;
```

```
END;

{ Gets the shortest path length }
FUNCTION ShortestPathLength(ax: xRange; ay: yRange; bx: xRange; by: yRange): INTEGER;
VAR
  visited: FoundFieldList;
  node: FieldCellNode;
  goal, start: FieldCell;
  s: STRING;
BEGIN
  ShortestPathLength := -1;
  start := game.raster[ay][ax];
  goal := game.raster[by][bx];

  { Set symbol to see the start and goal on the game field }
  goal.symbol := 'G';
  game.raster[by][bx] := goal;

  IF (goal.wall) THEN BEGIN
    goal.symbol := 'GW';
    game.raster[by][bx] := goal;
  END;

  { If one of the given cells is a wall break here }
  IF ((NOT start.wall) AND (NOT goal.wall) AND (NOT IsSameField(goal, start))) THEN BEGIN
    visited := CreateFoundFieldCellNode(goal, -1);
    AppendFoundFieldNode(visited, CreateFoundFieldCellNode(start, 0));

    node := visited^.next;
    WHILE ((node <> visited) AND (NOT IsSameField(node^.cell, goal))) DO BEGIN
      { WriteLn('x: ', node^.cell.x, ' y: ', node^.cell.y, ' count: ', node^.count); }
      Str(node^.count, s);
      game.raster[node^.cell.y][node^.cell.x] := CreateRasterField(node^.cell.x, node^.cell.y,
false, s);
      HandleCurrentFoundCell(node, visited);
      node := node^.next;
    END;
    IF (node <> visited) THEN BEGIN
      { WriteLn('x: ', node^.cell.x, ' y: ', node^.cell.y, ' count: ', node^.count); }
      ShortestPathLength := GetShortestCountOfNeighbours(node, visited) + 1;
    END;
    DestroyFoundCellList(visited);
  END;
END;

BEGIN
  { Creates a empty game field }
  Reset;
END.
```

2.2.2 FindPathInRasterUnitTest

Folgend ist der Source der FindPathInRasterUnitTest angeführt.

```
PROGRAM FindPathInRasterUnitTest;

USES FindPathInRaster;

{ Tests the reset procedure }
PROCEDURE TestReset;
BEGIN
  WriteLn;
  FindPathInRaster.Reset;
  WriteLn('--------------------------------------------------');
  WriteLn('Before reset');
  WriteLn('--------------------------------------------------');
  FindPathInRaster.SetCell(1,1,true);
  FindPathInRaster.SetCell(10,16,true);
  FindPathInRaster.SetCell(11,11,true);
  FindPathInRaster.SetCell(13,15,true);
  FindPathInRaster.PrintGameField;

  WriteLn;
  FindPathInRaster.Reset;
  WriteLn('--------------------------------------------------');
  WriteLn('After reset');
```

```
  WriteLn('-----------------------------------------------------');
  FindPathInRaster.PrintGameField;
  FindPathInRaster.Reset;
END;

{ Tests the SetCell procedure }
PROCEDURE TestSetCell;
BEGIN
  WriteLn;
  WriteLn('-----------------------------------------------------');
  WriteLn('Set field on raster');
  WriteLn('-----------------------------------------------------');
  FindPathInRaster.Reset;
  FindPathInRaster.SetCell(Low(xRange), Low(yRange), true);
  FindPathInRaster.SetCell(Low(xRange), High(yRange), true);
  FindPathInRaster.SetCell(High(xRange), Low(yRange), true);
  FindPathInRaster.SetCell(High(xRange), High(yRange), true);
  FindPathInRaster.SetCell((High(xRange) DIV 2), (High(yRange) DIV 2), true);
  FindPathInRaster.PrintGameField;
  FindPathInRaster.Reset;
END;

{ Test get Path exists }
PROCEDURE TestPathExists;
VAR
  i, j: INTEGER;
  top: BOOLEAN;
BEGIN
  WriteLn;
  WriteLn('-----------------------------------------------------');
  WriteLn('PathExists');
  WriteLn('-----------------------------------------------------');
  FindPathInRaster.Reset;
  FindPathInRaster.SetCell(High(xRange), Low(yRange), true);
  WriteLn('Start is wall: ');
  WriteLn('Start: x:', High(xRange), ', y:', Low(yRange));
  WriteLn('Goal : x:',Low(xRange), ', y:', High(yRange));
  WriteLn('Path exists recursive: ', FindPathInRaster.PathExists(High(xRange), Low(yRange),
Low(xRange), High(yRange)));
  WriteLn('Path exists iterative: ', FindPathInRaster.PathExists(High(xRange), Low(yRange),
Low(xRange), High(yRange)));
  FindPathInRaster.PrintGameField;

  WriteLn;
  WriteLn('-----------------------------------------------------');
  FindPathInRaster.Reset;
  FindPathInRaster.SetCell(Low(xRange), High(yRange), true);
  WriteLn('Goal is wall: ');
  WriteLn('Start: x:', High(xRange), ', y:', Low(yRange));
  WriteLn('Goal : x:',Low(xRange), ', y:', High(yRange));
  WriteLn('Path exists recursive: ', FindPathInRaster.PathExists(High(xRange), Low(yRange),
Low(xRange), High(yRange)));
  WriteLn('Path exists iterative: ', FindPathInRaster.PathExists(High(xRange), Low(yRange),
Low(xRange), High(yRange)));
  FindPathInRaster.PrintGameField;

  WriteLn;
  WriteLn('-----------------------------------------------------');
  FindPathInRaster.Reset;
  FindPathInRaster.SetCell(5, 1, true);
  FindPathInRaster.SetCell(5, 2, true);
  FindPathInRaster.SetCell(5, 3, true);
  FindPathInRaster.SetCell(5, 4, true);
  FindPathInRaster.SetCell(1, 4, true);
  FindPathInRaster.SetCell(2, 4, true);
  FindPathInRaster.SetCell(3, 4, true);
  FindPathInRaster.SetCell(4, 4, true);
  FindPathInRaster.SetCell(5, 4, true);
  WriteLn('Goal is enclosed: ');
  WriteLn('Start: x:', High(xRange), ', y:', Low(yRange));
  WriteLn('Goal : x:', 2, ', y:', 2);
  WriteLn('Path exists recursive: ', FindPathInRaster.PathExists(High(xRange), Low(yRange), 2,
2));
  WriteLn('Path exists iterative: ', FindPathInRaster.PathExists(High(xRange), Low(yRange), 2,
2));
  FindPathInRaster.PrintGameField;
```

```
  WriteLn;
  WriteLn('-------------------------------------------------');
  FindPathInRaster.Reset;
  FindPathInRaster.SetCell(5, 1, true);
  FindPathInRaster.SetCell(5, 2, true);
  FindPathInRaster.SetCell(5, 3, true);
  FindPathInRaster.SetCell(5, 4, true);
  FindPathInRaster.SetCell(1, 4, true);
  FindPathInRaster.SetCell(2, 4, true);
  FindPathInRaster.SetCell(3, 4, true);
  FindPathInRaster.SetCell(4, 4, true);
  FindPathInRaster.SetCell(5, 4, true);
  WriteLn('Goal and Start are enclosed: ');
  WriteLn('Start: x:', 4, ', y:', 3);
  WriteLn('Goal : x:', 2, ', y:', 2);
  WriteLn('Path exists recursive: ', FindPathInRaster.PathExists(4, 3, 2, 2));
  WriteLn('Path exists iterative: ', FindPathInRaster.PathExists(4, 3, 2, 2));
  FindPathInRaster.PrintGameField;


  FindPathInRaster.Reset;
  { Do not Randomize to produce same output }
  top := true;
  FOR i := (Low(xRange) + 1) TO (High(xRange) - 1) DO BEGIN
    FOR j := Low(xRange) TO High(yRange) DO BEGIN
      IF (((i mod 2) <> 0) AND (top) AND (j > Low(yRange))) THEN BEGIN
        FindPathInRaster.SetCell(i, j, true);
      END
      ELSE IF (((i mod 2) <> 0) AND (NOT top) AND (j < High(yRange))) THEN BEGIN
        FindPathInRaster.SetCell(i, j, true);
      END;
    END;
    IF ((i mod 2) <> 0) THEN BEGIN
      IF (top) THEN BEGIN
        top := false;
      END
      ELSE BEGIN
        top := true;
      END;
    END;
  END;
  WriteLn;
  WriteLn('-------------------------------------------------');
  WriteLn('Find path:');
  WriteLn('Start: x:', 1, ', y:', 1);
  WriteLn('Goal : x:', High(xRange), ', y:', High(yRange));
  WriteLn('Path exists recursive: ', FindPathInRaster.PathExists(1, 1, High(xRange),
High(yRange)));
  WriteLn('Path exists iterative: ', FindPathInRaster.PathExists(1, 1, High(xRange),
High(yRange)));
  FindPathInRaster.PrintGameField;
  FindPathInRaster.Reset;
END;

{ Test get Path exists }
PROCEDURE TestShortestPathLength;
VAR
  i, j: INTEGER;
  top: BOOLEAN;
BEGIN
  WriteLn;
  WriteLn('-------------------------------------------------');
  WriteLn('ShortestPathLength');
  WriteLn('-------------------------------------------------');

  FindPathInRaster.Reset;
  FindPathInRaster.SetCell(High(xRange), Low(yRange), true);
  WriteLn('Start is wall: ');
  WriteLn('Start: x:', High(xRange), ', y:', Low(yRange));
  WriteLn('Goal : x:',Low(xRange), ', y:', High(yRange));
  WriteLn('Shortest path: ', FindPathInRaster.ShortestPathLength(High(xRange), Low(yRange),
Low(xRange), High(yRange)));
  FindPathInRaster.PrintGameField;

  WriteLn;
```

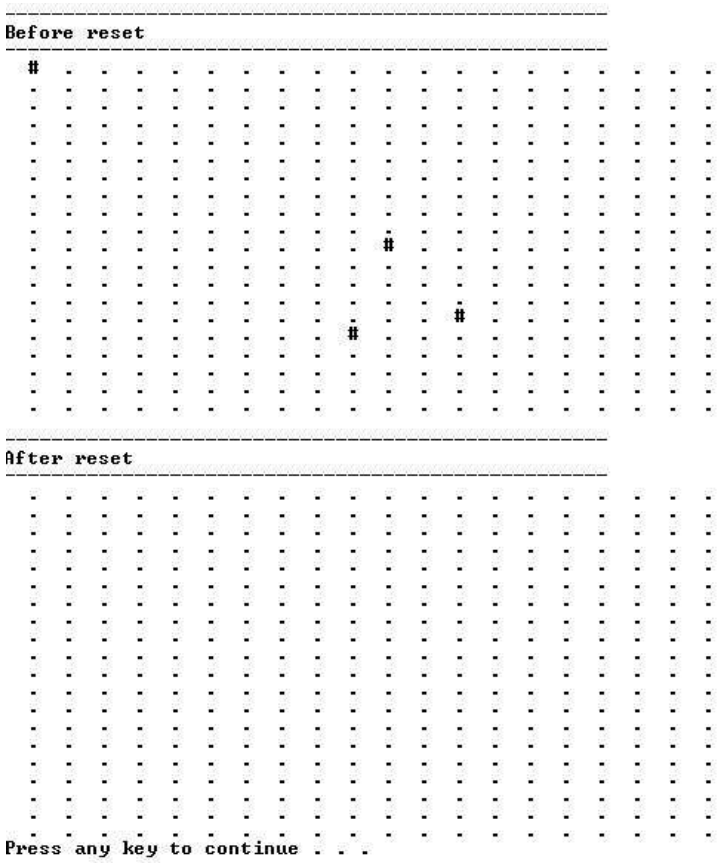
```
  WriteLn('-------------------------------------------------');
  FindPathInRaster.Reset;
  FindPathInRaster.SetCell(Low(xRange), High(yRange), true);
  WriteLn('Goal is wall: ');
  WriteLn('Start: x:', High(xRange), ', y:', Low(yRange));
  WriteLn('Goal : x:',Low(xRange), ', y:', High(yRange));
  WriteLn('Shortest path: ', FindPathInRaster.ShortestPathLength(High(xRange), Low(yRange),
Low(xRange), High(yRange)));
  FindPathInRaster.PrintGameField;

  WriteLn;
  WriteLn('-------------------------------------------------');
  FindPathInRaster.Reset;
  FindPathInRaster.SetCell(5, 1, true);
  FindPathInRaster.SetCell(5, 2, true);
  FindPathInRaster.SetCell(5, 3, true);
  FindPathInRaster.SetCell(5, 4, true);
  FindPathInRaster.SetCell(1, 4, true);
  FindPathInRaster.SetCell(2, 4, true);
  FindPathInRaster.SetCell(3, 4, true);
  FindPathInRaster.SetCell(4, 4, true);
  FindPathInRaster.SetCell(5, 4, true);
  WriteLn('Goal is enclosed: ');
  WriteLn('Start: x:', High(xRange), ', y:', Low(yRange));
  WriteLn('Goal : x:', 2, ', y:', 2);
  WriteLn('Shortest path: ', FindPathInRaster.ShortestPathLength(High(xRange), Low(yRange), 2,
2));
  FindPathInRaster.PrintGameField;

  FindPathInRaster.Reset;
  WriteLn('Path found ');
  top := true;
  FOR i := (Low(xRange) + 1) TO (High(xRange) - 1) DO BEGIN
    FOR j := Low(xRange) TO High(yRange) DO BEGIN
      IF (((i mod 2) <> 0) AND (top) AND (j > Low(yRange))) THEN BEGIN
        FindPathInRaster.SetCell(i, j, true);
      END
      ELSE IF (((i mod 2) <> 0) AND (NOT top) AND (j < High(yRange))) THEN BEGIN
        FindPathInRaster.SetCell(i, j, true);
      END;
    END;
    IF ((i mod 2) <> 0) THEN BEGIN
      IF (top) THEN BEGIN
        top := false;
      END
      ELSE BEGIN
        top := true;
      END;
    END;
  END;
  WriteLn;
  WriteLn('Start: x:', Low(xRange), ', y:', Low(yRange));
  WriteLn('Goal : x:', High(xRange), ', y:', High(yRange));
  WriteLn('Shortest path: ', FindPathInRaster.ShortestPathLength(Low(xRange), Low(yRange),
High(xRange), High(yRange)));
  FindPathInRaster.PrintGameField;
END;

BEGIN
  TestReset;
  TestSetCell;
  TestPathExists;
  TestShortestPathLength;
END.
```

2.3 Tests

Folgend sind Tests der FindPathInRasterUnit angeführt.

2.3.1 Reset / PrintGameField

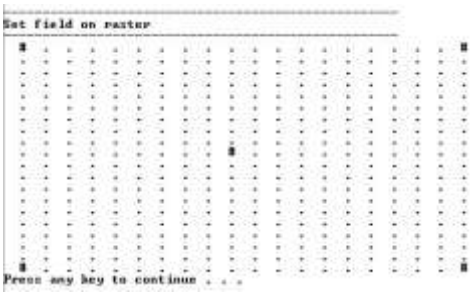
Dieser Test testet die Prozedur Reset, die das Gedächtnis (Spielfeld) zurücksetzt, in dem sie ein leeres Spielfeld. Gleichzeitig wird hierbei auch die Prozedur PrintGameField getestet, die das Spielfeld auf der Konsole ausgibt.



Nachdem Felder auf dem Speilfeld platziert wurden und die Prozedur Reset aufgerufen wurde, ist zu sehen, das das Spielfeld zurückgesetzt wurde.

2.3.2 SetCell

Dieser Test testet die Prozedur SetCell, mit der Felder am Spielfeld gesetzt werden können.



Hierbei ist zu sehen, dass die Wände am Spielfeld entsprechend der definierten Koordinaten gesetzt wurden. (Siehe Test Source)

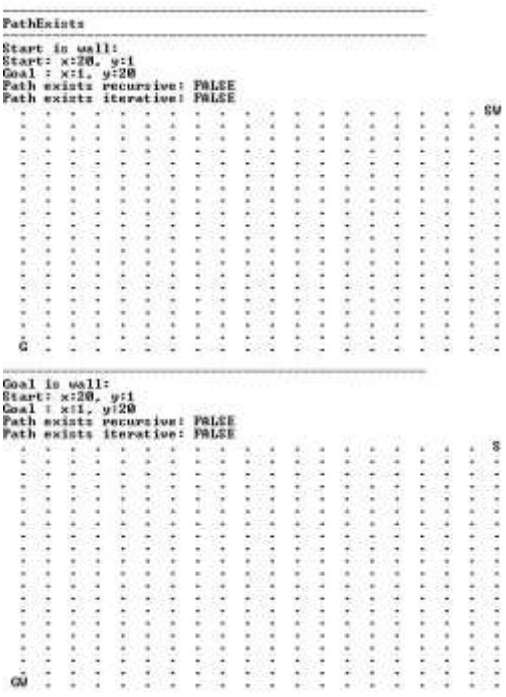
2.3.3 PathExists

Dieser Test testet die Prozedur PathExists.

Folgende Symbole sind wie folgt zu interpretieren:

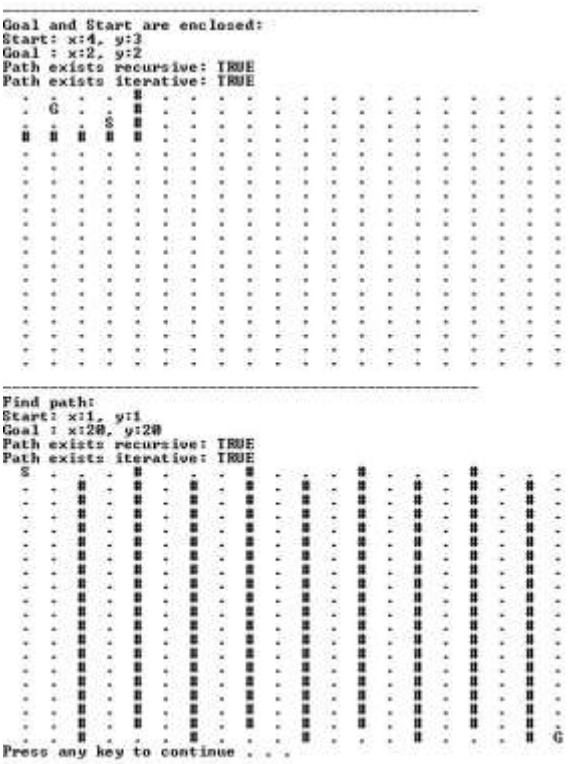
1. S = Start
2. G = Goal
3. SW = Start ist eine wand
4. GW = Goal ist eine Wand

<u>Kein Pfad existiert:</u>



Sollte kein Pfad existieren, so wird als Resultat FALSE zurückgeliefert. Dies erfolgt wen entweder der Start oder das Ziel eine Wand sind oder wenn das Ziel nicht erreicht werden kann.

Pfad ist vorhanden:

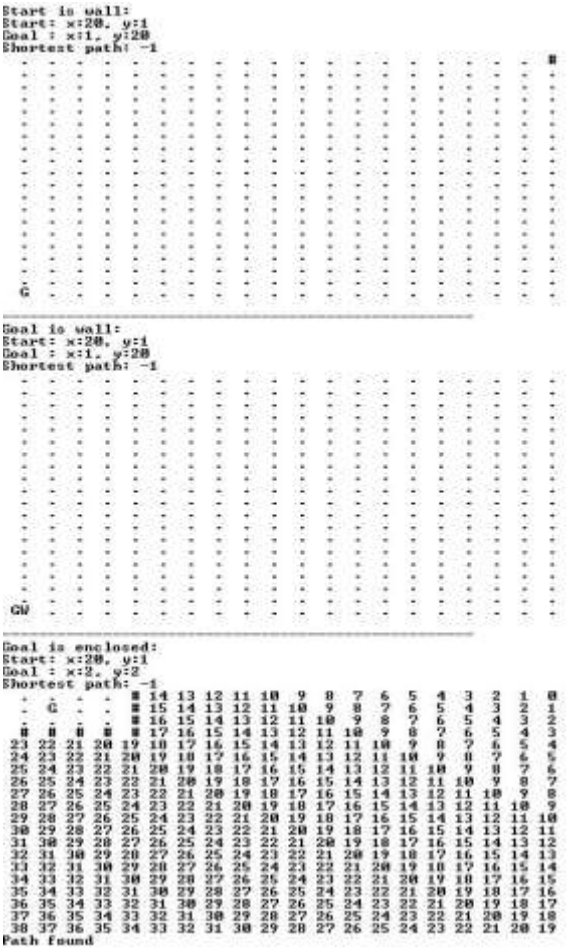


Sollte ein Pfad vorhanden sein so wird als Resultat TRUE zurückgeliefert.

2.3.4 LengthOfShortestPath

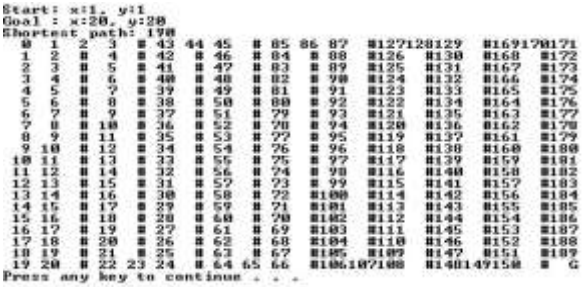
Dieser Test testet die Prozedur LengthOfShortestPath.

Kein Pfad vorhanden:



Hierbei ist zu sehen, dass wenn der Start oder das Ziel eine Wand sind kein Pfad ermitteln kann. Sollte das Ziel von Wänden eingeschlossen sein, so ist zu sehen, wie der Algorithmus sich dem Ziel annähert.

Pfad vorhanden:



Hierbei ist zu sehen wie sich der Algorithmus sich dem Ziel erfolgreich annähert und auch das Ziel erreichen kann.