

Workshop „Algorithmen in spielerischer Form“

Prof. Dr. Michael Fothe
Casio-Stiftungsprofessur, Friedrich-Schiller-Universität Jena
fothe@minet.uni-jena.de

1 Einführung

In diesem Beitrag werden drei Rollenspiele beschrieben, die der Verfasser in der 1. und 3. Phase der Lehrerbildung eingesetzt hat. In den Rollenspielen „Fakultätsberechnung“ und „Baum minimaler Höhe“ geht es um rekursive Algorithmen, das Rollenspiel „Verschlüsseln“ thematisiert iterative Algorithmen (vgl. [Fo05a]). Die Rollenspiele wurden auch im Informatikunterricht an allgemeinbildenden Gymnasien erprobt. Arbeitsergebnisse waren u. a. Gegenstand eines Workshops auf der INFOS 2005 (vgl. [Fo05b]). Anschließend werden Konzeption und Durchführung einer Veranstaltung zum Thema „Algorithmen in spielerischer Form“ auf dem Jenaer Tag der Informatik (7. Oktober 2006) aufgearbeitet. Diese einstündige Veranstaltung war ein Beitrag zum Informatikjahr und reihte sich in die Vortragsschiene „Informatik ohne Rechner – Phänomene der Informatik für Kinder von 10 bis 99“ ein. Als Rahmen wurde das Thema „Mobiltelefon“ gewählt. Zum Abschluss wird analysiert, welche Bedeutung die Darstellungsweisen des Wissens und Könnens von Bruner bei den beschriebenen Rollenspielen besitzen. Dabei wird von der These ausgegangen, dass alle drei Darstellungsweisen von Relevanz sind, auch wenn für Rollenspiele die enaktive Repräsentation kennzeichnend ist.

2 Zum Einsatz von Rollenspielen im Informatikunterricht

- Mit Rollenspielen können Vorgänge / Algorithmen veranschaulicht werden.
- Die Regeln für das Rollenspiel können unterschiedlich strikt formuliert sein. Strikte Regeln haben ein determiniertes Handeln des Menschen zur Folge. Weniger strikte Regeln ermöglichen auch autonomes und nicht determiniertes Handeln.
- Rollenspiele sollen möglichst einfach gestaltet werden. Dadurch können die Lernenden unmittelbar mit im Spiel agieren und werden dann sowohl zu Zuhörern und Betrachtern der Mitspieler als auch selbst zu einem Bestandteil des dargestellten Systems.
- Solche handlungsorientierte Gruppenarbeit kann gruppenspezifische Lernprozesse und kooperatives Lernen initiieren.
- Rollenspiele können Kommunikation über fachliche Themen anbahnen. Dazu gehört auch das gegenseitige Hinweisen auf Fehler, Ungenauigkeiten und Verbesserungsmöglichkeiten.
- Rollenspiele gibt es mittlerweile in vielen Unterrichtsfächern. Dadurch sind die Schülerinnen und Schüler an diese Methode gewöhnt, was deren Einsatz im Informatikunterricht erleichtert.
- Der Aufwand für ein Rollenspiel ist vergleichsweise gering. Man denke als Alternative an das Entwerfen und Implementieren eines Informatiksystems (vgl. [Di03]).

3 Rollenspiele zu Rekursion und Iteration

3.1 Fakultätsberechnung

In dem Rollenspiel geht es um die Berechnung von Funktionswerten der Fakultätsfunktion mithilfe der rekursiven Formel $n! = n * (n-1)!$ mit dem Basisfall $0! = 1$. An der Berechnung von $4!$ wirken die fünf Schülerinnen und Schüler A, B, C, D und E mit. Jeder Mitwirkende ist für einen Funktionsaufruf zuständig und arbeitet ihn ab. Schüler A soll $4!$ berechnen. Er löst den Arbeitsauftrag („rekursiver Aufruf“) an Schüler B aus, nämlich $3!$ zu berechnen. B liefert

später das Ergebnis 6 und A hat dann noch $4 * 6$ zu rechnen. Das gesamte Vorgehen ist im folgenden Kasten beschrieben.

A soll $4!$ berechnen. A weiß, dass $4! = 4 * 3!$ gilt und kennt jemanden, der $3!$ berechnen kann.
 B soll $3!$ berechnen. B weiß, dass $3! = 3 * 2!$ gilt und kennt jemanden, der $2!$ berechnen kann.
 C soll $2!$ berechnen. C weiß, dass $2! = 2 * 1!$ gilt und kennt jemanden, der $1!$ berechnen kann.
 D soll $1!$ berechnen. D weiß, dass $1! = 1 * 0!$ gilt und kennt jemanden, der $0!$ berechnen kann.
 E weiß, dass $0! = 1$ gilt und teilt dies D mit.
 D rechnet $1 * 1 = 1$ und teilt das Ergebnis C mit.
 C rechnet $2 * 1 = 2$ und teilt das Ergebnis B mit.
 B rechnet $3 * 2 = 6$ und teilt das Ergebnis A mit.
 A rechnet $4 * 6 = 24$ und ist fertig.

Das Rollenspiel kann modifiziert werden. Möglichkeiten dafür sind das Berechnen von $5!$, das Einbeziehen von mehr Schülern, als für die Arbeit benötigt werden, und das Abarbeiten des Rollenspiels ohne Abbruchbedingung. Der Basisfall wird also außer Acht gelassen und es wird konsequent weiter abgearbeitet.

3.2 Baum minimaler Höhe

Ein binärer Baum minimaler Höhe soll aus einer vorgegebenen Anzahl an Knoten erstellt werden. Das ist eine Standardaufgabe bei der Arbeit mit binären Bäumen. (Die Suchbaum-Eigenschaft muss nicht erfüllt sein.) Nachfolgend sind die Regeln für das Rollenspiel angegeben:

- Schüler A erhält von seinem Auftraggeber den Auftrag: „Erstelle Baum mit n Knoten“. Schüler A sagt: „Ich bin die Wurzel“ und rechnet $nL = n \text{ DIV } 2$. Dann gibt er Schüler B den Auftrag: „Erstelle linken Teilbaum mit nL Knoten“.
- Nachdem Schüler B seinen Auftrag erledigt hat, teilt er dem Schüler A mit: „Auftrag erledigt“. Schüler A rechnet dann $nR = n - nL - 1$ und gibt Schüler C den Auftrag: „Erstelle rechten Teilbaum mit nR Knoten“.
- Nachdem Schüler C seinen Auftrag erledigt hat, teilt er dem Schüler A mit: „Auftrag erledigt“. Schüler A informiert nun seinen Auftraggeber über die Erledigung des Auftrags.
- Die Regeln werden rekursiv angewandt.
- Beim Auftrag „Erstelle linken/rechten Teilbaum mit 0 Knoten“ gibt der beauftragte Schüler NIL zurück. Der leere Teilbaum entspricht dem Basisfall („rekursiver Abbruch“).
- Die Schüler, die in die Erstellung des Baumes einbezogen sind, stellen sich in Form eines binären Baumes auf.
- Der Lehrer löst den gesamten Prozess aus, indem er einem Schüler z. B. den Auftrag gibt: „Erstelle Baum mit 10 Knoten“ (siehe Abbildung 1).

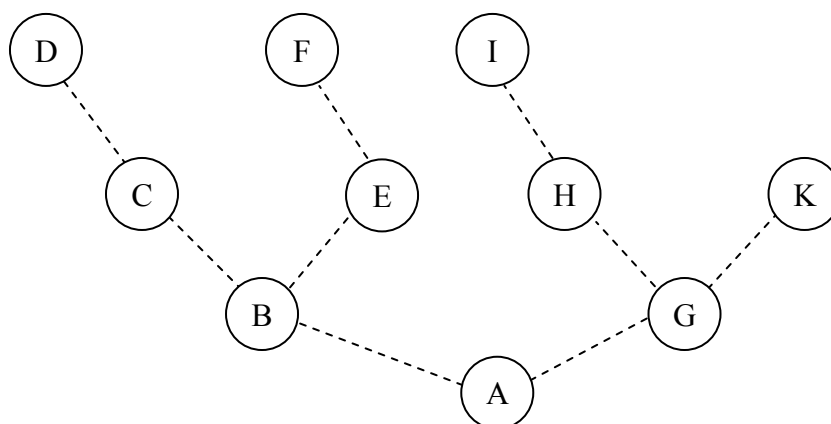


Abbildung 1: Binärer Baum minimaler Höhe, der bei Mitwirkung der zehn Schüler A, B, C, D, E, F, G, H, I und K entsteht (Blickrichtung von „unten“ nach „oben“)

3.3 Verschlüsseln

Anna und Bert wollen sicher kommunizieren (zu Details des Rollenspiels vgl. [Fo06]). Sie verwenden dazu ein symmetrisches Verschlüsselungsverfahren (Beispiel: DES-Algorithmus). In einer ersten Szene erzeugt Anna einen Sitzungsschlüssel und sendet diesen an Bert. Mit diesem Schlüssel werden die Nachrichten ver- und entschlüsselt. Weitere Szenen stellen mögliche Angriffe von dritter Seite und Abwehrmaßnahmen dagegen dar. Dabei wird ein asymmetrisches Verschlüsselungsverfahren eingesetzt (Beispiel: RSA-Algorithmus). Die Szenen des Rollenspiels werden von Anna, Bert, Clara, Dirk und einem Schüler, der ein Trustcenter darstellt, aufgeführt. Dabei kommen farbige Karten zum Einsatz. Zu Beginn einer Szene wählen die Schülerinnen und Schüler die richtigen Karten aus und bringen diese in die richtige Reihenfolge. Beim Erläutern der Vorgänge halten die Schüler die Karten wie beim Kartenspiel – jedoch deutlich sichtbar für ihre Mitschüler. Benötigte Schlüssel und Texte werden von einem zu einem anderen Akteur „physisch“ übergeben. Die Szenen des Rollenspiels können bei der Erarbeitung der verschiedenen Verfahren isoliert aufgeführt werden. Möglich ist auch die Aufführung aller Szenen nacheinander in einer Festigungsphase. Das Rollenspiel soll das Verstehen sowohl einfacher als auch komplexer Handlungsabläufe fördern, die beim Thema „Verschlüsseln“ auftreten. Ein Beispiel soll hier genauer dargestellt werden. Es geht um das Erzeugen der digitalen Signatur (digitale Unterschrift). Vom Klartext wird zuerst der Hashwert mithilfe eines Hashverfahrens berechnet (Beispiel: MD5-Algorithmus). Der Hashwert wird mit dem privaten Schlüssel des Absenders (in unserem Fall ist es Bert) signiert und es entsteht die digitale Signatur (siehe Abbildung 2). Bert verschickt dann den Klartext und die digitale Signatur an Anna. Anna überprüft mithilfe des öffentlichen Schlüssels von Bert die digitale Signatur und erhält dabei den Hashwert vom Klartext. Sie berechnet vom erhaltenen Klartext den Hashwert neu und vergleicht diesen mit dem übermittelten Hashwert. Eine Variante wäre das zusätzliche Verschlüsseln des Klartextes zusammen mit der digitalen Signatur. In diesem Fall würde Bert nur den dabei entstehenden Geheimtext an Anna senden.

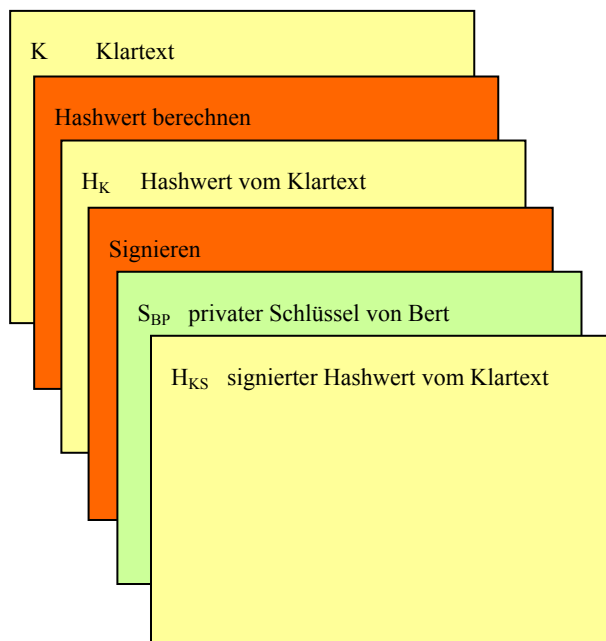


Abbildung 2: Karten, die zum Erläutern der digitalen Signatur verwendet werden

4 Jenaer Tag der Informatik

4.1 Konzeptionelle Überlegungen

In einer ersten Vorüberlegung wurden diverse Algorithmen aufgelistet, die sich möglicherweise für den Einsatz eignen könnten: Permutationen von Elementen; Sortieren durch Minimumsuche; Sortieren durch Mischen; Sortieren mit dem „Stabcomputer“; Lineares Suchen; Komprimieren einer Bitfolge; Verschlüsselung bei Mobiltelefonen; Konvexe Hülle; Lagebeziehungen zwischen Punkt und Polygon; Kellerautomat nach DIJKSTRA; Listenverarbeitung; Baum minimaler Höhe; Durchlaufen eines Baumes. Die Vorschläge wurden nach folgenden Kriterien eingeschätzt: Relevanz, Anwendbarkeit, Altersgemäßheit, Umsetzbarkeit in eine spielerische Form, Eigenaktivität der Kinder und Sichtbarkeit für die Zuschauer. Bei der Konzeption wurden nun einige Algorithmen ausgewählt. Dabei war zu beachten, dass eine Veranstaltung mit einem „roten Faden“ unter konkreten Bedingungen (Zeit, Ort) zu konzipieren war. Nach eingehender Diskussion wurde das Rahmenthema „Mobiltelefon“ gewählt.

4.2 Umsetzung

a) Komprimieren (Packen)

Dateien, die von einem Mobiltelefon versandt werden, bestehen aus Folgen von Nullen und Einsen. Ein Beispiel ist eine Bilddatei. Wie kann eine solche Datei möglichst schnell und kostengünstig übertragen werden? Als Lösung bietet es sich an, die Datei zu komprimieren. Den Teilnehmern wurde der folgende einfache Algorithmus zum Komprimieren einer Datei vorgestellt: Die Datei wird von vorn nach hinten durchlaufen. Fünf aufeinander folgende Nullen werden durch ein „N“ ersetzt. Fünf aufeinander folgende Einsen werden durch ein „E“ ersetzt.

Beispiel:

Aus der Bitfolge 001111110100011111000000010101000000000000 wird die Zeichenfolge 00E101000EN0010101NN00.

Jeder Teilnehmer bekam ein Blatt mit einer Null oder Eins in die Hand. Die Teilnehmer stellten sich in einer Reihe auf und hielten das Blatt vor sich. Dann wurde die Reihe von vorn nach hinten durchlaufen und es wurde „komprimiert“: Fünf Teilnehmer, die nebeneinander standen und die gleiche Zahl in der Hand hatten, traten aus der Reihe heraus. Ein Teilnehmer mit einem Blatt mit einem „N“ bzw. „E“ trat für sie in die Reihe hinein. Nach dem vollständigen Packen wurde der Umkehrvorgang, das Entpacken, durchgeführt. Das Komprimieren erwies sich (glücklicherweise!) als verlustfrei.

Die Teilnehmer hatten dann die Aufgabe, sich so hinzustellen, dass ein Komprimieren nach der vorgegebenen Vorschrift nicht möglich war. Dazu nahmen sie, wie bereits am Anfang, ein Blatt mit einer Null oder Eins in die Hand. Die Teilnehmer sollten erkennen, dass höchstens vier Nullen bzw. höchstens vier Einsen benachbart sein dürfen.

Ergänzend wurde der Hinweis gegeben, dass die Zeichen „N“ und „E“ bei der Programmierung durch Nullen und Einsen zu codieren wären. Es liegen insgesamt vier Zeichen vor. Zum Codieren eines Zeichens würden daher 2 Bit benötigt. Eine Null könnte z. B. durch 00, eine Eins durch 11, ein „N“ durch 01 und ein „E“ durch 10 codiert werden. Dies schmälert den Gewinn beim Komprimieren.

b) Verschlüsseln bei Mobiltelefonen

Wie können Daten zwischen einem Mobiltelefon und der Basisstation so übertragen werden, dass kein Unbefugter mithören kann? Die Daten müssen verschlüsselt werden. Das Ver- und Entschlüsseln geschieht mithilfe der folgenden Tabelle.

\square	0	1
0	0	1
1	1	0

Für die mit der Tabelle beschriebene Operation gilt:

$$a \square b = (a + b) \text{ MOD } 2$$

Wesentlicher Zusammenhang:

$$(a \square b) \square b = a$$

Begründung: Die \square -Operation ist assoziativ.

$$(a \square b) \square b = a \square (b \square b) = a \square 0 = a$$

Den Teilnehmern wurde erläutert, dass die in das Mobiltelefon gesprochenen Töne digitalisiert werden. Dabei entsteht eine Bitfolge. Die einzelnen Bits dieser Bitfolge werden im Mobiltelefon verschlüsselt. Es sei a ein Bit aus der Bitfolge der digitalisierten Töne. Es sei b ein Bit, das zum Verschlüsseln verwendet wird. Im Mobiltelefon wird zum Verschlüsseln

$$c = a \square b$$

gerechnet. Das Bit c wird mit Funk übertragen.

In der Basisstation wird das Bit b zum Entschlüsseln verwendet. Dazu wird

$$d = c \square b$$

gerechnet. Wegen des o. g. wesentlichen Zusammenhangs gilt $d = a$, d. h. nach dem Ver- und Entschlüsseln erhält man wieder das Bit a . Ein Bösewicht, der das Bit c abhört, kann mit dieser Information nichts anfangen, da er nicht über das Bit b zum Entschlüsseln verfügt. Im Mobiltelefon und in der Basisstation wird mithilfe eines geheimen Algorithmus die gleiche Bitfolge zum Ver- und Entschlüsseln erzeugt.

Für das Rollenspiel werden grüne, blaue, gelbe und rote Karten benötigt. Auf den Karten steht jeweils eine Null oder eine Eins. Die grünen Karten stellen die Bitfolge dar, die verschlüsselt werden soll. Die blauen Karten repräsentieren die Bitfolge zum Ver- und Entschlüsseln. Der Satz blauer Karten liegt zweifach mit der genau gleichen Kartenreihenfolge vor. Gelbe Karten stellen das Ergebnis des Verschlüsseln, rote Karten das Ergebnis des Entschlüsseln dar.

Das Verschlüsseln im Mobiltelefon verdeutlicht Abbildung 3. Die beiden Bits, die auf der vorn anstehenden grünen und auf der vorn anstehenden blauen Karte stehen (in unserem Beispiel 0 und 1), werden verknüpft. Die gelbe „Resultatkarte“ (mit einer 1) wird zur Basisstation transportiert. Die bearbeitete grüne und blaue Karte werden zur Seite gelegt.

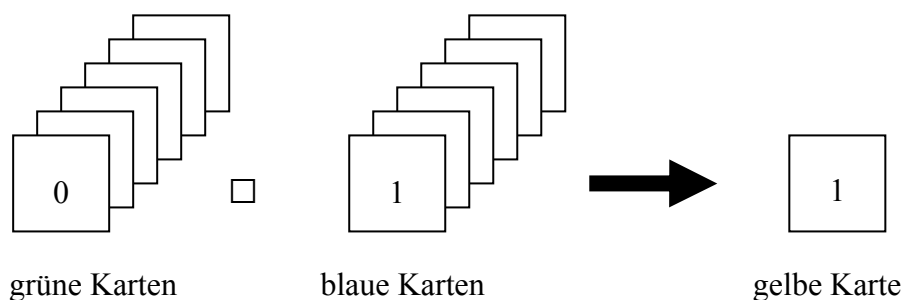


Abbildung 3: Verschlüsseln im Mobiltelefon

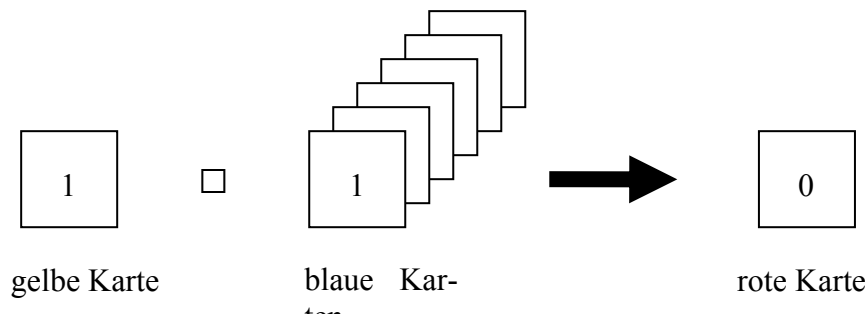


Abbildung 4: Entschlüsseln in der Basisstation

Das sich anschließende Entschlüsseln in der Basisstation zeigt Abbildung 4. Die beiden Bits, die auf der eben transportierten gelben Karte und auf der vorn anstehenden blauen Karte stehen (in unserem Beispiel 1 und 1), werden verknüpft. Das Ergebnis 0 wird durch eine rote „Resultatkarte“ dargestellt. Zum Schluss wird die rote mit der grünen Karte vom Anfang verglichen. Wenn die Vorgänge für das Ver- und Entschlüsseln korrekt vorgenommen wurden, so tragen beide Karten die gleiche Aufschrift.

Am Ver- und Entschlüsseln wirkten jeweils drei Teilnehmer mit, die die Karten bereitstellten, die Rechnungen ausführten und die Karten transportierten.

c) Sortieren durch Minimumsuche

Für das Erzeugen eines sortierten Telefonbuches im Mobiltelefon wird ein Algorithmus zum Sortieren benötigt. In der Veranstaltung wurde das Sortieren durch Minimumsuche durchgeführt. Einige Teilnehmer erhielten eine Karte mit einem Vornamen. Zum Herausfinden des jeweiligen Minimums war es erforderlich, in die Vornamen eine Ordnung zu bringen. Dazu wurde festgelegt, dass der Vorname a „kleiner“ als der Vorname b ist, wenn er weiter vorn in einem Wörterbuch steht. Als „kleinster“ Vorname wird in unserem Beispiel Erik herausgefunden. Erik und Julia tauschen ihre Plätze. Abbildung 5 verdeutlicht den Verlauf der Abarbeitung des Algorithmus.

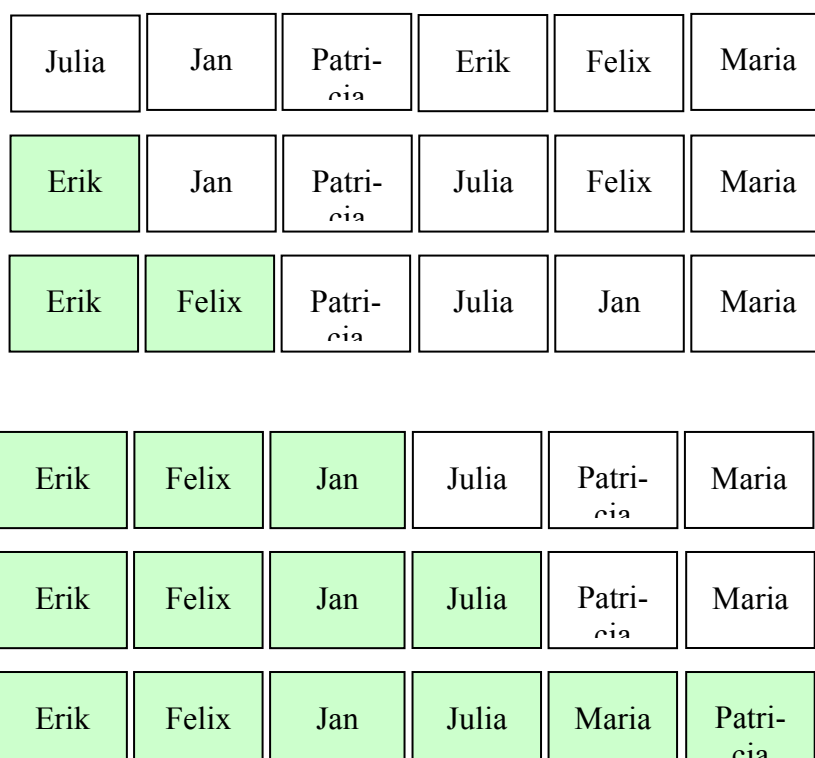


Abbildung 5: Sortieren durch Minimumsuche (Mitwirkung von sechs Personen)

d) Lagebeziehung von Punkt und Polygon

Die aktuelle Position eines Mobiltelefons sei bekannt. Es soll herausgefunden werden, ob sich das Mobiltelefon in einem bestimmten Gebiet befindet. Die Problemstellung wird genauer formuliert: Für ein gegebenes Polygon und einen gegebenen Punkt soll ermittelt werden, ob der Punkt im Polygon liegt. Das Polygon darf konvex oder konkav sein, nicht jedoch überschlagen.

An Material wurden zwei Schnüre bereitgestellt (mit 10 m und 20 m Länge). Zuerst spannten vier Teilnehmer mit der langen Schnur ein Rechteck auf, indem jeder eine Ecke festhielt (siehe Abbildung 6). Die Polygone wurden schrittweise immer komplexer, bis eine Figur entstand, an der zehn Teilnehmer mitwirkten (siehe Abbildung 7). Zusätzlich repräsentierte ein Teilnehmer das Mobiltelefon (in den Abbildungen als M dargestellt) und ein anderer Teilnehmer stellte einen Punkt dar, der sich garantiert außerhalb des Polygons befand (in den Abbildungen als A dargestellt). Die Strecke MA wurde durch die kurze Schnur gebildet. Diese Strecke darf nicht durch eine Ecke des Polygons gehen. Um dies zu erreichen, muss sich A eventuell etwas nach links oder rechts bewegen. Ein Grundschul-Kind erkannte zum allgemeinen Erstaunen sofort die Gesetzmäßigkeit: Eine ungerade Anzahl an Seiten des Polygons, die von der Strecke MA geschnitten werden, bedeutet, dass M im Polygon liegt. Andernfalls liegt M außerhalb des Polygons. In unserem Beispiel sind es zwei bzw. fünf Seiten.

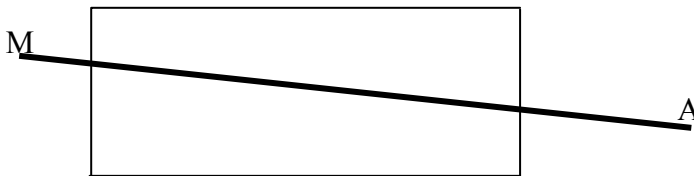


Abbildung 6: Das Mobiltelefon M befindet sich außerhalb des Rechtecks

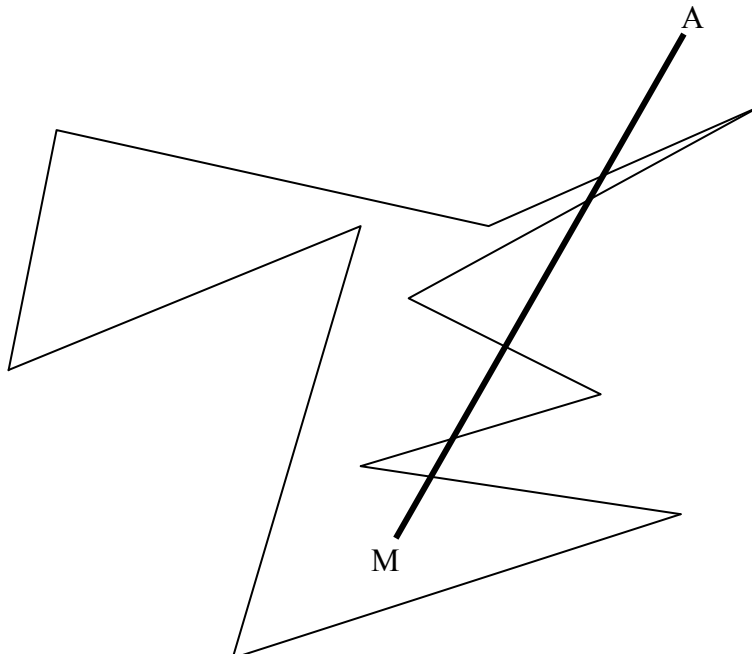


Abbildung 7: Befindet sich das Mobiltelefon M inner- oder außerhalb des Polygons?

e) Konvexe Hülle

Gesucht ist das kleinste Gebiet, in dem sich mehrere Mobiltelefone befinden. Mathematisch formuliert soll die konvexe Hülle für eine vorgegebene Punktmenge ermittelt werden. Auf dem Fußboden des Hörsaales wurde ein Koordinatensystem mit einem Klebestreifen aufgeklebt. Mehrere Teilnehmer stellten sich zufällig verteilt in das Koordinatensystem. Eine erste Idee zum Ermitteln der konvexen Hülle war das Verwenden eines „Gummiband-Computers“. Dieser analoge „Computer“ nutzt die physikalischen Eigenschaften eines Gummibandes aus. Das Gummiband wurde von außen um die Gruppe der Teilnehmer gelegt, und dann wurde straff gezogen. Nun wurde diskutiert, dass aus guten Gründen meistens Digitalcomputer verwendet werden. Als weitere Lösungsmöglichkeit wurde das Einwickeln der Punktmenge (wrap) verfolgt (siehe Abbildung 8). Dazu erhielten alle Teilnehmer in zufälliger Reihenfolge eine gelbe Karte mit einer fortlaufenden Nummer (1, 2, 3,...), und es wurde der Teilnehmer mit dem kleinsten y-Wert ermittelt. Von diesem ausgehend wurde virtuell ein Strahl nach rechts gelegt. Nun wurden von dem Teilnehmer mit dem kleinsten y-Wert alle anderen Teilnehmer in der Reihenfolge 1, 2, 3,... angepeilt, und es wurde der Winkel zwischen dem Strahl nach rechts und dem „Peilstrahl“ betrachtet. Der kleinste Winkel wurde ermittelt. Der dazugehörige Teilnehmer wurde zur konvexen Hülle hinzugefügt. Dieser Teilnehmer war Ausgangspunkt für den nächsten Arbeitsschritt. Die Teilnehmer, die zur konvexen Hülle hinzegenommen wurden, erhielten nacheinander rote Karten mit der Aufschrift 1, 2, 3,... Abschließend wurde die Idee der inneren Elimination besprochen.

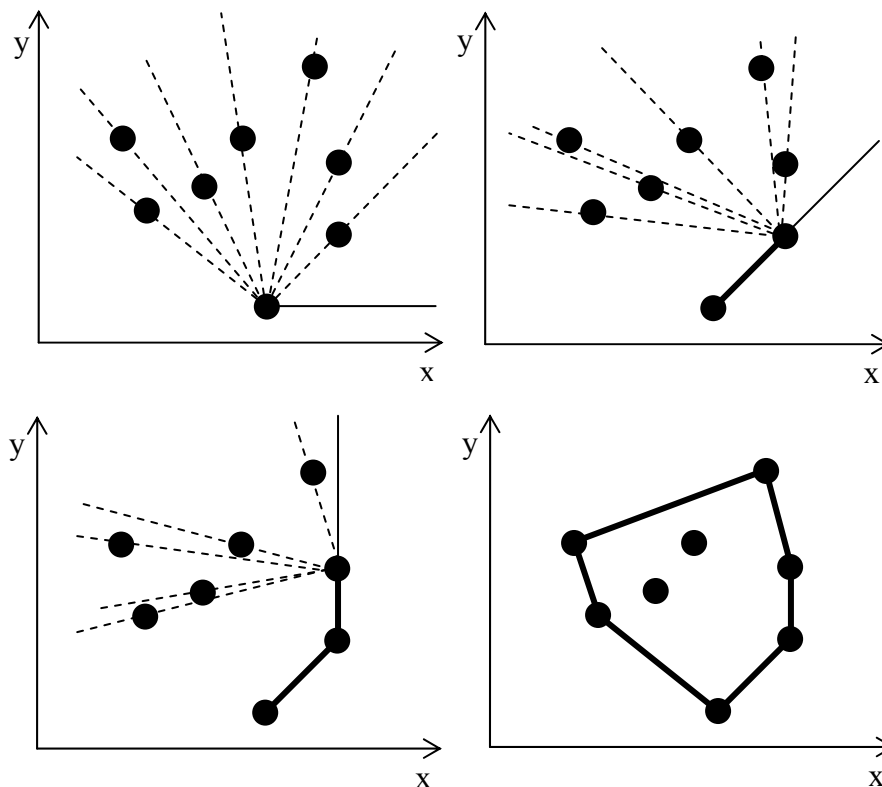


Abbildung 8: Ermitteln der konvexen Hülle (die ersten drei Arbeitsschritte und das Resultat)

5 Rollenspiele und Darstellungsweisen des Wissens und Könnens

Die Darstellungsweisen des Wissens und Könnens von Bruner sind nicht nacheinander zu durchlaufen, sondern wechselseitig aufeinander bezogen. Bruner unterscheidet die enaktive, ikonische und symbolische Repräsentation (vgl. [Br70] und [WW02, S. 36 f.]). Zweifellos ist für Rollenspiele die enaktive Repräsentation kennzeichnend. Man ist geradezu geneigt, Rollenspiele als *das* Beispiel für diese Darstellungsweise anzusehen.

Die Regeln für alle Rollenspiele in diesem Beitrag waren in Textform gegeben, was einer symbolischen Repräsentation entspricht.

Im Unterricht kann der Übergang vom Rollenspiel zum Computerprogramm erfolgen. Dieses Überführen von einer enaktiven in eine symbolische Repräsentation ist bei allen dargestellten Rollenspielen möglich. Beispiele sind die Rollenspiele „Fakultätsberechnung“ und „Baum minimaler Höhe“. Nach dem Aufführen des Rollenspiels wird ein entsprechendes Computerprogramm entworfen und implementiert. Dabei können die Schülerinnen und Schüler auf die Erfahrungen zurückgreifen, die sie mit dem Rollenspiel gewonnen haben. Beim Rollenspiel „Baum minimaler Höhe“ soll auf einen wesentlichen Unterschied zwischen Rollenspiel und Computerprogramm hingewiesen werden: Ein Schüler, der seinen Auftrag erledigt hat, hat seinem Auftraggeber nicht nur „Auftrag erledigt“ wie beim Rollenspiel, sondern zusätzlich einen Zeiger auf sich selbst (genauer: auf den von ihm geschaffenen Teilbaum) zurückzugeben. Mithilfe dieser Zeiger werden die Knoten des binären Baumes in der richtigen Art und Weise miteinander verbunden.

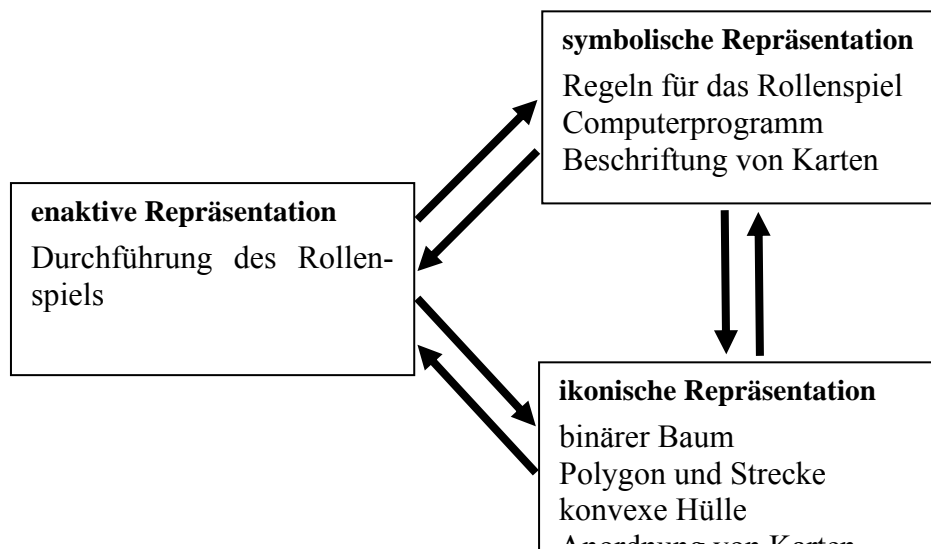


Abbildung 9: Beziehungen zwischen den Darstellungsweisen bei Rollenspielen

Beim Rollenspiel „Baum minimaler Höhe“ geht die enaktive in die ikonische Repräsentation über. Jeder Schüler arbeitet einen (rekursiven) Prozeduraufruf ab. Am Ende verkörpert er einen Knoten des binären Baumes. Die Schüler stellen sich in Form eines binären Baumes auf. Sie stellen den Baum dar. Sie sind der Baum. Das Ergebnis des Rollenspiels ist somit ein Bild, das durch die Handelnden aufgebaut wird (siehe Abbildung 1). Anschließend lässt sich der übliche binäre Baum z. B. als Tafelbild erzeugen (siehe Abbildung 10). Weitere Beispiele sind das Bild, das aus dem Polygon und der Strecke MA beim Rollenspiel „Lagebeziehung von Punkt und Polygon“ gebildet wird, und die konvexe Hülle, die beim gleichnamigen Rollenspiel aus Teilnehmern aufgebaut wird.

In mehreren vorgestellten Rollenspielen werden beschriftete Karten eingesetzt. Von besonderer Bedeutung in der Informatik sind die Zeichen für ein Bit. Karten mit einer 0 oder 1 werden in den Rollenspielen „Komprimieren (Packen)“ und „Verschlüsseln bei Mobiltelefonen“ verwendet. Im erstgenannten Rollenspiel werden zusätzlich Karten mit den Zeichen „N“ und „E“ eingesetzt. Weitere Möglichkeiten sind Karten mit Vornamen im Rollenspiel „Sortieren durch Minimumsuche“ und Karten für die Reihenfolgen 1, 2, 3... im Rollenspiel „Konvexe Hülle“. Mitunter ist die Farbe der Karten von Bedeutung. Beim Rollenspiel „Verschlüsseln bei Mobiltelefonen“ macht die Farbe der Karte deutlich, woher das Bit stammt und wie es weiter verwendet werden soll. Im Rollenspiel „Verschlüsseln“ werden die Vorgänge durch rote Karten, die Texte durch gelbe Karten und die Schlüssel durch grüne Karten dargestellt. Die Karten dienen der Visualisierung und stellen eine Kommunikationshilfe dar.

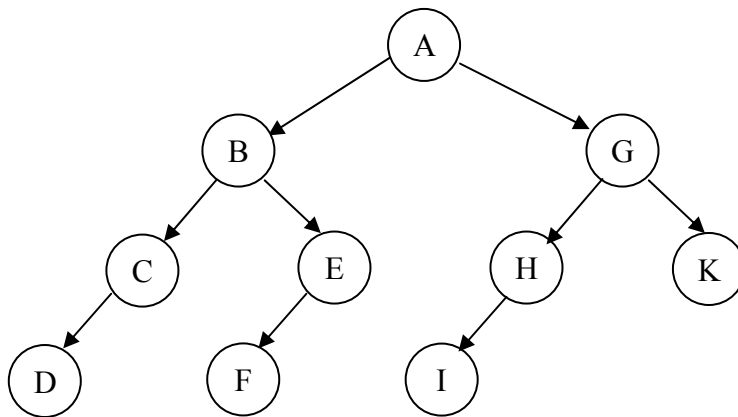


Abbildung 10: Der binäre Baum aus Abbildung 1 in üblicher Notation

Als Fazit kann festgestellt werden, dass die im Abschnitt 1 genannte These durch die in diesem Beitrag beschriebenen Rollenspiele gestützt wird. Gerade ein Wechsel zwischen den drei Darstellungsweisen bietet interessante Möglichkeiten für die Unterrichtsgestaltung (siehe Abbildung 9).

Referenzen

- [Br70] Bruner, J. S.: Der Prozess der Erziehung. Berlin Verlag, Berlin 1970
- [Di03] Dißmann, S.: Handlungsorientiertes Erlernen von Programmkonstruktionen anhand von Rollenspielen. In: INFOS 2003 – Informatische Fachkonzepte im Unterricht. Lecture Notes in Informatics (LNI) – Proceedings. Bonn 2003, S. 249-260
- [Fo05a] Fothe, M.: Rekursion. Ein Thema für den Informatikunterricht. LOG IN Heft Nr. 133 (2005), S. 46-54
- [Fo05b] Fothe, M. et al.: Rollenspiele im Informatikunterricht – Arbeitsergebnis eines Projektes zur Schulentwicklung in Thüringen. In: Praxisband zur INFOS'05. Technische Berichte der Fakultät Informatik der TU Dresden, S. 67 f.
- [Fo06] Fothe, M.: Ein Rollenspiel zum Verschlüsseln. LOG IN Heft Nr. 138/139 (2006), S. 82-85
- [WW02] Weigand, H.-G.; Weth, T.: Computer im Mathematikunterricht. Neue Wege zu alten Zielen. Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg, Berlin 2002
- Quelle: Fothe, M.: Algorithmen in spielerischer Form. In: Stechert, P. (Hrsg.): Informatische Bildung in der Wissensgesellschaft. Reihe Medienwissenschaften, Band 6. ©Universitätsverlag der Universität Siegen 2007, S. 31-42