

Jens Gallenbacher

Experimentieren mit den Bastelbögen zu Abenteuer Informatik



Anleitungen und Kurzbeschreibungen zu den Bastelbögen, die als Begleitmaterial zur Ausstellung „Abenteuer Informatik“ sowie zum Buch „Abenteuer Informatik“ freundlicherweise von der Hopp-Foundation kostenlos zur Verfügung gestellt werden. Mit ihrer Hilfe können wesentliche Ideen der Informatik im wörtlichen Sinne „begriffen“ werden.

Es handelt sich um gekürzte und leicht vereinfachte Texte aus dem Buch „Abenteuer Informatik“ (ISBN 978-3-662-53964-4 und ISBN 978-3-662-53965-1 als eBook), hier zur Verfügung gestellt mit freundlicher Genehmigung des Springer-Verlags

Alle Experimente sind auch im Buch beschrieben. Wenn Sie es vorliegen haben, gehen Sie bitte nach der dort enthaltenen Anleitung vor! Dort finden Sie ausführlichere, besser und größer illustrierte Beschreibungen sowie mehr zusätzliche Denkanstöße.

© 2017 Jens Gallenbacher. Alle Rechte liegen bei Jens Gallenbacher und dem Springer Verlag. Dieses Dokument darf ausschließlich unverändert, ohne Zusätze und vollständig - auch elektronisch in der auf www.abenteuer-informatik.de veröffentlichten Form - weitergegeben werden.

Einleitung

Informatik ist nicht nur cool, sondern auch eine Disziplin, die von Menschen nach menschlichen Prinzipien gestaltet ist! Überraschend viele Prinzipien sind Ihnen also schon bekannt. Schemata großer Datenbanksysteme beruhen auf den gleichen Vorgehensweisen, wie sie auch Grundschülerinnen und Grundschüler beim Sortieren von Spielkarten ganz implizit entwickeln, andere Ideen können wir uns aus der Natur abschauen. Für das Verständnis komplexer Zusammenhänge haben wir eigene Anschauungen entwickelt, wovon die Sprache der Mathematik nur eine ist.

Das Buch „Abenteuer Informatik“ hilft Ihnen genau wie die gleichnamige Ausstellung mit Hilfe einfacher Experimente, diese Potentiale zu erkennen und die Informatikerin bzw. den Informatiker in sich zu finden. Das wörtliche „Begreifen“ ist das zentrale Element. Das geht am besten ohne Computer: mit Papier, Bleistift, einer Schere und den Vorlagen aus dem Buch.

Dieses Dokument ist ein Ausschnitt des Buches, in dem lediglich die Experimente beschrieben werden, die Sie mit den Bastelbögen durchführen können. Die Hopp-Foundation hat sich dankenswerterweise bereit erklärt, diese kostenlos an alle Interessenten zu verschicken. Sie benötigen zum Experimentieren das Buch und die Ausstellung nicht – selbstverständlich würde ich mich freuen, wenn Sie beim Experimentieren „Lunte riechen“, mehr über die Hintergründe erfahren möchten und die Ausstellung besuchen oder sich das Buch besorgen. Bitte haben Sie Verständnis dafür, dass ich hier manchmal nur auf diese ausführlicheren Quellen verweisen kann.

ich wünsche Ihnen viel Spaß bei Ihrem ganz persönlichen Abenteuer Informatik!

Jens Gallenbacher

Jens Gallenbacher

Abbildung
Gedruckte Bastelbögen



Das Affenpuzzle

Für den Computer gilt die weit verbreitete Meinung, das Gerät könne prinzipiell alles, die Limitierung liege allenfalls beim Programmierer. Diesen Widerspruch wollen wir hier aufgreifen und die Frage klären, ob Computer allmächtig sind, wenn sie nur richtig programmiert werden.

Schneiden Sie für dieses Experiment die Spielsteine mit den Affen aus und beginnen Sie zu puzzeln. Die Steine sind mit unterschiedlichen Rückseiten markiert. Das einfachste Puzzle besteht lediglich aus den vier Teilen mit gelben und dunkelroten Punkten. Sie dürfen die Puzzlesteine beliebig drehen. Ziel ist ein Quadrat, das zwei Puzzlesteine hoch und breit ist und bei dem die Affen im mittleren Bereich sowohl in der Farbe zusammenpassen als auch jeweils vollständig aus Ober- und Unterteil bestehen.

Die Abbildung zeigt ein korrekt gelöstes Puzzle (allerdings mit anderen Spielsteinen, um Ihnen den Spaß nicht zu nehmen). Achtung: Bitte schauen Sie vor und nach dem Puzzeln auf die Uhr und schreiben Sie sich die für die Lösung benötigte Zeit auf!

Sie haben ganz sicher nicht allzu lange gebraucht, daher wollen wir Sie ein klein wenig mehr herausfordern: Nehmen Sie jetzt zusätzlich die fünf Karten mit gelben und grünen Punkten.

Wenn Sie nun die neun Puzzleteile (also gut doppelt so viele wie im 2×2 -Fall) wiederum korrekt zusammenfügen möchten – wie lange wird das wohl dauern? Doppelt so lange? Oder vier Mal? Sechzehn Mal?

Nachdem Sie eine Zeit geraten haben, fangen Sie an zu puzzeln und notieren wieder die tatsächlich benötigte Zeit. Kleiner Tipp: Das soeben fertiggestellte 2×2 -Puzzle ist nicht Bestandteil der 3×3 -Version.

Sicherlich haben Sie deutlich länger als die 16-fache Zeit benötigt – falls nicht, lassen Sie auch Freunde oder Familienmitglieder auf Zeit puzzeln, um einen zufälligen „Tref-fer“ auszuschließen.

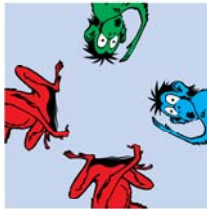
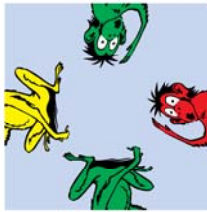
Es ist bemerkenswert, wie viel schwerer ein solches Puzzle wird, wenn man die Zahl der Teile vergrößert. Wenn Sie bereit sind, führen wir dieses Experiment noch weiter: Nehmen Sie nun zusätzlich die sieben Puzzleteile mit gelben und blauen Punkten und versuchen Sie, aus den insgesamt 16 Feldern ein korrektes 4×4 -Quadrat zu legen. Bitte notieren Sie sich wiederum die Zeit, auch wenn Sie ggf. das Puzzeln unterbrechen.

Auch wenn die Zahl der Teile nun noch nicht einmal verdoppelt wurde, benötigen Sie wahrscheinlich noch einmal deutlich länger. Nehmen Sie noch die Spielsteine mit den gelben und hellroten Punkten hinzu, können Sie zur Krönung auch noch ein 5×5 -Affenpuzzle lösen. Das schaffen nur die allerwenigsten Menschen ohne Computerunterstützung!

Die Zahlen auf den Rückseiten geben Ihnen übrigens keinen Hinweis, aber damit können Sie sich ggf. in Foren oder per Mail leichter über Lösungsansätze verständigen.

In der Informatik gibt es immer wieder Probleme, die „nicht skalieren“. Das bedeutet, zur Lösung einer doppelt so großen Aufgabe benötigt man weit mehr als doppelt so viel Zeit. Das wird an diesem Experiment sehr deutlich vor Augen geführt, denn auch wenn Computer sehr viel schneller puzzeln können: Ein echtes 8×8 -Puzzle würde kein Computer der Welt in absehbarer Zeit herausbekommen.





Das Problem des Fliesenlegers

Noch sind wir mit dem Affenpuzzle nicht fertig. Einem Hersteller von Fliesen gefällt das Dekor so gut, dass er die „blaue Serie“ herstellt: drei Fliesen mit den typischen Affen an den Rändern und blauem Hintergrund (und rot/blauen Punkten auf der Rückseite des Bastelbogens) wie in der Abbildung. Ein Fliesenleger könnte sich nun die Frage stellen, ob er mit diesen drei Sorten prinzipiell alle möglichen Flächen ausfüllen könnte, wenn er nur genügend davon bestellte.

Probieren Sie es aus: Versuchen Sie eine möglichst große Fläche mit den ausgeschnittenen Puzzleteilen zu legen. Können Sie außerdem irgendwie herausfinden, ob man mit mehr Teilen immer größere Flächen ausfüllen könnte?

Kleiner Tipp: Zur Antwort reicht schon eine 3×3 Felder große Fläche. Die obere Kante passt dabei genau an die untere und die linke an die rechte Kante. Auf diese Weise können Sie beliebig viele dieser 3×3 -Blöcke aneinanderlegen und so in alle Richtungen beliebig große Flächen ausfüllen.

Vom großen Erfolg der blauen Serie angestachelt, legt der Fliesenhersteller die „rosa Serie“ nach der Abbildung unten auf. Versuchen Sie auch hier herauszufinden, wie flexibel man damit beim Auslegen ist.

Sie sehen, dass es nur jeweils ein gelbes und ein blaues Affenvorder- und Hinterteil gibt. Daher ist es ziemlich klar, dass die Affen in einer bestimmten Reihung gelegt werden müssen – es gibt keine andere Möglichkeit. Wenn Sie davon ausgehend weiter puzzeln, führt das in jedem Fall zu Widersprüchen, die sich nicht auflösen lassen.

Nun könnte man die gewonnenen Erfahrungen ja als Grundlage für ein Verfahren nehmen, das für beliebige Sätze von Puzzleteilen bestimmt, ob man damit beliebig große Flächen auslegen kann:

Versuche, die Kacheln regelkonform aneinanderzulegen.

Falls dabei ein Rechteck entsteht, bei dem die obere und untere sowie die linke und rechte Kante aneinander passen

→ Antwort JA.

Falls trotz Ausreizung aller Möglichkeiten eine Kante nicht passt

→ Antwort NEIN.

Es scheint so, als ob man mit genügend Geduld immer auf eine der beiden Alternativen stößt: Ein Programm, das auf diese Weise vorgeht, würde ggf. sehr lange brauchen, aber irgendwann entweder das Ergebnis „JA“ oder „NEIN“ hervorbringen ... oder doch nicht?

Um das zu ergründen, habe ich eine weitere Sorte von Affenpuzzleteilen für Sie vorbereitet: mit Schildkröten in den Ecken. Die zusätzliche Regel beim Legen ist nun, dass jede Schildkröte genau einen Kopf haben muss. Sie haben immerhin zwei Sätze auf

den Bastelbögen 1 und 4, aber eventuell müssen Sie trotzdem noch zusätzliche Kopien anfertigen, um ein wirklich großes Puzzle legen zu können.

Versuchen Sie nach dem soeben bestimmten Verfahren vorzugehen, um zu entscheiden, ob die Teile tauglich für beliebig große Flächen sind.

Wenn Sie Lust haben: Kopieren Sie noch viel mehr dieser Puzzleteile und erzeugen Sie auf diese Weise ein riesiges Affenpuzzle. Ich garantiere Ihnen: Selbst wenn Sie von nun an jede freie Minute in die Erstellung des Affenpuzzles stecken – mit dem gerade ausgeknobelten Verfahren kommen Sie weder auf die Antwort „JA“ noch auf „NEIN“.

Die hier geschilderte Problemstellung kann also umfassend von keinem Computer der Welt gelöst werden und es wird auch nie einen Computer geben, der sie lösen kann! Ist es nicht beruhigend zu wissen, dass manche Dinge doch dem Menschen vorbehalten sind?

Was steckt dahinter?

Computer können nicht alles: Manche Aufgaben sind so groß, dass man zwar leicht ein Verfahren zur Lösung angeben und das auch auf einem Computer implementieren kann, die Zeit zur Berechnung überstiege aber unsere Lebensspanne. Manche Aufgaben sind aber auch schlicht nicht für alle möglichen Eingaben lösbar, wie aus dem Problem des Fliesenlegers ersichtlich wird.

Im Buch und der Ausstellung erfahren Sie mehr darüber, wie man es sich einerseits zu Nutze machen kann, dass derart komplizierte Aufgabenstellungen existieren und wie man andererseits trotzdem gut damit leben kann, wenn man auf eine solche Aufgabenstellung stößt. Es gibt da übrigens einen Zusammenhang mit einem der sogenannten „Millenium-Problems“, auf deren Lösung eine Million Dollar Belohnung ausgesetzt sind.

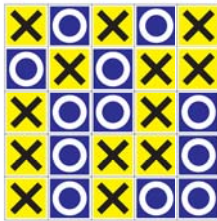
Binäre Magie

Ich würde Ihnen gerne ein kleines Zauberkunststück vorführen. Ein Buch ist als Zauberkünstler freilich nicht besonders geeignet und daher benötigen wir einen Zauberkünstler in spe, der sich in die Geheimnisse einweihen lässt. Sie sollten sich daher entscheiden, ob Sie sich den Trick von jemand anderem vorführen lassen möchten. In diesem Fall geben Sie dem designierten Zauberkünstler nun diese Anleitung und bitten ihn, die Vorführanleitung auf der nächsten Seite zu lesen. Der Trick ist recht einfach und kann auch von sonst in der Magie ungeübten Menschen durchgeführt werden.

Nachdem Sie selbst den Aha-Effekt erlebt haben, können Sie die Anleitung lesen und selbst Zauberer spielen. Bitte denken Sie daran, im Anschluss immer zusammen mit Ihrem Publikum zu überlegen, wo in Ihrem Alltag eine Anwendung zu finden ist, die eine ganz ähnliche „InformaGik“ verwendet.



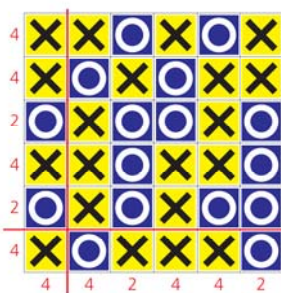
Zauberanleitung: So führen Sie das Kunststück vor



Sie benötigen 36 der Karten mit X auf einer und O auf der anderen Seite, die Sie aus dem Bastelbogen 1 ausschneiden. Kommen wir nun aber zum eigentlichen Zaubertrick: Suchen Sie Freiwillige unter Ihren Zuschauern.

Geben Sie diesen 25 Karten und fordern Sie sie auf, ein möglichst kompliziertes Quadrat aus 5×5 Karten zu legen, etwa auf einem Tisch. Achten Sie aber darauf, dass auf der Unterlage noch Platz für eine sechste Zeile und Spalte bleibt. Die Abbildung zeigt ein Beispiel für das, was Ihre Freiwilligen gelegt haben könnten.

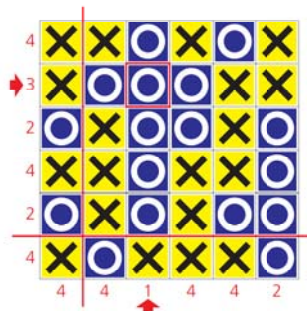
Sagen Sie dann etwas wie: „Es sind ja noch Karten übrig – ich werde die Sache noch etwas schwerer machen, indem ich zufällig noch eine sechste Zeile und Spalte dazu lege.“



Legen Sie dann auch tatsächlich eine 6. Zeile und Spalte. Dabei gehen Sie aber nur scheinbar zufällig vor: Sie achten darauf, dass die Anzahl von „X“ in jeder Zeile und in jeder Spalte geradzahlig ist (0, 2, 4 oder 6). Wenn also in einer Zeile zum Beispiel 3 X und 2 O liegen, ergänzen Sie ein X. Wenn 2 X und 3 O liegen, ergänzen Sie ein O. Die nebenstehende Abbildung zeigt ein Beispiel für die zusätzlich von Ihnen angefügte linke und untere Spalte. Zur Verdeutlichung gibt die roten Ziffer die Anzahl der X in der jeweiligen Zeile bzw. Spalte an. Alle sind gerade.

Wenden Sie sich nun ab und fordern einen Freiwilligen auf, eine Spielkarte möglichst unauffällig umzudrehen.

Danach identifizieren Sie diese augenblicklich: Es gibt nun genau eine Zeile und eine Spalte mit einer ungeraden Anzahl von X. Die gesuchte Karte ist diejenige im Schnittpunkt. Im Beispiel befindet sie sich in der zweiten Zeile und dritten Spalte, wie in der Abbildung dargestellt wird.



Wenn Sie die Rolle des Magiers noch etwas intensiver auskosten möchten, schauen Sie vor der Verkündung der korrekten Antwort Ihrer freiwilligen Person tief in die Augen und behaupten, dass es sich in Wahrheit um einen Gedankenlesetrick handle. Spielen Sie dann ruhig noch etwas mit Aussagen wie: „Ich merke, dass Sie versuchen, extra nicht an die umgedrehte Spielkarte zu denken, aber das gelingt Ihnen nicht – ich spüre ganz deutlich, dass Sie besonders intensiv an Zeile zwei nicht denken ... Wenn ich nun mit dem Finger über die Spalten streiche – ha, bei der dritten Spalte zucken sie regelmäßig, jetzt habe ich die Karte herausgefunden ...“

Auf diese Weise wird die Vorführung noch verblüffender und Ihre Gäste sind umso mehr davon fasziniert, wenn herauskommt, dass Sie nur elementare Informatik angewendet haben ...

Was steckt dahinter?

Mit dem Zaubertrick haben wir erforscht, dass zusätzliche Daten sinnvoll und manchmal sogar notwendig für eine sichere Übermittlung und Speicherung von Informationen sind. Erfahren Sie im Buch und der Ausstellung mehr zu dieser sogenannten „Redundanz“.

Schatzsuche

Es war einmal ein tapferer Mann aus dem Volk, der rettete die Prinzessin Tausend-schön vor dem Räuber Abi Lala und seinen zweiundvierzig Schergen. Leider musste sich der König nun etwas als Belohnung ausdenken: Wäre der Mann ein Prinz gewesen, hätte er ihm einfach die Hand der Prinzessin anbieten können. Für einen gewöhnlichen Bürger würde der König aber wohl oder übel seine Schatzkammer öffnen müssen.

Um den Schaden jedoch zu begrenzen, gab der König dem Mann eine Holzkiste und sprach: „Du darfst dir alles aus der Schatzkammer nehmen, was in die Kiste passt, so dass sich der Deckel noch schließen lässt.“ Er dachte, dass jener sicher so von den Schätzen geblendet wäre, dass er eher billigen Tand als wirklich wertvolle Stücke auswählen würde.

Hier hat er jedoch nicht mit unserer Beteiligung gerechnet! Die Informatik hat dem Mann aus dem Volk sogar eine eigene Kategorie von Aufgaben gewidmet, genannt „Rucksackprobleme“.



Das Rucksackproblem

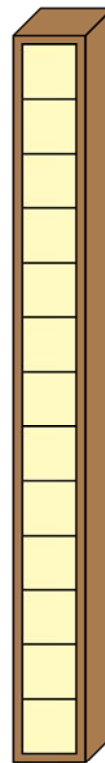
Die gesammelten „abstrakten“ Schätze werden vom Bastelbogen 2 ausgeschnitten. Sie sind rechteckig und aus einer glatten Zahl von Quadraten zusammengesetzt, haben also eine recht übersichtliche Größe. Versuchen Sie nun damit, die Kiste auf Bastelbogen 6 möglichst optimal zu füllen. Wir gehen davon aus, dass jedem Schatz ein Zertifikat mit einem genauen Wert (selbstverständlich einheitlich in Golddublonen bemessen) beiliegt – dieser steht als ganze Zahl neben der Abbildung.

Die sogenannten „Trivialfälle“ sind hier übrigens bereits eliminiert: Nehmen wir an, es existierten zwei Gegenstände mit exakt der gleichen Größe, aber unterschiedlichem Wert. Dann legt man selbstverständlich den billigeren Gegenstand im Vorfeld bereits als „uninteressant“ ab. Daher steht hier nur ein Objekt pro Größe zur Wahl (eben das jeweils teuerste).

Sie sehen bereits an dem einfachen Beispiel, dass es gar nicht so einfach ist, das Optimum aus allen Möglichkeiten herauszufinden: Es passen sechs Edelsteine in die Kiste, aber auch eine Vase und zwei Ringe. Vielleicht sind aber drei Münzen wertvoller? Oder gar die goldene Waage – dann passt aber sonst nicht viel mehr in die Kiste ...

Sie können die Lösung durch stures Ausprobieren finden: Alle Möglichkeiten werden durchgegangen, die wertvollste Kombination wird beibehalten. Das ist für das vorliegende Beispiel machbar, aber bereits sehr zeitaufwendig. Überlegen Sie, wie viele Möglichkeiten Sie bereits hätten, wenn die Kiste auch nur doppelt so groß wäre ...

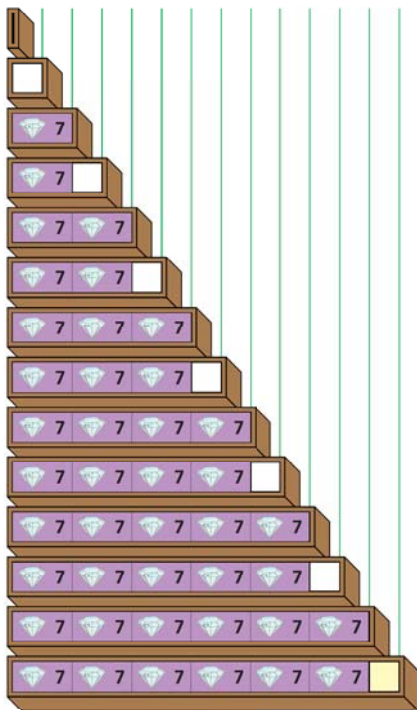
Die Schatzsuche hat übrigens ganz reale Anwendungen: Spediteure wollen mehr verdienen, indem sie die LKWs möglichst gewinnbringend füllen. Das Containerschiff soll einerseits möglichst viel Ladung tragen, andererseits muss das Gewicht auf der linken und rechten Seite möglichst austariert werden. Für komplizierte Berechnungen werden die einzelnen Aufgabenteile optimal auf die zur Verfügung stehenden Prozessoren verteilt.



Dynamische Programmierung

Ein sehr häufig verwendetes Lösungsschema besagt, dass man versucht, große und unübersichtliche Aufgabenstellungen in kleinen, handhabbaren Stücken zu lösen. Der Trick besteht darin, die Stücke so auszuwählen, dass deren Lösungen am Ende einfach nur noch zusammengesetzt werden müssen. Das nennt sich „divide et impera“ oder „Teile und Herrsche“. Das Schatzproblem könnte man versuchen zu lösen, indem man erst zwei Kisten füllt die nur halb so groß sind. Oder fängt mit der Hälfte der zur Verfügung stehenden Schätze an.

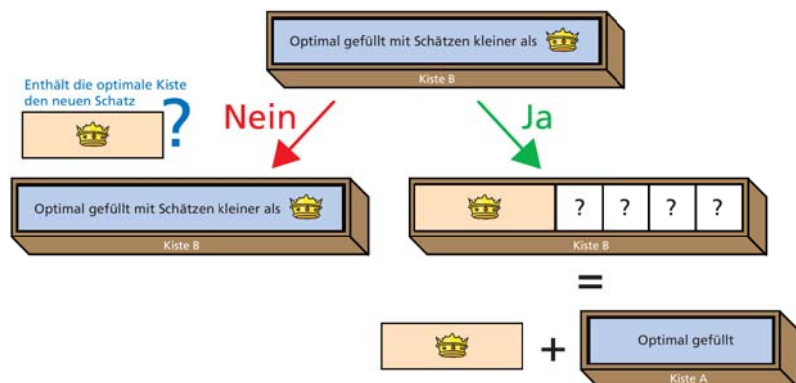
In diesem Fall hilft divide et impera aber nicht weiter. Wir versuchen es daher mit dynamischer Programmierung: Statt die große Aufgabe gleich zu zerteilen, fangen Sie hier mit kleinsten Aufgaben an und arbeiten sich dann durch Zusammensetzen der kleinen Lösungen langsam zur Gesamtaufgabe hoch. Bei der Schatzsuche müssen Sie sowohl in Punkto Kistengröße als auch in Punkto Schatzanzahl ganz vorne beginnen!



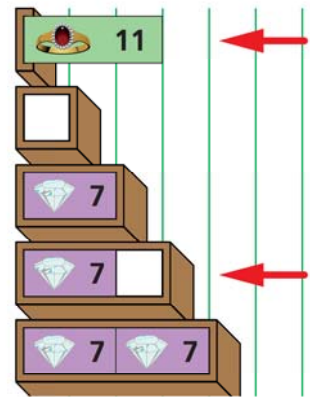
Wir fangen also an mit nur dem kleinsten Schatz und der kleinstmöglichen Kiste. Weil Informatiker immer bei 0 anfangen, beginnen wir mit einer Kiste, in die gar kein Schatz hineinpasst. Danach machen wir weiter mit einer um ein Kilo größeren usw. bis wir bei der 13er-Kiste angekommen sind und diese mit dem kleinsten Schatz gefüllt haben. Die nebenstehende Abbildung zeigt, wie man die Reihe unterschiedlicher Kistengrößen von Bastelbogen 6 entsprechend füllt. Die 13er-Kiste hat jetzt einen Wert von 42.

Jetzt nehmen Sie den nächstgrößeren Schatz hinzu. Legen Sie ihn von oben nach unten direkt rechts an jede der gefüllten Kisten. Sie erzeugen damit sozusagen eine größere Kiste mit einem neuen Wert. Eine Kiste dieser Größe existiert aber auch schon in Ihrer „alten“ Belegung (ohne den neuen Schatz). Für diese Kiste gibt es nun nur zwei Möglichkeiten:

- Die Kiste ist wertvoller ohne den neuen Schatz. In diesem Fall brauchen Sie nichts zu tun.
- Die Kiste ist wertvoller mit dem neuen Schatz. In diesem Fall besteht ihr Inhalt aus dem neuen Schatz und einem „Rest“. Dieser Rest sollte auch möglichst wertvoll sein. Das ist aber genau das, was Sie gerade ermittelt haben, als Sie den neuen Schatz neben die bisher wertvollste Kiste gelegt haben. In diesem Fall leeren Sie die entsprechende Kiste und legen den hochwertigeren Inhalt hinein.



Beispiel: Sie legen den Diamantring an die 0er-Kiste und sehen, dass das „Resultat“ genauso groß ist wie die 3er-Kiste, aber mit Wert 11 deutlich wertvoller, also ersetzen Sie den Inhalt der 3er-Kiste. Danach legen Sie den Ring an die 1er-Kiste, was insgesamt einer 4er-Kiste entspricht, aber mit Wert 11 nicht so viel hat wie die alte 4er-Kiste, die einen Gesamtwert von 14 hatte usw. Wenn Sie dann am Ende den optimalen Inhalt der 13er-Kiste ermittelt haben, nehmen Sie den nächsten Schatz hinzu, die Münze und führen das Verfahren fort bis alle Schätze „im Spiel“ sind. Am Ende ist die optimale Belegung einfach an der 13er-Kiste abzulesen.



Was steckt dahinter?

Sie haben hier experimentell erfahren, dass es manchmal durchaus effektiver sein kann, alle Lösungen eines Problems bis zu einer Größe n zu bestimmen, als sich nur auf die Lösung der gewünschten Problemgröße zu konzentrieren.

Neben dem sehr bekannten Lösungsschema „top down“, bei dem man große Aufgaben Schritt für Schritt handhabbar macht, indem man sie immer weiter aufteilt, sollten Sie also auch „bottom up“ im Blick haben: Hier fangen Sie gleich ganz unten an und lösen zunächst einfachste Bausteine, um diese dann zur „großen“ Problemlösung zusammenzusetzen.

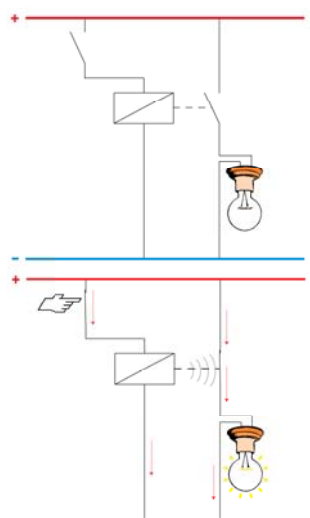
Rechnen mit Strom

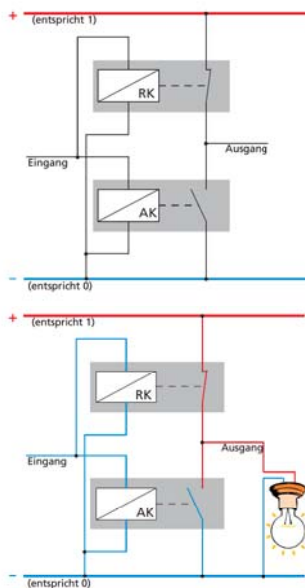
Mit Abenteuer Informatik werden viele Prinzipien der Informatik erforscht - von Computern ist dabei kaum die Rede, denn in der Informatik geht es um sehr viel mehr als nur um Computerprogrammierung. Natürlich spielen Computer trotzdem eine große Rolle, und dieses Experiment soll einen kleinen Einblick geben, wie diese grauen Kisten funktionieren, wie man also mit elektrischem Strom rechnen kann.



Die Anfänge

In Konrad Zuses ersten funktionierenden Computern verrichteten unzählige Relais ihren Dienst. Relais werden bis heute zum Schalten von Licht eingesetzt: Drückt man den Lichtschalter, fließt Strom durch eine Spule, die dadurch magnetisch wird und einen Schalter innerhalb der Spule betätigt. Über den Schalter wird dann der Stromkreis geschlossen, so dass die Lampe mit Strom versorgt wird. Im ersten Moment klingt das wie eine „Was-passiert-dann-Maschine“ aus Kindersendungen: Warum konnte man den Schalter nicht direkt an das Licht anschließen? Vorteil des Relais ist, dass man es von beliebig vielen Schaltern aus ansteuern kann und so zum Beispiel in einem Zimmer das Licht nicht nur von einer Tür aus, sondern auch bequem von allen anderen Türen ein- und ausschalten kann. Die Abbildung zeigt schematisch einen Stromkreis für eine einfache Lampe mit Schalter. Oben ist der Pluspol, sozusagen ein Reservoir für unbegrenzt viel Strom, unten der Minuspol. Dieser kann praktisch unbegrenzt viel Strom aufnehmen. Wird der Schalter geschlossen, kann der Strom von plus nach minus fließen und bringt dabei die Glühbirne zum Leuchten. Im Buch wird dieser Vorgang durch das Wassermodell näher erklärt, hier wollen wir gleich zum Experiment gehen:



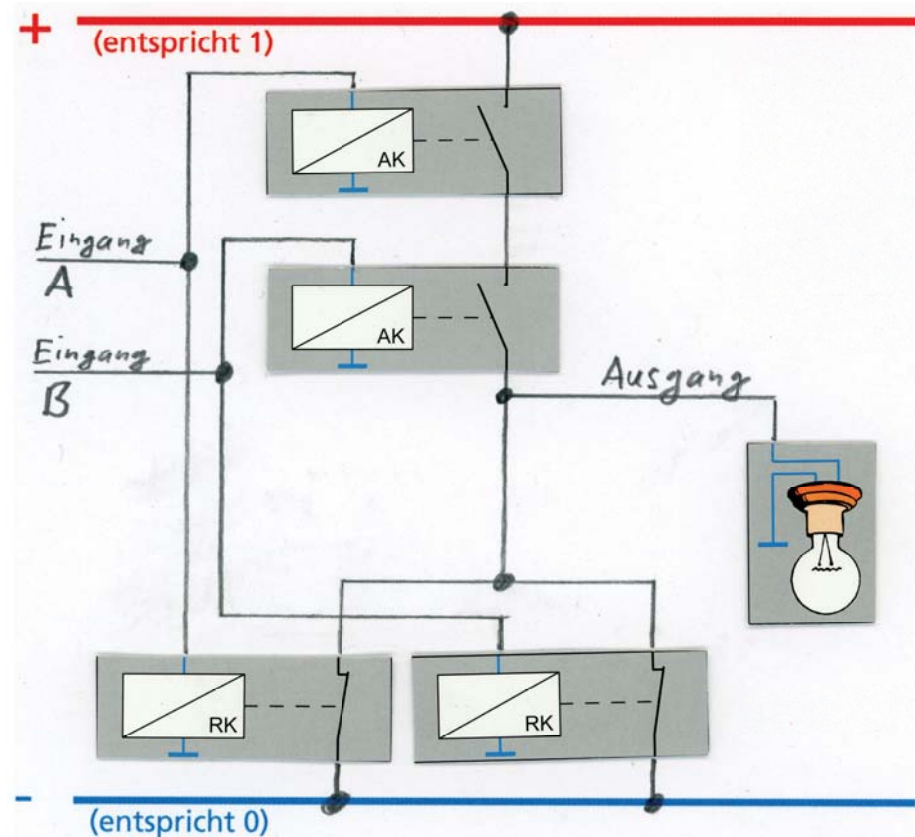


Dazu benötigen Sie die grauen Kärtchen für die Relais, die jeweils eine „passive“ und eine „aktive“ Seite haben. Je nachdem ist der Eingang blau für 0 oder „kein Strom“ bzw. rot für 1 oder „Strom“. Relais mit Arbeitskontakt (AK) schließen den Schalter im aktiven Zustand, Relais mit Ruhekontakt (RK) schließen ihn im passiven Zustand. Das ist jeweils direkt ablesbar, wenn Sie mit den Kärtchen und der Schaltplanvorlage mit dem roten Pluspol oben und dem blauen Minuspol unten eine Schaltung legen. Die Leitungen werden mit Bleistift eingezeichnet. Stromfluss kann dann mit blauem und rotem Buntstift nachgemalt werden.

Die nebenstehende Abbildung ist ein sogenannter Inverter. Fließt Strom in den Eingang, kommt am Ausgang kein Strom, weil er mit 0 verbunden ist), fließt kein Strom in den Eingang, ist der Ausgang mit 1 verbunden, eine angeschlossene Lampe leuchtet, wie nebenstehend zu sehen ist.

Auf diese Weise können Sie nun verschiedene Schaltungen legen und alle möglichen Eingangskonfigurationen untersuchen. Die unten abgebildete Schaltung hat zum Beispiel vier mögliche Eingangszustände, um eine wichtige Rechenoperation durchzuführen. Können Sie ermitteln, welche das ist?

Wenn Sie auf diese Weise Schaltungen für Basisoperationen wie die Addition hergestellt haben, können Sie diese immer wieder einsetzen. Man zeichnet sie dann nicht mehr vollständig, sondern nur noch anhand ihrer Funktionsbezeichnung. So kann man dann einfach immer kompliziertere Berechnungen mit Strom durchführen lassen. Für diesen Zweck sind die Quadrate mit Bezeichnungen HA für Halbaddierer und VA für Volladdierer gedacht. Die Details entnehmen Sie bitte dem Buchkapitel.



Mit Sicherheit

Mit der Wandlung des Internets in das dominante Medium unserer Gesellschaft haben sich die Möglichkeiten vervielfacht, mit Information Geld zu verdienen und das versuchen auch immer mehr Gauner auf elektronische Art und Weise. Es gibt verschiedene Schutzoptionen und Sicherheitsziele, die ausführlich in „Abenteuer Informatik“ beschrieben werden. Hier können Sie den Unterschied zwischen symmetrischer und asymmetrischer Verschlüsselung experimentell herausarbeiten.

Verschlüsselung setzt man schon lange ein: Bereits einige Jahrhunderte vor unserer Zeitrechnung widmete man sich der Thematik. Besonders auf Feldzügen und bei anderen kriegerischen Auseinandersetzungen war die Gefahr immer groß, dass eine Nachricht mit militärischer Bedeutung vom Gegner abgefangen, verfälscht oder ausspioniert wurde. Julius Cäsar beschreibt in seinem berühmten Werk „Commentarii de bello gallico“ („Anmerkungen zum Gallischen Krieg“) den noch heute nach ihm benannten „Cäsar-Code“: Jeder Buchstabe des Klartextes wird durch einen anderen Buchstaben ersetzt, der im Alphabet eine entsprechende Zahl von Positionen später kommt. Ist man am Ende des Alphabetes angelangt, fängt man wieder von vorne an.

Den berühmten Cäsar-Code können Sie sehr einfach verwenden, wenn Sie die Cäsar-Scheiben aufbauen. Schneiden Sie hierfür die kleinere und die größere Scheibe mit blauen und roten Buchstaben aus. Sie können die Scheiben verbinden, indem Sie in der Mitte entweder mit einer sehr feinen Schere je ein Loch schneiden und einen Verschluss für Versandtaschen durch beide Löcher stecken. Eine sehr gute Methode ist auch, einen Reißnagel genau in die Mitte zu pieksen und diesen hinten mit einer Scheibe zu sichern, die Sie von einem gewöhnlichen Weinkorken abschneiden.

Nun können Sie mit dem grünen Pfeil einen von 26 Schlüsseln auswählen. Für jeden Buchstaben einer Nachricht schreiben Sie den entsprechenden Codebuchstaben hin, der nun in Rot direkt über dem blauen Klartextbuchstaben steht.

Versuchen Sie es: Codieren Sie die Nachricht „ABENTEUER INFORMATIK“ mit der Cäsar-Scheibe und dem Schlüssel „R“.

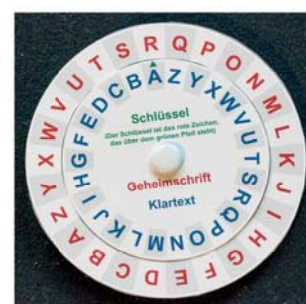
Die Scheibe wird dafür so eingestellt, dass der grüne Pfeil auf dem roten R steht, wie in der Abbildung dargestellt.

Nehmen wir an, Sie haben den Schlüssel „N“ ausgemacht. Was schließen Sie aus der nebenstehenden Nachricht?

Jetzt dürfen Sie auch einmal Hacker spielen. Ihre Spitzel fangen folgende verschlüsselte Nachricht ab:

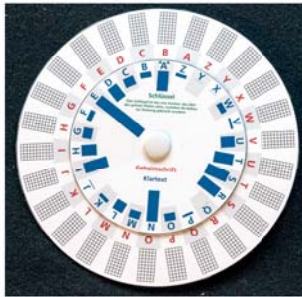
„TXC KPITG WPIIT OLTX HDTWCT SPKDC LPG STG PTAITHIT ZAJV JCS VTHRWTXI JCS LJHHITHXRW XC PAATH LDWA OJ HRWXRZTC STG YJTC-VHIT PQTG LPG SJBB ZDCCIT CXRWIH QTVGTXUTC JCS ATGCTC JCS LTCC XWC SXT ATJIT HPWTC HEGPRWTC HXT BXI STB LXGS STG KPITG CDRW HTXCT APHI WPQTC LTCC CJC TILPH OJ IJC LPG HD BJHHIT TH STG PTAITHIT PAAOTXIPJHGXRWITC WXTHH XWC PQTG STG KPITG CDRW HEPTI DSTG VPG XC STG CPRWI TILPH WDATC JCS STG LTV VXCXV SPQTX JTQGTG STC ZXGRWWDU DSTG HDCHI TXCTC HRWPJGXVTC DGI HD PCILDGITIT TG LDWA PRW CTXC KPITG XRW VTWT CXRWI SPWXC TH VGJHTAI BXG STCC TG UJTGRWITIT HXRW“

datum	Wertstellung	Art	Buchungshinweis	Debit	Kredit
09.03.	09.03.	Auszahlung	PGA 38824471 KRT000118.07	250,00	
09.03.	09.03.	Laufschiff	REKTO NR. 903644729618		250,00
09.03.	09.03.	Überweisung	4711 / 08150815		137,00
09.03.	09.03.	Gutschrift	Edwin - Artikel		98,70
09.03.	09.03.	Gutschrift	Gehalt März		812,00
09.03.	09.03.	Gutschrift	EBAY PLEXTOR		14,50



„NORAQRFFRA

HZ NPUG ORV ZVE“



Eine Möglichkeit wäre jetzt natürlich, nacheinander alle 26 Schlüssel des Cäsar-Codes auszuprobieren, bis einer die Nachricht decodiert, aber es gibt noch eine gezieltere Methode: Die einzelnen Buchstaben kommen in unserer Sprache sehr unterschiedlich häufig vor. Diesen Umstand nutzen Kryptographen auf der ganzen Welt, um den benutzten Schlüssel in einer Geheimbotschaft zu knacken.

Ich habe für Sie daher einen „Apparat“ vorbereitet, mit dem die Entschlüsselung jedes Cäsar-Codes zum Kinderspiel wird. Schneiden Sie hierzu die großen Scheiben des Bastelbogens aus und setzen diese zusammen, so wie bereits die kleinen Cäsar-Scheiben. Das Ergebnis sehen Sie nebenstehend. Auf die größere Scheibe müssen Sie etwas malen. Wenn Sie möchten, können Sie diese daher mit einer Folie überziehen oder bekleben und dann mit wasserlöslichen Stiften mehrfach benutzen. Man kann auch einen entsprechenden Kreis aus Folie zum Beschriften ausschneiden und diesen zwischen den beiden Scheiben befestigen.

Das Prinzip des Codeknackens besteht darin, die Häufigkeiten einzelner Buchstaben in der Geheimbotschaft zu ermitteln und dann mit den Häufigkeiten zu vergleichen, die die Buchstaben in unserer Sprache normalerweise haben. Zunächst müssen also die Häufigkeiten in der Geheimbotschaft bestimmt werden. Dazu sind die Rechtecke ganz außen auf der Scheibe da.

Gehen Sie die Geheimbotschaft oben Buchstabe für Buchstabe durch und füllen für jeden Buchstaben von innen nach außen ein kleines Kästchen aus, und zwar oberhalb des entsprechenden roten Buchstabens auf dem äußeren Ring der Scheibe. Machen Sie dies so lange, bis eines der Rechtecke komplett ausgefüllt ist (50 Kästchen).

Die so entstandenen Balken geben nun die Häufigkeit jedes Buchstabens im Geheimtext an. Sie müssen lediglich noch mit den Häufigkeiten der Buchstaben übereingebracht werden, wie sie tatsächlich in unserer Sprache vorkommen. Diese Häufigkeiten sind bereits fest vorgegeben durch die blauen Balken auf der inneren Scheibe.

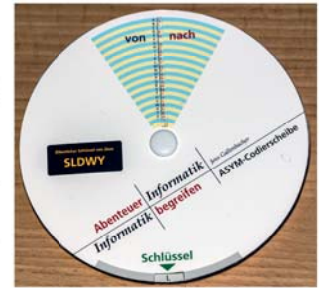
Drehen Sie die Scheiben so gegeneinander, dass die Balken innen und außen ungefähr übereinstimmen! Hierfür bitte nur Augenmaß verwenden, kleine Differenzen wird es immer geben!

Wenn Sie nun den Text decodieren, kommt der Anfang eines Grimm'schen Märchens zum Vorschein! Tatsächlich beruhen sehr viele Verfahren zur Entschlüsselung fremder Geheimbotschaften auf einer statistischen Analyse. Selbstverständlich ist der Cäsar-Code sehr einfach und daher auch sehr einfach zu knacken! Sehr viel schwieriger wird es bereits, wenn die Buchstaben beliebig gegeneinander vertauscht werden dürfen.

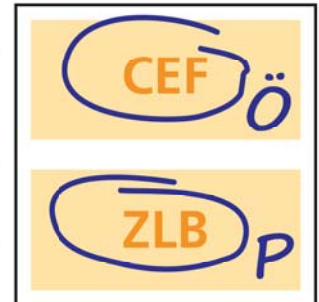
Wenn Sie mit einem Freund sicher kommunizieren möchten, treffen Sie sich irgendwann einfach persönlich und machen einen Schlüssel aus, zum Beispiel „X“. Auf diesen Schlüssel stellt dann jeder seine Cäsar-Scheibe ein. Wenn Sie sich nun per Post Nachrichten schicken, kann der Bote diese Nachrichten nicht lesen, diese Nachrichten nicht verfälschen (denn dazu müsste er sie ja erst einmal lesen), nicht eine völlig andere Nachricht schicken und so tun, als wäre sie von Ihnen (denn dazu müsste er sie korrekt verschlüsseln, und das kann er ohne Schlüssel nicht). Wo liegt nun aber das Problem?

Das Szenario trifft schlicht und einfach auf die meisten Kommunikationen im Internet nicht zu! Dazu müsste Ihnen jeder Internet-Händler per Post einen Schlüssel schicken, bevor Sie bei ihm bestellen könnten.

Daher nutzt die „asymmetrische Verschlüsselung“ zwei unabhängige Schlüssel wechselseitig. Im nächsten Experiment wird daher wieder eine weitere kleine Bastellei notwendig: Trennen Sie die beiden Scheiben des ASYM-Codierers aus dem Bastelbogen heraus. Danach trennen Sie noch das schmale Sichtfenster und die mit „Schlüssel“ beschriftete Aussparung aus dem oberen Teil, das die Aufschrift „ASYM-Codierscheibe“ trägt. Nun können Sie beide Scheiben genau wie die Cäsar-Scheiben zum Beispiel mit einem Reismagel und einer Korkscheibe drehbar aufeinander befestigen, so wie in der Abbildung zu sehen ist. Wenn Sie Schwierigkeiten mit dem Sichtfenster haben, können Sie dieses auch einfach komplett mit der Schere vom Rand der Scheibe ausschneiden. Darunter leidet etwas die Optik, aber nicht die Funktionalität.



Mit der ASYM-Codierscheibe können Sie Nachrichten ver- und entschlüsseln, die aus den Buchstaben „A“ bis „Z“ sowie den Zeichen „-“ und „.“ bestehen. Der Schlüssel besteht aus einem Buchstaben oder einer Buchstabenfolge. Zusammengehörige Schlüssel sind ebenfalls auf den bunten Kärtchen dem Bastelbogen zu entnehmen. Einen der Schlüssel markieren Sie als „öffentlich“, den anderen behalten Sie als „privat“ streng geheim.



Zur Ver- und Entschlüsselung schreiben Sie den Schlüssel so oft wie notwendig über die Nachricht in Klartext. Nun verschlüsseln Sie jeden einzelnen Buchstaben, indem Sie die ASYM-Codierscheibe so drehen, dass der entsprechende grüne Schlüssel im grau unterlegten Fenster sichtbar wird. Lesen Sie dann den roten Geheimbuchstaben im Sichtfeld neben dem blauen Klartextbuchstaben ab! Leerzeichen bleiben unverändert und werden bei der Codierung nicht berücksichtigt.

YZSYZSYZS YZSYZSYZSY
ABENTEUER INFORMATIK

HEYUAW-U NFGDP THUYA

Hier wird die Nachricht „ABENTEUER INFORMATIK“ mit dem Schlüssel „YZS“ verschlüsselt. Zum Entschlüsseln gehen Sie genau gleich vor – allerdings mit dem „Gegenschlüssel“ VCT. Probieren Sie auch aus, die Nachricht mit dem gleichen Schlüssel zu entschlüsseln, gelingt das?

Sie haben nun ein Werkzeug, um das Geheimnis hinter Begriffen wie „Schlüssel-tausch“, „Zertifikat“, „Zertifizierungsinstanz“ usw. zu lüften und diese experimentell nachzuvollziehen, im Buch ist der Thematik ein ganzes Kapitel gewidmet.

Was man nicht weiß ...

Die alten Griechen hatten noch eine andere Methode, um ihre Informationen sicher zu übertragen: die sogenannte Steganographie. „Steganos“ ist griechisch und heißt einfach „versteckt“. Die zugrunde liegende Philosophie: Ein Geheimnis, das nicht entdeckt wird, ist sicherer als ein Geheimnis, das ein Unberechtigter nur nicht versteht.

Getreu diesem Motto wurden wichtige Nachrichten einfach vor den Blicken anderer verborgen. Eine Methode war zum Beispiel, einem Sklaven den Kopf zu rasieren und dort die Nachricht zu tätowieren. Nachdem die Haare wieder gewachsen waren,



schickte man ihn zum Adressaten. Heute geht man glücklicherweise nicht mehr ganz so martialisch vor, aber die Kunst des Versteckens ist nicht verloren gegangen, sondern wird noch fleißig in der Computertechnik verwendet.

Nachrichten kann man eigentlich überall verstecken. Um das zu demonstrieren, habe ich eine kleine Nachricht in dieser Anleitung versteckt, und zwar in der Randspalte. Suchen Sie oben und unten im Bereich dieser Spalte jeweils einen kleinen, blauen Punkt. Dies sind sozusagen die „Anker“ für Ihre Suchschablone aus dem Bastelbogen. Wenn Sie diese sehr präzise ausgeschnitten haben, sagt sie Ihnen, wo Sie die einzelnen Buchstaben der Nachricht finden können. Legen Sie die Schablone so an, dass Sie in den Aussparungen oben und unten genau die kleinen blauen Punkte sehen. Danach suchen Sie den kleinen grünen Punkt in den Aussparungen links oder rechts. Ränder ohne Punkte bitte einfach überspringen. Wenn Sie dies für jede Seite gemacht haben, lesen Sie den Namen eines berühmten Informatikers.



Von Kamelen und dem Nadelöhr

Bei diesem Experiment geht es darum, die ausgeschnittenen Buchstabenplättchen von Bastelbogen 3 zunächst auf die dunklen Felder des Codebaums von Bogen 8 zu platzieren. Aus dem Baum kann dann ein Blockcode abgelesen werden: Indem man immer bei der Wurzel ganz links beginnt, den Kanten bis zum Buchstabenplättchen folgt und dabei für jede grüne Kante eine 0, für jede rote Kante eine 1 annimmt, entsteht ein Binärcode von 5 Bit Länge für jeden Buchstaben.

Wenn Sie die Buchstaben nun nach links und rechts verschieben, können Sie die Code-längen individuell verändern. Genauere Hinweise zum „Wie“ und „Warum“ finden Sie auf der Ausstellungstafel „Kompression“ sowie im entsprechenden Buchkapitel.



Ordnung muss sein!

Mit diesem Experiment üben Sie, wie ein Computer zu sortieren. Im Bastelbogen finden Sie Kopiervorlagen für ein paar ganz spezielle Spielkarten zum Ausschneiden, die statt Kreuz, Karo, Ass und Dame normale Zahlen enthalten, denn dies sind die Größen, mit denen ein Computer meistens rechnen muss: Geburtsdaten und Sozialversicherungsnummern für Rentenauszahlung, Matrikelnummern von Studierenden für die Prüfungsverwaltung, Kontonummern und viele mehr. Schneiden Sie die Karten aus!

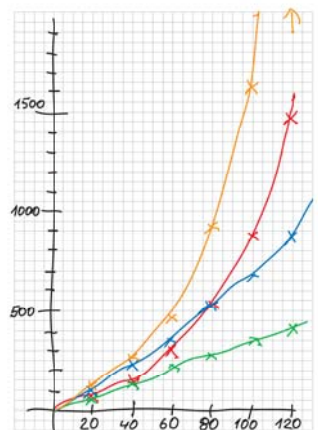
Nehmen Sie etwa die Hälfte der Karten mit orangem Symbol auf der Rückseite und sortieren Sie sie nach der blauen Zahl. Ergebnis sollte eine zusammenhängende Reihe von Karten (ohne Lücken) auf Ihrem Schreibtisch sein. Falls hier nicht genug Platz ist, dürfen selbstverständlich auch mehrere Reihen untereinander die Sortierung ergeben.

Eigentlich war das aber nur die Übung für den eigentlichen Versuch: Nehmen Sie nun 120 der Karten mit orangem Rücken (einschließlich der gerade sortieren) und mischen Sie erneut. Bilden Sie dann sechs Stapel zu jeweils 20 Karten, die Sie bereitlegen.

Sie benötigen außerdem eine Uhr mit Sekundenangabe oder eine Stoppuhr: Messen Sie die Zeit, die Sie zum Sortieren des ersten Stapels nach den blauen Zahlen benötigen, und schreiben Sie das Ergebnis auf.

Danach sammeln Sie die Karten wieder ein, nehmen einen weiteren Stapel hinzu, so dass es jetzt 40 Karten sind. Sortieren Sie nun nach den roten Zahlen. Auf diese Weise sparen Sie das Mischen zwischendurch, weil die roten Zahlen unsortiert sind, wenn die blauen sortiert sind, und umgekehrt. Notieren Sie auch hier die benötigte Zeit. Wiederholen Sie das mit 60, 80, 100 und 120 Karten.

Stellen Sie nun die Ergebnisse graphisch dar: Nehmen Sie ein Stück kariertes Papier und übertragen Sie die nebenstehende Abbildung! Machen Sie dann für jeden Ihrer Messwerte ein Kreuz über der entsprechenden Anzahl von Karten (20, 40, 60, ...) in der Höhe, die der benötigten Zeit zum Sortieren entspricht, und verbinden Sie die Kreuze mit Linien!



Vielleicht haben Sie ja auch noch willige „Opfer“ in Ihrer Umgebung, mit denen Sie den gleichen Versuch durchführen können: Lassen Sie sie zunächst ebenfalls eine Anzahl von Karten (ungefähr 60) sortieren, um sich an den Vorgang zu gewöhnen, und messen Sie dann die Zeit zum Sortieren von 20, 40, 60 usw. Karten. Übertragen Sie die Ergebnisse möglichst jeweils mit einer eigenen Farbe in Ihr Diagramm. Ein Beispiel dafür sehen Sie in der Abbildung. Nehmen Sie sich nach jedem Versuch auch kurz Zeit, um die Strategie des Sortierers mit ein paar Stichworten festzuhalten.

Wie können wir das Diagramm interpretieren? Die erste Erkenntnis ist, dass die Zeit zum Sortieren mit der Anzahl der Karten im Allgemeinen ansteigt. Versuchen Sie, weitere Besonderheiten zu entdecken!

Sie können mit den Karten von Bastelbogen 4 und der Vorlage nach Bogen 5 auch verschiedene etablierte Sortiervverfahren ausprobieren. Die meisten kommen mit dem gelben, unteren Bereich aus. Die gesamte Vorlage, die ein wenig wie die Spieltabelle einer Meisterschaft aussieht, benötigen Sie für „Tournamentsort“. Ein Blockdiagramm, das den Ablauf beschreibt sehen Sie unten.

Mehr im Buch oder beim Exponat „Sortierwaage“.

0.	Gehe die leeren Ebenen von unten nach oben durch und fülle jedes Feld mit der größeren Karte der beiden zugehörigen Wettbewerber		
1.	Fülle dabei weiter unten entstehende Lücken sofort wieder mit einer der Karten darunter auf:		
2.	bei zwei Wettbewerbern mit der größeren Karte	bei nur einem Wettbewerber mit diesem	bei keinem Wettbewerber bleibt das Feld leer
3.	Mache Folgendes so lange, bis keine Karte mehr im Siegerfeld liegt		
4.	Verschiebe die Siegerkarte auf das erste freie Feld am Ende der sortierten Liste		
5.	Fülle dabei weiter unten entstehende Lücken sofort wieder auf wie oben beschrieben		



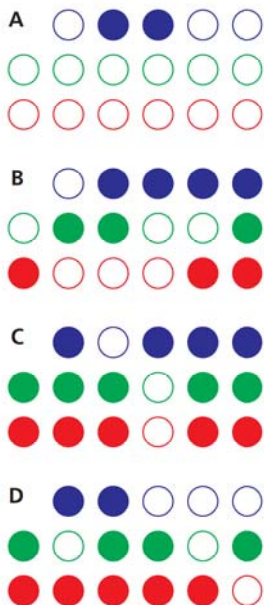
Der Trick mit dem Binären

Es ist allgemein bekannt: Computer rechnen nicht mit dem uns vertrauten Zahlensystem, das wir wahrscheinlich dem Umstand verdanken, zehn Finger zu besitzen. Computer rechnen binär, also mit einem Zahlensystem, das mit zwei Zuständen auskommt. Grund genug, etwas Spaß und Übung mit diesem Binärsystem zu haben.

Uhr oder keine Uhr?

Die Abbildung zeigt vier seltsame Diagramme aus roten, grünen und blauen Punkten. Unter der Adresse können Sie diese sogar bewegt abrufen. Kann es sich hier um eine Uhr (bzw. die Darstellung einer Uhrzeit) handeln?

Rufen Sie die Internetseite auf und suchen Anhaltspunkte, die dafür sprechen.



Es spricht schon einiges dafür: Die roten Punkte wechseln ihren Zustand im Sekundentakt, die grünen minütlich und – auch wenn Sie etwas Geduld brauchen, um das festzustellen – die blauen jede Stunde. So weit entspricht das Verhalten offenbar einer Uhr. Eine Uhr zählt allerdings Sekunden, Minuten und Stunden, und dieser Zählvorgang wird nicht auf den ersten Blick klar.

Daher machen wir noch ein zweites Experiment: Schneiden Sie noch die gelben Binärkarten aus dem Bastelbogen 4 aus. Die Vorderseite zeigt dabei jeweils eine Zahl von Punkten, die Rückseite ist leer.

Versuchen Sie, die Karten nacheinander so auf den Tisch zu legen, dass diese insgesamt 13 Punkte zeigen. Versuchen Sie auch andere Zahlen darzustellen. Bekommen Sie 25 Punkte, 44 und auch 68?

Sicher hatten Sie keine Schwierigkeiten mit 13, 25 und 44 Punkten. Da die Gesamtzahl aller Punkte auf den Kärtchen aber nur 63 beträgt, sind 64 oder mehr unmöglich darzustellen.

Nun wollen wir konsequent erforschen, ob auch wirklich alle möglichen Zahlen mit den Kärtchen gelegt werden können. Dafür zählen wir durch, legen also nacheinander alle Zahlen 1, 2, 3 usw. bis zur 63. Bitte sortieren Sie dabei die Karten nach der Zahl der aufgedruckten Punkte – von 32 bis 1 absteigend, unabhängig davon, ob diese gerade sichtbar sind oder nicht. Achten Sie beim Zählen darauf, wie oft Sie die einzelnen Karten jeweils umdrehen.

Sie haben es geschafft? Super! Und wie oft wurde nun die 1er-Karte umgedreht? Genau: jedes Mal. Und die mit den zwei Punkten? Jedes zweite Mal. Und die mit den vier Punkten? Jedes dritte Mal? Nein – jedes vierte Mal!

Wenn Sie nun wieder die blauen, grünen und roten Punkte vom Anfang betrachten, stellen Sie fest, dass auch diese nach dem gleichen Schema wechseln: ganz rechts jedes Mal, links davon jedes zweite Mal, dann jedes vierte usw.

Wenn diese Diagramme nun nach dem gleichen Schema „ticken“ wie das Zählen mit den Binärkarten, kann man vermuten, dass diese auch nach dem gleichen Schema zählen. Versuchen wir also, den Punkten Wertigkeiten zuzuordnen, die der Anzahl an Punkten auf den entsprechenden Karten entsprechen, von rechts nach links also 1, 2, 4, 8, 16, 32.

Können Sie nun die aktuelle Uhrzeit aus der Webseite ablesen? Welche Uhrzeiten verstecken sich in der Abbildung? Finden Sie die falsche Uhrzeit?

An der Binäruhr erkennen Sie, dass man eigentlich gar keine Punkte benötigt, wenn man die Wertigkeit konsequent mit der Position verknüpft. Genau dasselbe gilt ja auch im uns gewohnten Dezimalsystem: Die Ziffer 4 ganz rechts steht einfach nur für eine Vier, während sie eine Position links davon bereits Vierzig repräsentiert.

Auf diese Weise können Sie auch die Abbildung interpretieren: Uhrzeit A hat von den blauen Stunden die Punkte für 4 und für 8 eingeschaltet, zeigt also 12:00:00 Uhr. B zeigt 15:25:35. Uhrzeit C ist mit 23:59:59 ganz kurz vor Mitternacht. Teil D zeigt allerdings mit 24:45:62 eine Uhrzeit, die es so normalerweise gar nicht gibt.

Zaubern mit Informatik

Verschiedene verblüffende Zauber- und Gedächtniskunststücke beruhen darauf, dass man Zusammenhänge in unterschiedlichen Zahlensystemen unterschiedlich gut wahrnehmen kann. Im Bastelbogen finden Sie auch sieben Karten, die jeweils Zahlen zwischen 1 und 100 enthalten.

Um den Trick zu erklären, nehmen wir einmal an, Sie möchten mit Ihrer Zauberkunst Margit beeindrucken. Bitten Sie Margit, sich eine beliebige Zahl zwischen 1 und 100 auszudenken, diese jedoch nicht laut auszusprechen. Margit bekommt nun die sieben Zauberkarten in die Hand und soll Ihnen nur die zurückgeben, die die entsprechende Zahl enthält. Alternativ lassen Sie Margit auch nur auf die Karten zeigen oder die entsprechende Farbe nennen.

Ohne Zögern können Sie nun die Zahl nennen und der Trick hat funktioniert.

Ach so? Sie möchten auch noch wissen, wie Sie das Kunststück zuwege bringen? Also gut: Nehmen Sie von allen bezeichneten Karten die Zahl links oben, also die kleinste Zahl, und addieren Sie diese – fertig.

Lesen Sie im Buch oder auf den Tafel „Binäruhr“ weiter, was es mit Binärzahlen auf sich hat.

Die Äthiopische Multiplikation

Die Abbildung zeigt zwei Händler, die sich über den Preis für 37 Amphoren mit Datteln geeinigt haben: Jede Amphore soll 13 Shekel kosten. Aber wie viel muss nun insgesamt bezahlt werden? Weder Käufer noch Verkäufer konnten multiplizieren.

Die einfachste Möglichkeit wäre sicher gewesen, neben jeder Amphore 13 Shekel zu deponieren und diese dann einzusammeln. Tatsächlich ist jedoch ein anderes Verfahren überliefert, das heute unter den Bezeichnungen „Äthiopische Multiplikation“, „Ägyptische Multiplikation“ oder „Russische Bauernmultiplikation“ bekannt ist.

Es beruht auf zwei Spalten mit Kuhlen, die in den Sand gegraben und mit unterschiedlichen Anzahlen von Steinchen befüllt werden. Sie können die Kuhlen aus dem Bastelbogen 6 verwenden. Als Ersatz für Steinchen eignen sich zum Beispiel Linsen oder Steckperlen. Sie können natürlich auch einfach Zahlen schreiben.



37	13

1.

37	13
18	
9	
4	
2	
1	
0	

2.

37	13
18	26
9	52
4	104
2	208
1	416
0	

3.

1	13
0	-
1	52
0	-
0	-
0	-
1	416
0	

4.

1	481
0	-
1	
0	-
0	-
1	
0	

5.

Führen Sie den folgenden Algorithmus mit eigenen Zahlen durch. Die Abbildung zeigt zum Vergleich die Schritte mit den Beispielszahlen 37 und 13.

1. Die beiden Multiplikanden kommen in die oberen beiden Kuhlen

2. Wir betrachten nur die **linken** Kuhlen: In jede leere Kuhle kommen halb so viele Steinchen wie in die Kuhle darüber. Geht das nicht auf, runden wir ab. Das kann man machen, indem man so viele Steinchen in die Hand nimmt wie darüber, und dann nur jedes zweite Steinchen in die Kuhle darunter abzählt. Bleibt abgerundet kein Steinchen übrig, hören wir auf.

3. Wir betrachten nur die **rechten** Kuhlen: In jede leere Kuhle kommen doppelt so viele Steinchen wie in die Kuhle darüber. Das machen wir in allen Kuhlen, für die in der Kuhle links davon auch Steinchen liegen. Das kann man machen, indem man zwei Mal jeweils so viele Steinchen abzählt wie in der Kuhle darüber, und sie in die Kuhle darunter gibt.

4. Noch einmal nur in der **linken** Spalte: Aus allen Kuhlen so lange immer zwei Steinchen auf einmal herausnehmen, bis sich nur noch eines oder gar keines darin befindet. Bleibt keines übrig, die Steine der Kuhle rechts daneben auch gleich entfernen.

5. Alle verbleibenden Steinchen der rechten Spalte zusammenzählen. Sie haben das Ergebnis.

Was das alles mit Computern von heute zu tun hat, erfahren Sie im Buch und beim Exponat „Äthiopische Multiplikation“.

Erkennungsdienst

Wenn man dem Prinzip „divide et impera“ folgt, zerlegt man große Aufgabenstellungen in kleinere, handhabbare Teile. Dem wollen wir uns jetzt mit Hilfe eines Spiels nähern. Sie benötigen dazu die ausgeschnittenen Spielkarten von Bogen 7 mit den Symbolen für Eigenschaften:

- Ist es eine Frau ♀ oder ein Mann ♂ ?
- Ist die Augenfarbe blau , braun  oder grün  ?
- Sind die Haare rot , blond , braun  oder schwarz  ?
- Sind die Haare glatt  oder gelockt  ?
- Trägt die Person eine Brille?

Die Regeln von „Erkennungsdienst“ sind sehr einfach: Mischen Sie die Karten und legen Sie – je nach gewünschter Schwierigkeitsstufe – 16, 32 oder 64 davon offen aus. Finden Sie eine Mitspielerin oder einen Mitspieler. Ein Startspieler wird bestimmt und sucht sich frei aus, welche Person er oder sie sein möchte. Dabei muss man natürlich dem eigenen Geschlecht nicht treu bleiben. Die Gegenpartei versucht nun, durch Fragen herauszufinden, um welche Person es sich handelt. Die Fragen dürfen allerdings nur mit „Ja“ oder „Nein“ beantwortet werden. Pro Frage wird ein Minuspunkt notiert. Man kann jederzeit eine Vermutung der Art „du bist Sabrina“ äußern. Ist diese korrekt, ist die Runde zu Ende. Ist sie falsch, werden zwei Minuspunkte notiert.

Jetzt wechseln die Rollen. Nach einer vorher ausgemachten Zahl von Runden – zum Beispiel zehn – gewinnen Sie, wenn Sie weniger Minuspunkte angesammelt haben.



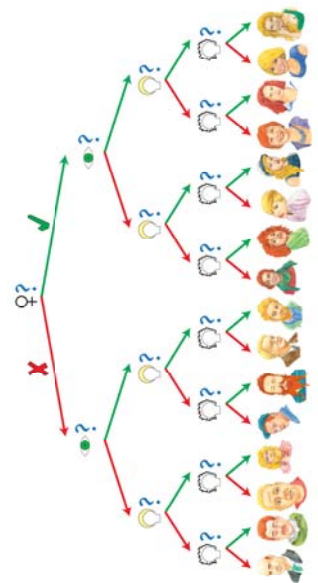
Versuchen Sie, eine gute Spielstrategie zu finden. Schaffen Sie es, bei 16 Personen mit genau vier, bei 32 mit fünf und bei 64 mit sechs Fragen auszukommen?

Um sich strukturiert Gedanken zu machen, können Sie einen Entscheidungsbaum wie den rechts aufstellen und damit Ihre Antworten für alle möglichen Spielsituationen vorausplanen. Vergleichen Sie „konservative“ Strategien, die möglichst immer eine gleiche Zahl an Fragen benötigen mit eher „risikobehafteten“, die eventuell mit sehr wenigen Fragen auskommen, aber dafür in manchen Fällen auch viel mehr in Anspruch nehmen.

Spiele Sie nun probierhalber die beiden Strategien gegeneinander! Welche gewinnt auf Dauer?

Was hat das mit Informatik zu tun? Genau genommen folgen wir mit unseren Strategien dem Problemlöseschema „divide et impera“: Mit jeder Frage schaffen wir kleinere Teilaufgaben, weil die Menge an noch möglichen Identitäten kleiner wird. Irgendwann besteht diese Menge nur noch aus einer Identität und wir können sie einfach benennen, die Aufgabe damit lösen.

„Erkennungsdienst“ liefert uns nun auch noch einen Hinweis, wie wir bei „divide et impera“ die Teilaufgaben gestalten sollten, um die Gesamtaufgabe möglichst effizient zu lösen: möglichst gleichmäßig. Im Exponat „Suche“ und im Buch wenden Sie diese Erkenntnis beim schnellen Auffinden von Zahlen und Begriffen in einer Datenbank an.



Verluste gibt es doch immer!

Schneiden Sie die drei Doppelbilder mit Elefant und Taj Mahal einzeln aus, um damit ein Experiment im Bekanntenkreis durchzuführen. Zeigen Sie zunächst die mit der extremen Vergrößerung.

Erkennen alle, was dargestellt ist? Nein? Dann halten Sie das Buch einmal ein Stück weg und kneifen zusätzlich die Augen zusammen. Erkennen sie es nun?

Anhand dieses Experiments sehen wir, dass sich farbige Bilder offenbar ähnlich wie ein Fax als Raster gut darstellen lassen: Den Elefanten erkennen wir, obwohl er nur aus groben Bildpunkten besteht, von denen jeder eine bestimmte Farbe aufweist. Beim Taj Mahal scheiden sich die Geister: Obwohl das Bild identisch aufgelöst ist wie der Elefant, erkennen hier einige Menschen nur mit Mühe ein Gebäude, während andere sofort das Taj Mahal vor Augen haben. Offenbar spielt hier die Erfahrung eine entscheidende Rolle.

Sehen ist also mehr als eine exakte Abbildung der Realität: Diese besteht ja eigentlich nur aus bunt zusammengewürfelten Kästchen. Je weiter wir uns entfernen und je mehr wir die Sicht künstlich verschlechtern, desto mehr denkt unser Gehirn, das Bild verbessern zu müssen. Aus unserer Erfahrung heraus, wie ein Elefant auszusehen hat, ergänzt es die fehlenden Teile – und wer schon einmal das Glück hatte, vor dem vielleicht schönsten Gebäude der Welt zu stehen, wird auch dieses Bild immer wieder aus dem Gedächtnis ergänzen.

Selbstverständlich ist es deutlich sparsamer, so ein grobes Bild zu speichern oder zu übertragen als ein sehr feinkörniges. In diesem Fall wurden immer $80 \cdot 80$, also 6400



Bildpunkte zu einem großen „Klotz“ zusammengefasst. Man sieht also, dass Elefant und Taj auch mit unter 0,1 % der Information noch zu erkennen ist.

Allerdings: Auch wenn die Information „Elefant“ übertragen wird – schön ist ein solches Bild nicht! Niemand kommt auf die Idee, Bilder nur noch so zu übertragen, dass man zum Betrachten die Augen zusammenkneifen muss ...

Machen wir ein weiteres Experiment mit den beiden anderen Doppelbildern: Sie zeigen Elefant und Taj in einer genaueren Weise. Vergleichen Sie die Versionen genau. Fällt Ihnen daran etwas Bestimmtes auf? Können Sie entscheiden, welche „besser“ ist?

Sowohl die Konturen als auch die Farben sind – fast – in Ordnung. Selbst Details wie die Haare oder Blätter sind gut zu erkennen. Trotzdem ist ein Satz mit Bildern sehr viel gröber als der andere. Besonders gut sieht man das bei der Umrandung des Wasserlaufs. Schauen Sie nochmals ganz genau hin, falls es Ihnen bisher nicht aufgefallen ist: Erst mit einer Lupe erkennen Sie genau, dass Bereiche, die wir vermeintlich detailliert wahrgenommen hatten, gar nicht wirklich detailliert sind: Während die Konturen, also die Helligkeitsunterschiede, im Bild sehr fein und wie im Original rechts dargestellt werden, sind die Farben im gleichen groben Raster gesetzt wie im Bild links! In Fachsprache nennt man solche Blockstrukturen, die man ja eigentlich nicht sehen möchte, „Artefakte“.

Wenn man jetzt noch die Information berücksichtigt, dass in einem normalen, elektronischen Bild die Speicherung der Grauwerte, also der Helligkeitsinformationen, nur etwa 1/3 ausmacht und 2/3 für die Farbe „ausgegeben“ werden, lässt sich daraus eine exzellente Einsparung ableiten:

Offenbar nimmt das Auge Farbe nicht so detailliert wahr wie Helligkeit! Das haben wir nun experimentell nachgewiesen! Was spricht also dagegen, die Helligkeitsinformation unangetastet zu lassen, die Farbinformation hingegen drastisch zu vergrößern?

Erfahren Sie in Abenteuer Informatik mehr über die Komprimierung von Bildern und Filmen!



Spielchen gefällig?

Wir müssen im Leben sehr häufig Entscheidungen treffen. Manchmal können wir uns dabei auf solide Grundlagen stützen, die wir sorgfältig gegeneinander abwägen können. Diese komfortable Situation ist auch meistens der Ausgangspunkt informatischer Betrachtungen: Oft beschäftigen wir uns mit Aufgaben, für deren optimale Lösung prinzipiell alle Fakten auf dem Tisch liegen. Manchmal sind wir allerdings nicht in der Lage, die Zeit dafür aufzubringen. Oft fehlt jedoch auch eine solide Grundlage für Entscheidungen: Fakten fehlen, weil diese schlicht nicht erhoben wurden oder weil sie überhaupt erst in der Zukunft erhoben werden können. Trotzdem müssen wir hier und jetzt eine Entscheidung treffen. Sehr viele Kaufentscheidungen beruhen zum Beispiel auf einer unsicheren Datenlage.

Zunehmend sollen solche Entscheidungen auch automatisiert, quasi im laufenden Betrieb, getroffen werden. Da dann nicht alle Fakten vorliegen, spricht man hier von Online-Problemen. Hier wollen wir uns der Thematik in gewohnter Weise nähern: mit einem Spielchen. Sie benötigen dazu Bogen 8 und die runden Chips von Bogen 7.

Hier im Beispiel werden Wiltrud Wissend und Arne Arglos gegeneinander antreten. Die Rollen sind dabei fest verteilt:

- Arne möchte für eine gegebene Aufgabe einen möglichst guten Online-Algorithmus entwickeln. Er schreibt diesen daher so präzise wie möglich stichpunktartig auf. Wenn dann die eigentlichen Spielrunden laufen, hält sich Arne mit seinen Spielzügen möglichst exakt an seinen selbst definierten Algorithmus.
- Wiltrud ist mit den Schicksalsgöttinnen im Bunde und kann daher nicht nur in jeder Situation völlig neu über ihre eigenen Spielzüge entscheiden, sondern sie kann in der Regel auch die Zufallsereignisse des Spielszenarios frei beeinflussen. Mit anderen Worten: Wenn gewürfelt wird, nimmt Wiltrud den Würfel und setzt ihn so auf den Tisch, wie sie das für geeignet hält.

Unfair? Ja, natürlich! Es ist klar, dass Wiltrud immer das bessere Ergebnis hat. Daher können Punkte oder Spielgeld auch nicht die alleinige Bedingung für Sieg oder Niederlage sein! Vielmehr wettet Arne gegen Wiltrud: Er ruft auf, wieviel mal besser Wiltrud sein darf als er. Schafft er es, hat er dem Schicksal ein Schnippchen geschlagen. Werden mehrere Runden gespielt, muss Arne seine Wette nach einem Sieg immer verschärfen. Sein Aufruf muss unter dem Faktor liegen, den er in der aktuellen Runde erreicht hat.

Schlüsseldienst

Arne betreibt einen Schlüsseldienst. Während er selbst die Zentrale besetzt hält und Notrufe entgegennimmt, stehen zwei Service-Mobile mit versierten Türöffnungsexperten bereit, die er zu den betreffenden Adressen schicken kann. Benzin ist teuer, und so möchte Arne die Kosten möglichst gering halten, indem er versucht, die gesamte Fahrtstrecke nicht zu groß werden zu lassen. Es kommt darauf an, jeweils das „richtige“ Service-Mobil zum Notruf zu schicken.

Die Situation simulieren wir auf der Vorlage mit 10 mal 10 Feldern. Die Service-Mobile darf Arne dabei auf beliebige Startpositionen auf dem Brett stellen. Wiltrud benutzt ein eigenes Brett, das Arne nicht sehen kann (während natürlich Wiltrud umgekehrt jeden Schritt von Arne genau beobachtet). Sie muss allerdings ihre Service-Mobile auf die gleichen Startpositionen stellen. Nutzen Sie dafür die Spielchips oder auch irgendwelche Spielsteine, zum Beispiel die Schach-Läufer und -Türme.

In jeder Runde sagt nun Wiltrud an, für welches Feld ein Notruf eingeht. Arne darf nun alle seine Service-Mobile beliebig nach oben, unten, links und rechts ziehen. Jeder Zug kostet dabei pro Feld einen Benzinpunkt. Die Züge werden notiert, die Kosten dafür ebenfalls.

Auch Wiltrud zieht verdeckt ihre Service-Mobile und notiert Züge und Kosten. Danach sagt sie die Position des nächsten Notrufs an und läutet damit eine neue Runde ein. Wiltrud bestimmt auch willkürlich, wann das Spiel endet und ihre Benzinkosten mit denen von Arne verglichen werden. Selbstverständlich sollte Wiltrud dabei besser abschneiden, weil sie die Position der Notrufe frei bestimmen kann – zum Beispiel dort, wo bereits eines ihrer Service-Mobile in der Nähe steht.

Spiele Sie das Beispiel nach, um die Regeln einzuüben. Es ist auf der Vorlage aus dem Bogen entstanden, die Sie auch für eigene Experimente nutzen können.

Startfelder				
				
		C1	H6	
Not-ruf	Arne		Wiltrud	
	Zug	Kosten	Zug	Kosten
F2	T-F2	4	S-F2	6
C1	T-C1	4	T-C1	0
F2	T-F2	4	S-F2	0
C1	T-C1	6	T-C1	0
	S-G5			
F2	S-F2	4	S-F2	0
Ende		Summe: 22		Summe: 6

Der Übersicht halber werden in den Beispielen hier Wiltruds Züge immer direkt auf dem gleichen Bogen geführt wie Arnes. Da Arne diese aber erst nach seinem allerletzten Zug sehen darf, kann Wiltrud entweder zunächst ein anderes Blatt zum Notieren nutzen und die Züge dann übertragen oder Sie kopieren den Bogen einfach zweimal und jeder füllt die entsprechenden Spalten aus.

Spielen Sie nun Schlüsseldienst! Versuchen Sie zunächst, die optimalen Strategien für Arne und Wiltrud mit zwei Service-Mobilen herauszufinden, danach können Sie die Anzahl erhöhen. Kann Wiltrud jede Wette gegen Arne gewinnen?

Arne hat immer das Problem des Informationsdefizits. Da er die Position der Service-Mobile von Wiltrud nicht kennt, kann er auch nicht vorausschauend einen eigenen Zug machen, der den Schaden minimiert.

Andererseits ist auch Wiltrud in ihren Aktionen durch das Spielbrett limitiert. Die maximale Zugzahl zu einem beliebigen Ziel ist 18 (zum Beispiel von A0 nach J9). Sie kann es zwar schaffen, einige Runden mit Benzinkosten von 0 zu bestehen, indem sie den Notruf genau auf der Position eines ihrer Service-Mobile ansagt, irgendwann wird Arne das aber durchschauen und seine beiden Fahrzeuge ebenfalls auf diese Positionen bringen. Dann muss Wiltrud „echte“ Züge machen und kann daher den Multiplikationsfaktor zu Arne nicht beliebig in die Höhe treiben.

Resümee

Bei den Online-Problemen handelt es sich um eine ganz eigene Betrachtung von Aufgabenstellungen, für deren Lösung man nicht alle eigentlich nötigen Informationen besitzt, sondern für die man etwas „möglichst gut“ lösen muss. Große Relevanz kommt daher der Abschätzung von „gut“ im Kontext der Aufgabenstellung zu, also der Definition von Qualitätskriterien.

Insgesamt erkennt man an den Online-Problemen besonders gut die Relevanz einer guten Modellierung, ohne die auch eine kreative und in anderen Fällen durchaus erfolgreiche Lösungsstrategie versagen muss.

Hinweise zum Ausdrucken

Selbstverständlich lässt sich diese Anleitung direkt digital nutzen. Viele Menschen kommen aber besser mit „Hands-on“ - Experimenten zurecht, wenn die entsprechende Anleitung ebenfalls „begreifbar“ ist.

Dieses Dokument ist im Original-Format des Buches von 193mm × 242mm gesetzt. Sie können es daher einfach auf A4-Seiten drucken und wahlweise die entstehenden Ränder mit einem Papierschneider entfernen oder diese belassen.

Wenn Sie über einen Drucker im A3-Format und Duplex-Einheit verfügen (also doppelseitig drucken können), steht Ihnen das Dokument mit Endung „duplex“ zur Verfügung, bei dem die Seiten so verteilt sind, dass man sie in der Mitte falten und mit einer Heftklammer versehen kann. Einen Ausdruck der duplex-Datei auf DIN-A4 empfehle ich nicht, da dann viele Texte, insbesondere in den ohnehin bereits verkleinerten Abbildungen, kaum mehr lesbar sind.

Viel Spaß!