
Entdeckendes Lernen zur Förderung des Problemlösens im
Rahmen einer Unterrichtsreihe zum Thema 'Sortierverfahren'
in einem Grundkurs Informatik (in-1) des
Paulsen-Gymnasiums

Schriftliche Prüfungsarbeit

im Rahmen der zweiten Staatsprüfung für das Amt des
Studienrats



Vorgelegt von:

Yark Schroeder

Studienreferendar

2. Schulpraktisches Seminar
Steglitz-Zehlendorf (S)

Berlin, den 24. April 2009

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	3
2	Theoretische Grundlagen	4
2.1	Entdeckendes Lernen	4
2.1.1	Gelenktes entdeckendes Lernen	5
2.1.2	Der gelenkte entdeckende Lernprozess	6
2.1.3	Entdeckungshilfen und Computersimulationen	7
2.2	Informatisches Problemlösen	8
3	Planung der Unterrichtsreihe	10
3.1	Darstellung der Unterrichtsvoraussetzungen	10
3.1.1	Allgemeine Unterrichtsvoraussetzungen	10
3.1.2	Räumliche und technische Unterrichtsvoraussetzungen	12
3.1.3	Unterrichtsvoraussetzungen im Hinblick auf den Bereich Problemlösen	12
3.2	Angestrebter Kompetenzerwerb/-zuwachs	13
3.2.1	Kompetenzbereich Informatisches Modellieren	13
3.2.2	Kompetenzbereich Informatiksysteme verstehen	13
3.2.3	Kompetenzbereich Problemlösen	14
3.2.4	Kompetenzbereich Kommunizieren und Kooperieren	14
3.3	Inhaltlicher Schwerpunkt – Begründung der Themenwahl	14
3.3.1	Sachstruktur	14
3.3.2	Eignung des Themas bezüglich der zu fördernden Kompetenzen . .	21
3.4	Konkretisierung der Standards für die geplanten Lehr- und Lernprozesse . .	22
3.5	Begründung der Lehrstruktur	23
3.6	Begründung der methodischen Entscheidungen	26
3.6.1	Einsatz von Spielkarten als Sortierobjekte	26
3.6.2	Entwicklung und Einsatz einer Simulation zum Entdecken der Sortierverfahren	27
3.6.3	Reflexionsstufe	30
3.6.4	Abschließendes Problem	30
3.6.5	Überprüfung der Leitfragen	31
3.7	Synopse	31
4	Darstellung und Analyse des durchgeführten Unterrichts	34
4.1	1. Stunde: Problembewusstsein für das Sortieren schaffen	34
4.1.1	Ziele	34
4.1.2	Darstellung und Analyse	34
4.1.3	Reflexion	36
4.2	2. Stunde: Ableiten des ersten Verfahrens	36
4.2.1	Ziele	36
4.2.2	Darstellung und Analyse	37
4.2.3	Reflexion	39
4.3	Reflexion der Strategien und Ableiten weiterer Verfahren	40
4.3.1	Ziele	40
4.3.2	Darstellung und Analyse	40
4.3.3	Reflexion	42

4.4	Erarbeitung eines Lösungsplans zu einem Problem aus einem anderen Kontext	43
4.4.1	Ziele	43
4.4.2	Darstellung und Analyse	43
4.4.3	Reflexion	46
5	Gesamtreflexion	47
6	Selbstständigkeitserklärung	49
	Literatur- und Quellenverzeichnis	50
Abbildungsverzeichnis		
17.1	Darstellung einer einfachen Anweisung	17
17.2	Darstellung einer if-else -Verzweigung: Wenn die Bedingung zutrifft, wird Anweisungsblock 1 ausgeführt, sonst 2	17
18.1	Darstellung einer zählergesteuerten for -Schleife	18
18.2	Darstellung einer vorprüfenden while-do -Schleife	18
18.3	Darstellung einer nachprüfenden do-while -Schleife	18
20.1	Die Arbeitsweise von INSERTIONSORT auf dem Feld $F=\langle 5, 2, 4, 6, 1, 3 \rangle$	20
20.2	Die Arbeitsweise von SELECTIONSORT auf dem Feld $F=\langle 5, 2, 4, 6, 1, 3 \rangle$	20
21.1	Die Arbeitsweise von BUBBLESORT auf dem Feld $F=\langle 5, 2, 4, 6, 1, 3 \rangle$	21
28.1	Der Startbildschirm der Simulation	28
28.2	Die Simulation im Modus „Entdecken“	28
29.1	Darstellung der angepassten elementaren Sortierverfahren mit den zusätzlichen Indexzeigern anfang, ende, speicherzeiger und bestes und der Kartensmenge F	29
34.1	Ein Roboter sortiert Kugeln nach ihren Helligkeitsabstufungen	34
38.1	Ergebnis der Gruppe mit Schüler B.	38
38.2	Ergebnis der Gruppe mit Schüler A.	38
44.1	Pixelmenge vor der Sortierung	44
44.2	Pixelmenge nach der Sortierung	44

1 Einleitung

Übernimmt man eine neue Klasse, so erkundigt man sich in der Regel beim vorherigen Fachlehrer über den Wissensstand der Schüler. Man bekommt meist die Aussage: „Ja, dieses Thema habe ich ausführlich behandelt, aber was davon noch vorhanden ist, kann ich nicht sagen!“ Wenn man dann in der Klasse steht und sich vorsichtig an das erwartete Wissen herantastet, „stochert man häufig im Leeren“. Gerade in Situationen, in denen es um das Lösen von Problemen geht, ist gut zu beobachten, dass Wissensfragmente vorhanden sind, der Zugriff aber in diesem neuen ungewohnten Kontext nicht glückt. In einigen Fällen wird man überrascht, wie viel die Schüler von dem erforderlichen Wissen noch parat haben. Die Autoren Stern und Schumacher sprechen in diesem Fall von intelligentem Wissen, weil es auch nach langer Zeit abrufbar und zur Lösung von Problemen in den unterschiedlichsten Situationen eingesetzt werden kann (vgl. [SS04b]). Was hat der Kollege bei der Vermittlung dieses Themas anders gemacht als bei anderen Themen oder viel konkreter, wie erwirbt man intelligentes Wissen? Gesichert ist: Intelligentes Wissen erwirbt man nicht durch monotones Üben von Aufgaben desselben Schemas oder durch Auswendiglernen von Begriffen und Regeln, die nicht verstanden wurden. Schüler können nur intelligentes Wissen aufbauen, wenn sie ihr Wissen ständig absuchen und umstrukturieren müssen (vgl. [SS04b]). So wird Wissen stärker vernetzt und es entsteht intelligentes Wissen.

Das intelligente Wissen, d.h. die Verfügbarkeit von Wissen in besonderen Lernsituationen, bildet nach Schubert und Schwill eine wichtige Grundlage zum erfolgreichen Problemlösen (vgl. [SS04a, S. 105]). Die flexible Anwendung spezieller Problemlösestrategien ist die zweite Grundlage des Problemlösens. Da man Schüler in der Schule nicht auf jede Situation im Leben vorbereiten kann, ist es eine wichtige Aufgabe des schulischen Unterrichts, das Problemlösen zu fördern. Dazu gehört demnach einerseits der Aufbau intelligenten Wissens und andererseits die Vermittlung von Problemlösestrategien.

Gibt es eine Methode, die sich sowohl zum Aufbau intelligenten Wissens als auch zum Aufbau von Problemlösestrategien eignet? In dieser Arbeit wird die konstruktivistische Methode des entdeckenden Lernens daraufhin geprüft. Es wird gezielt der folgenden Frage nachgegangen:

Welchen Beitrag kann der Einsatz von entdeckendem Lernen zur Förderung des Problemlösens im Informatikunterricht leisten?

Wie schon oben erwähnt, besteht das Problemlösen aus der Verfügbarkeit des erforderlichen Wissens und der Anwendung von Problemlösestrategien. Da es viele unterschiedliche Strategien gibt, die nicht alle in dem Rahmen der hier dargestellten Unterrichtsreihe gefördert werden können, wird diese erste Leitfrage folgendermaßen konkretisiert:

L1: Welchen Beitrag kann das entdeckende Lernen bei der Förderung der Strategien Analogiebildung und Dekomposition leisten?

L2: Wird durch das entdeckende Lernen in dieser Unterrichtsreihe verfügbares Wissen aufgebaut?

2 Theoretische Grundlagen

2.1 Entdeckendes Lernen

Die Idee des entdeckenden Lernens findet sich bereits in der griechischen Antike. In dem von Platon geschriebenen Dialog Menon führen Sokrates und Menon ein Gespräch, in dem Sokrates anhand eines geometrischen Beispiels zeigen will, dass jeder Mensch in der Lage ist, durch Nachdenken neues Wissen zu entdecken.

Viele Pädagogen haben seitdem gefordert, dass Schüler im Unterricht die Möglichkeit zum Entdecken haben sollten. Einer von ihnen ist Bruner (1961). Er versteht unter dem entdeckenden Lernen „die selbstlernende Erschließung eines Wissensgebietes, wobei der Lehrer nur eine beobachtende und helfende Funktion hat“ (vgl. [Bro02]).

Diese und viele weitere Beschreibungen und Definitionsversuche in der Literatur sehen den Lernenden im Zentrum des entdeckenden Lernens. Es wird davon ausgegangen, dass er am besten lernt, wenn er eigene Erfahrungen mit dem Lerngegenstand macht.

Heinrich Winter [Win89], der das entdeckende Lernen in Bezug auf den Mathematikunterricht untersucht hat, stützt diese These auf folgende Argumente:

Zunächst ist Lernen auf Dauer nicht ohne Gewinnen von Einsicht erfolgreich. Einsichten kann jeder Lernende nur selbst gewinnen. Entdeckt der Lernende selbstständig Inhalte, so wird ihm die Möglichkeit geboten, Einsichten selbst zu gewinnen. Es handelt sich dabei um einen persönlichen Prozess, bei dem er durch seine eigene natürliche Neu- und Wissbegier angetrieben und emotional durch Erfolgs- und Misserfolgserlebnisse, Erlebnisse mit seinem eigenen Verstand, seinem Gedächtnis usw. eingebunden wird. Diese Erfahrungen erleichtern ihm die Identifikation mit dem Lerngegenstand, was dazu führt, dass Inhalte langanhaltender gespeichert werden und schneller wieder verfügbar sind. Im Gegensatz dazu haben Inhalte, die nur auswendig gelernt wurden, geringere Bedeutung für den Lernenden und können schlechter behalten werden.

Dadurch, dass Einsichten individuell gewonnen werden, ist das Verständnis des Inhalts nicht von außen erzwingbar. Dies erfordert die selbstständige Auseinandersetzung mit dem

2 Theoretische Grundlagen

Inhalt, wobei der Lernende sein vorhandenes Wissen ständig absuchen und umorganisieren muss. Dies wiederum führt zu einer sehr intensiven Auseinandersetzung mit dem Inhalt und zu einer Vernetzung des Lerngegenstands mit dem Vorwissen des Lernenden.

Da man junge Menschen nicht auf alle Probleme des Lebens vorbereiten kann, müssen sie laut Bruner das Problemlösen üben, um Problemstrategien zu erwerben, die in späteren Lebenssituationen anwendbar sind. Bruner hält das entdeckende Lernen für geeignet, um Schüler das Problemlösen üben zu lassen (vgl. [Ede00, S. 141]).

2.1.1 Gelenktes entdeckendes Lernen

Der Ansatz des entdeckenden Lernens ist bis heute nicht unumstritten. Führer [Füh97, S. 57-70] führt den bekanntesten Kritiker, den Psychologen David P. Ausubel, an. Dieser hält die Methode des entdeckenden Lernens für ungeeignet, um effektiv Fachwissen zu vermitteln, weil sie äußerst material- und zeitaufwendig sei. Außerdem sieht er ein Problem darin, dass sich die Lernenden durch mangelnde Kontrolle leicht falsche Konzepte einprägen, die die Transferleistungsfähigkeit behindern. Er gibt zu bedenken, dass Lernende ohne Führung nicht in der Lage seien, Sinnvolles herauszufinden.

Winter pflichtet ihm bei, wobei er durch einen Vergleich der Voraussetzungen in der Forschung und in der Schule die Ursache verdeutlicht. Aus seiner Sicht erfordert das entdeckende Lernen Kompetenzen, die bei Schülern nicht vorausgesetzt werden können, aber für das Entdecken unerlässlich sind. Während in der Forschung Erwachsene mit Erfahrung, einem hohen Bildungsstand und methodischen Vorkenntnissen an der Entdeckung neuen Wissens arbeiteten, wären in der Schule vorwiegend Kinder und Jugendliche, die in der Regel bezogen auf den Lerngegenstand keine besondere Vorbildung besitzen und über wenig methodische Vorerfahrungen verfügen, tätig. Schüler könnten demnach gar nicht, ohne dies vorher gelernt zu haben, neue Lerninhalte selbstständig sinnvoll entdeckend erforschen.

Dieser in der Literatur häufig auftretende Kritikpunkt, führte dazu, dass sich zwei Formen des entdeckenden Lernens entwickelten. Das selbstentdeckende Lernen „self discovery learning“ geht davon aus, dass der Entdeckungsprozess ohne Hilfestellung durch den Lehrenden stattfindet. Im Gegensatz dazu greift der Lehrende beim gelenkten entdeckenden Lernen „guided discovery learning“ durch Planen des Entdeckungsanlasses und durch Vorbereitung geeigneter Entdeckungshilfen in den Prozess des Entdeckens lenkend ein.

Winter regt an, dass darauf zu achten sei, den Lenkungsgrad nicht zu hoch zu wählen. Andernfalls würde das Entdecken des Lerngegenstands eingeschränkt und somit der Charakter des entdeckenden Lernens zerstört.

Ausubel äußert sich selbst gegen diese Form kritisch. Durch die materialgetarnte Führung seien keine echten Entdeckungen möglich. Trotz aller Kritik sieht Ausubel in der Entdeckungsmethode eine Möglichkeit, wissenschaftliche Methoden und effektive Problemlösefertigkeiten zu lehren (vgl. [Füh97, S. 57-70]).

2.1.2 Der gelenkte entdeckende Lernprozess

Nach Ellenberger et al. ist die Durchführung von entdeckendem Lernen in der Schule relativ offen, so dass die Autoren klare Unterrichtsschritte nur schwer angeben können (vgl. [BGEKW93, S. 190]). Winter sieht Schwierigkeiten, das entdeckende Lernen im Schulunterricht durchzuführen. Die Rahmenbedingungen des Schulsystems, wie z.B. Stundenplan, Lehrplan, Zeugnisse usw. führten dazu, dass sich ein entdeckendes Lernen im Schulunterricht ohne planmäßiges Vorgehen nicht trägt (vgl. [Win89, S. 3]).

Um es im Schulunterricht zu nutzen, schlägt Winter die folgende Stufenfolge für das entdeckende Lernen im Mathematikunterricht vor:

1. Phänomenstufe: Angebot von herausforderndem Material mit Bekanntheitsqualität, aber auch fragwürdigen Elementen; Eröffnung von Möglichkeiten zum Beobachten, Experimentieren, Fragen; dabei Wiederholung bekannten Wissens, . . .
2. Problemstufe: Herausarbeiten von Fragen, Ansätzen zum selbstständigen Lösen, Erarbeitung von Lösungsplänen, Durchführen der Lösungspläne, Vergleichen,
3. Systemstufe: Einordnen der Lösung in das System des vorhandenen fachlichen Wissens, Variationen, operatives Durcharbeiten und spezifisches Üben,
4. Reflexionsstufe: Bewertung des Neuen auch in lebensweltlicher Sicht, Rückblick auf das Lösungsverfahren, Bewusstmachen von Heurismen, Transferversuche.

Winter berücksichtigt bei der Aufstellung dieses Stufenkonzepts, dass im Mathematikunterricht neben der fachspezifischen Inhalte Kompetenzen wie das Abstrahieren, das Problemlösen und das planvolle Handeln stärker im Vordergrund stehen, als in anderen Unterrichtsfächern.

Da der Erwerb der angeführten Kompetenzen auch ein zentrales Anliegen des Informatikunterrichts ist (s. [LIS06]), kann dieses fachspezifische Stufenkonzept für das entdeckende Lernen im Informatikunterricht übertragen werden.

Winter macht darauf aufmerksam, dass dieses Stufenkonzept variabel zu handhaben sei. So kann es in der Systemstufe notwendig sein, zurück in die Phänomenstufe zu gehen, um zusätzliche Beobachtungen bei der Durchführung weiterer Experimente zu machen.

2.1.3 Entdeckungshilfen und Computersimulationen

Nach Winter ergibt sich für den Lehrenden in der Praxis die herausfordernde Aufgabe, den Unterricht so zu gestalten, dass Schüler zum Entdecken motiviert werden und diese Motivation auch über die konkrete Unterrichtssituation hinaus anhält. Dafür sind motivierende Entdeckungsanlässe erforderlich, die selbsterklärend und so vorbereitet sind, dass Inhalte ohne weitere Impulsgabe mit den kognitiven Möglichkeiten der Lernenden entdeckt werden können.

Die Planung solcher motivierender Entdeckungsanlässe scheitert in einigen Fällen an der Ein- bzw. Umsetzbarkeit der Materialien. So ist es unmöglich, die Lernenden physikalische Strömungsgesetze anhand einer echten Turbine entdecken zu lassen. Auch Mendels Vererbungsgesetze können aus Zeitgründen nicht immer in der Schulrealität entdeckt werden. In solchen Fällen bieten sich computerbasierte Simulationen an, um den Lernenden doch die Möglichkeit zu geben, Gesetze und Zusammenhänge aus dem entsprechenden Wissensgebiet zu entdecken.

Nach de Jong et al. [JJ98] sind Simulationen Computerprogramme, die das Abbild eines real existierenden Systems, eines Vorgangs oder Verfahrens darstellen. Beim entdeckenden Lernen mit einer Simulation hat der Lernende die Aufgabe, Parameter, die in dem zu simulierenden System auftreten, zu manipulieren. Durch Beobachtung der Auswirkungen dieser Veränderungen auf die anderen Parameter kann er auf Gesetzmäßigkeiten, die in dem Modell implementiert sind, schließen. Simulationen können Themengebiete aus der Physik, der Medizin, der Chemie oder der Informatik abdecken. Die Art der Simulationen reicht von sehr realistischen und damit auch schwer zu bedienenden bis hin zu sehr einfachen und überschaubaren. De Jong sieht die Eignung von Simulationen im entdeckend orientierten Unterricht darin, den Schülern Unterrichtsinhalte indirekt zur Verfügung zu stellen, so dass sie sich selbstständig – gemäß des Prinzips des entdeckenden Lernens – Zusammenhänge erschließen können.

Während des Entdeckungsprozesses müssen Lernende ihren selbstgesteuerten Lernprozess mit den Anforderungen der Lernaufgabe koordinieren. Dies ist für Lernende, die keine Vorerfahrung haben, eine schwierige Aufgabe.

Um den Entdeckungsprozess bei der Verwendung von Simulationen im entdecken lassenden Unterricht zu unterstützen, sollten Entdeckungshilfen eingesetzt werden, dabei unterscheiden De Jong und Njoo direktive und nicht-direktive. Direktive Entdeckungshilfen sind Wegweiser, die die Schüler in die richtige Richtung lenken und ihnen helfen, die richtigen Vermutungen bzgl. der intendierten Entdeckung anzustellen. Als Beispiele werden Aufgaben angeführt, die die Schüler anweisen, bestimmte Aktionen durchzuführen. Ein weiteres

Beispiel sind Hinweise, die die Aufmerksamkeit der Schüler während der Benutzung der Simulation auf die wichtigen Dinge lenken. Nicht-direktive Entdeckungshilfen sind Unterstützungen, die keine wegweisenden Funktionen besitzen. Sie helfen den Schülern, den Lernprozess zu strukturieren und zu organisieren. De Jong und Njoo zählen Systeme auf, die mit der Simulation gekoppelt sind und den Schülern die Möglichkeit bieten, einerseits Experimentergebnisse zu dokumentieren und andererseits Vermutungen über den zu entdeckenden Sachverhalt zu fixieren. Diese Art der Unterstützung bewirkt bei den Schülern ein systematisches Vorgehen, was Klarheit schafft und das Entdecken vereinfacht (vgl. [JN92]).

2.2 Informatisches Problemlösen

Humbert definiert ein Problem als „[...] eine nicht routinemäßig lösbare Aufgabe“ (vgl. [Hum05, S. 36]).

Von dieser Definition ausgehend, grenzt sich das Problem von der Aufgabe dadurch ab, dass es nicht routinemäßig gelöst werden kann. Lösungen von Aufgaben, die routinemäßig gelöst werden können, sind durch eine bekannte Abfolge von Operationen zu erreichen. So sind z.B. Grundrechenaufgaben für die meisten keine Probleme, weil die entsprechenden Algorithmen zur Lösung bekannt sind. Ob ein Problem oder eine Aufgabe vorliegt, hängt demnach auch von demjenigen ab, der das Problem bzw. die Aufgabe bearbeitet.

Daraus lässt sich ein Indikator für die erfolgreiche Förderung der Problemlösefertigkeit ableiten. Die Problemlösefertigkeit ist erfolgreich gefördert worden, wenn der Problemlöser ein anfängliches Problem nach viel Übung als Aufgabe wahrnimmt.

Der Unterschied zwischen mathematischen und informatischen Problemen ist nach Baumann die Art der Lösung. Während in der Mathematik ein konkreter Wert eine Problemlösung ist, ist in der Informatik ein Algorithmus die Lösung eines Problems. Trotz dieses Unterschieds können die Ansätze des mathematischen Problemlösens auf das informatische Problemlösen übertragen werden (vgl. [Bau07]).

Der Mathematiker George Pólya setzt sich mit dem Lösen mathematischer Probleme auseinander. Dabei konzentriert er sich vor allem darauf, wie man systematisch zur Lösung eines mathematischen Problems gelangt. Nach Pólya ist die Lösung eines Problems ein Entdeckungsvorgang (vgl. [Win89, S. 178]).

Pólya beschäftigt sich vor allem mit den Fragen: Wie löst man Probleme? An was sollten/könnten sich Problemlöser halten, wenn sie die zunächst zu mächtig erscheinenden Barrieren doch selbstständig überwinden wollen?

2 Theoretische Grundlagen

Er unterscheidet in seinem Buch „Schule des Denkens,, (1967) vier Phasen beim Problemlösen:

1. Verstehen der Aufgabe
2. Ausdenken eines Plans
3. Ausführen des Plans
4. Rückschau

Bevor ein Problem gelöst werden kann, muss die Aufgabe verstanden worden sein. Anschließend wird das Vorwissen abgesucht, um z.B. Analogien zu vorher gelösten Aufgaben herzustellen oder es wird versucht, Zusammenhänge zwischen gegebenen Daten und Bedingungen zu erkennen. Dabei entsteht dann ein Lösungsplan, der in der dritten Phase durchgeführt wird. Dabei soll nach Pólya jeder Schritt kontrolliert werden, um die Korrektheit des Lösungsplans sicherzustellen. Im letzten Schritt soll nach Pólya das Ergebnis überprüft und dokumentiert werden.

Schubert und Schwill beschreiben das Problemlösen als Prozess und repräsentieren diesen durch ein Zustandsraummodell (vgl. [SS04a, S. 104-105]). Zu Beginn des Problemlösens befindet sich der Problemlösende in einem unbefriedigenden Anfangszustand. Er sucht aktiv nach einer Kette von Zustandsüberführungstransformationen, die den Anfangszustand (Problem) über Zwischenzustände zum Endzustand (Problemlösung) überführen. Diese Transformationen werden Operatoren genannt.

Wie Pólya sehen auch Schubert und Schwill das Ausdenken eines Plans als die schwierigste Phase beim Problemlösen an. Hier müssen die richtigen Operatoren gefunden werden, die den Anfangszustand in den Endzustand überführen. Für den Problemlöser ergibt sich neben dem Finden der Operatoren eine weitere Schwierigkeit. Er muss einen geeigneten Weg vom Anfangszustand über eine Menge von Zwischenzuständen zum Endzustand finden. Solche Problemlöseprozesse sind nicht algorithmisch lösbar und erfordern Strategien.

Baumann führt den Philosophen René Descartes an. Dieser erkannte im Aufteilen schwieriger Probleme in kleine, leichter lösbare Teilprobleme, eine wichtige Strategie, um die richtigen Operatoren zur Zustandsüberführung zu finden. Außerdem riet er beim Problemlösen vom Speziellen auf das Allgemeine zu schließen. Diese als Dekomposition und Induktion bekannten Strategien finden sich in der Informatik wieder. Das Konzept des Top-Down-Entwurfs und das Prinzip des Teilens und Herrschens basieren auf der Dekomposition. Sie sind Hilfsmittel, mit denen man Algorithmen entwickeln kann.

Die Strategie der Dekomposition erachten Schubert und Schwill als notwendig (s. [SS04a, S. 104-105]) – damit grundlegend für das informatische Problemlösen – auf der Suche

3 Planung der Unterrichtsreihe

nach den richtigen Operatoren. Das Zerlegen des Problems in Teilprobleme sollte solange geschehen, bis eine Folge von Operatoren gefunden wurde, die den Anfangszustand in einen Endzustand überführt.

Nach Pólya sind die Analogiebildung, die Umorganisation und die Variation weitere Strategien, die beim Finden der richtigen Operatoren helfen können.

Es ist zu beachten, dass diese Strategien beim Problemlöseprozess vom Problemlöser beliebig kombiniert werden. Eine Möglichkeit ist, dass die Dekomposition eines Problems beispielsweise zu Teilproblemen führt, die vom Problemlöser durch Analogiebildung als bekannte Probleme erkannt werden.

Nach Schubert und Schwill ist der Schlüssel zum erfolgreichen Problemlösen die variable Anwendung der aufgeführten Strategien und die Verfügbarkeit des Wissens.

3 Planung der Unterrichtsreihe

Zur Beantwortung der einleitend formulierten Leitfragen werde ich das entdeckende Lernen in gelenkter Weise mit dem Arbeitsmedium Simulation in der hier dargestellten Unterrichtsreihe einsetzen. Zur Unterstützung des Entdeckungsprozesses werden direktive Entdeckungshilfen in die Simulation integriert. Im Ergebnis der Unterrichtsreihe erhoffe ich, dass durch das entdeckende Lernen einerseits das Wissen über die Sortierverfahren bei den Schülern nachhaltig verfügbar ist, andererseits die Problemlösestrategien Dekomposition und Analogiebildung von den Schülern erkannt und angewendet sowie als Lösungsstrategien auf andere Probleme übertragen werden.

3.1 Darstellung der Unterrichtsvoraussetzungen

3.1.1 Allgemeine Unterrichtsvoraussetzungen

Informatik findet am Paulsen-Gymnasium in Kooperation mit der Fichtenberg-Oberschule statt. Der Unterricht wird in den Fachräumen des Paulsen-Gymnasiums erteilt. Seit ca. zwei Jahren gab es für den Fachbereich Informatik und Mathematik am Paulsen-Gymnasium keinen Fachbereichsleiter. Ab dem Schuljahr 08/09 ist diese Stelle wieder besetzt. Es wird z.Z. weder ein Leistungs- noch ein Wahlpflichtkurs in Informatik angeboten.

Durch die Kooperation zwischen den beiden Schulen ist kaum Spielraum für die Festlegung der Informatikstunden gegeben. Für die Planung dieser Stunden müssen die Stundenpläne

3 Planung der Unterrichtsreihe

beider Schulen abgeglichen werden. Verschiebungen können erst nach Absprache mit beiden Schulen stattfinden. Durch diesen starren Rahmen führt die Kollision der Einzelstunde am Donnerstag mit dem Fachseminar häufig dazu, den Unterricht auf den einzig möglichen Termin, die nullte Stunde vor der regulären Doppelstunde, zu verlegen. An solchen Tagen findet der gesamte Informatikunterricht einer Woche an einem Tag – von der nullten bis zur dritten Stunde – statt. Dabei stellt die nullte Stunde gerade für Schüler, die einen weiten Schulweg haben, eine nicht unerhebliche Mehrbelastung dar.

Auch wenn keine Verschiebung notwendig ist, liegt die Einzelstunde am Donnerstag nicht optimal, denn an beiden Schulen wird nach dem Blockmodell unterrichtet. Dieses Konzept kann allerdings nicht konsequent durchgehalten werden, weil es Fächer wie z.B. Informatik gibt, die dreistündig unterrichtet werden. Dadurch entstehen in diesen Fächern Einzelstunden, die innerhalb von Blöcken untergebracht werden müssen. Weil das Fach in Kooperation mit beiden Schulen und als Einzelstunde im zweiten Teil eines Blocks stattfindet, haben die Schüler keine Pause, um zwischen den Schulen zu pendeln. Damit verzögern sich häufig die Stundenanfänge, weil man auf die Pendler Rücksicht nehmen muss.

Der von mir unterrichtete Kurs geht aus dem Basiskurs des Schuljahrs 07/08 hervor. Er besteht aus acht Schülern. Ich habe ein gutes Verhältnis zu den Schülern, und sie nehmen alle motiviert und engagiert am Unterricht teil. Von den acht Schülern gehören sechs Schüler zum Paulsen-Gymnasium und nur zwei Schüler zur Fichtenberg-Oberschule. Eine Hälfte der Gruppe ist leistungsstark, die andere eher leistungsschwach. Den Schülern der leistungsstarken Gruppe fällt die Erarbeitung abstrakter Zusammenhänge leichter. In Phasen, in denen selbstständig gearbeitet werden soll, brauchen diese Schüler zusätzliche Angebote, weil sie meist vor den anderen Schülern ihre Aufgaben beenden. Dieses nicht unerhebliche Leistungsgefälle spiegelt sich auch in der Arbeitshaltung wieder. Hausaufgaben werden von den leistungsstarken Schülern gewissenhaft und ordentlich bearbeitet, während die leistungsschwachen Schüler häufig diese vergessen. Die versäumte Übung kann im Unterricht nicht nachgeholt werden, wodurch das Leistungsgefälle weiter ansteigt. Vor allem im Bereich der Programmierung ist dieser Effekt zu beobachten.

Eine Besonderheit und Stärke des Kurses ist der Umgang der Schüler untereinander. Sie helfen sich gegenseitig bei Schwierigkeiten und werden nicht ungeduldig, wenn es unter ihnen jemanden gibt, der bei bestimmten Themen noch Klärungsbedarf hat. Trotzdem ist eine Spaltung des Kurses nach Zugehörigkeit zu den verschiedenen Schulen zu beobachten. In Gruppenarbeitsphasen, in denen die Schüler sich freiwillig ihre Partner suchen, ist festzustellen, dass sich die Schüler der beiden Schulen nicht durchmischen. Rivalität oder Antipathie können als Gründe dafür ausgeschlossen werden.

Die Schüler sind an Gruppen- und Partnerarbeit gewöhnt. Bei Diskussionen muss man

vor allem die leistungsstarken Schüler oft zur Zurückhaltung aufrufen, damit die leistungsschwachen auch die Möglichkeit erhalten, Beiträge zu leisten.

3.1.2 Räumliche und technische Unterrichtsvoraussetzungen

Das Paulsen-Gymnasium verfügt über zwei Informatikräume. Ein auf Windows basierender Server ist für die Verwaltung des Rechnernetzes verantwortlich. Unterrichtsergebnisse der Schüler können auf einem im Netzwerk eingebundenen Laserdrucker ausgedruckt werden. In beiden Räumen gibt es keinen Lehrerrechner, der an dem jeweiligen Beamer angeschlossen ist, so dass ich meinen privaten Laptop zu Präsentationszwecken einsetze. Da dieser nicht in das schulinterne Netzwerk integriert ist, habe ich keinen Zugriff auf die Heimatverzeichnisse der Schüler. Schülerergebnisse müssen deswegen zum Präsentieren mit Hilfe eines USB-Sticks eingesammelt werden.

Obwohl der erste Informatikraum von der Rechnerhardware besser ausgestattet ist als der zweite, habe ich mir für die Durchführung meines Unterrichts den zweiten ausgewählt. In beiden Räumen sind die Rechner an der Wand entlang aufgestellt, so dass der Lehrer immer den Überblick über die Bildschirme hat. Der erste Informatikraum hat eine klappbare Kreidetafel, der zweite besitzt ein klappbares Whiteboard. Der zweite Informatikraum hat im Gegensatz zum ersten eine zusätzliche Konferenztischanordnung in der Mitte des Raumes. Dies hat den Vorteil, dass die Schüler in Planungsphasen oder theoretischen Arbeitsphasen nicht an einem Rechnerarbeitsplatz sitzen müssen, was die Konzentration und die Aufmerksamkeit der Schüler erhöht, weil sie nicht durch den Rechner abgelenkt werden können. Auf den Rechnern ist Windows NT installiert. Die Schüler verwenden zum Programmieren die Programmiersprache Java. Sie benutzen die Programmierumgebung BlueJ. Die Schüler haben jederzeit Zugriff auf das Internet.

3.1.3 Unterrichtsvoraussetzungen im Hinblick auf den Bereich Problemlösen

In der vorhergehenden Unterrichtsreihe haben die Schüler unter Anleitung die wichtigsten Elemente eines Spiels entwickelt. Das Kennenlernen von Programmierelementen und Programmierkonzepten stand bei dieser Unterrichtsreihe im Vordergrund. Innerhalb der Reihe mussten die Schüler auch Probleme lösen. Dieses geschah allerdings nicht strategisch, sondern intuitiv. Problemlösungen wurden wie Eingebungen behandelt, d.h. es wurde nie thematisiert, wie man systematisch zur Lösung des Problems hätte gelangen können. Probleme, die die Schüler lösen mussten, wurden, bevor die Schüler mit ihnen konfrontiert

3 Planung der Unterrichtsreihe

wurden, von mir so aufgeteilt, dass nur noch einzelne Teilprobleme übrigblieben. Die Gesamtlösung entstand aus einer Reihe von Zwischenlösungen, aber auch dieser Prozess wurde nicht in das Zentrum des Unterrichts gerückt. Es ist auch davon auszugehen, dass die Schüler in anderen Fächern Vorerfahrungen mit dem selbstständigen Problemlösen gemacht haben. Da fünf Schüler den Mathematik-Leistungskurs besuchen, ist davon auszugehen, dass sie in diesem Rahmen mathematische Probleme schon gelöst haben. Inwieweit sie geschult wurden, spezielle Strategien anzuwenden, um einen Lösungsplan für ein spezielles Problem zu entwickeln, entzieht sich meiner Kenntnis.

3.2 Angestrebter Kompetenzerwerb/-zuwachs

Der Berliner Rahmenlehrplan für das Fach Informatik formuliert Eingangsvoraussetzungen für die Sekundarstufe II, die in den abschlussorientierten Standards des Grundkurses nicht mehr aufgegriffen werden. Die Förderung und Vertiefung der in den Eingangsvoraussetzungen formulierten Kompetenzen in der Sekundarstufe II ist gemäß eines Spiralcurriculums für die Schüler nützlich und sinnvoll. Kompetenzen der Eingangsvoraussetzungen, die in diesem Rahmen wiederkehrend gefördert und die in den abschlussorientierten Standards der Sekundarstufe II nicht aufgeführt werden, werden an dieser Stelle genannt und zur Unterscheidung von den abschlussorientierten Standards der Sekundarstufe II mit einem Stern (*) markiert.

3.2.1 Kompetenzbereich Informatisches Modellieren

Die Schüler

- entwickeln, implementieren, testen und validieren einfache Modelle,
- reflektieren und beurteilen die eigene Modellierung.

(vgl. [LIS06, S. 14])

3.2.2 Kompetenzbereich Informatiksysteme verstehen

Die Schüler

- beschreiben Grundlagen des Aufbaus und der Arbeitsweise eines Informatiksystems (*),
- erläutern Eigenschaften von Algorithmen an einfachen Beispielen (*)

3 Planung der Unterrichtsreihe

- diskutieren Funktionalität, Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit von Informatiksystemen,
- beurteilen Algorithmen hinsichtlich ihrer Effizienz.

(vgl. für (*)) [LIS06, S. 12] sonst [LIS06, S. 15])

3.2.3 Kompetenzbereich Problemlösen

Die Schüler

- beschreiben algorithmische Abläufe umgangssprachlich und grafisch (*),
- modellieren einfache Abläufe mit Algorithmen (Sequenz, Auswahl, Wiederholung) (*),
- setzen Algorithmen in Programme um (*),
- wenden die Phasen des Problemlöseprozesses (informelle Beschreibung, formale Modellierung, Implementierung und Realisierung, Bewertung und Modellkritik) an,
- setzen informatische Methoden (z.B. Bottom-Up, Top-Down, Modularisierung, Prototyping) zielorientiert ein.

(vgl. für (*)) [LIS06, S. 12] sonst [LIS06, S. 16])

3.2.4 Kompetenzbereich Kommunizieren und Kooperieren

Die Schüler

- verfügen über eine angemessene Fachsprache und verwenden sie sachgerecht,
- dokumentieren, visualisieren, präsentieren und verteidigen Ergebnisse der Teamarbeit.

(vgl. [LIS06, S. 16])

3.3 Inhaltlicher Schwerpunkt – Begründung der Themenwahl

3.3.1 Sachstruktur

Der inhaltliche Schwerpunkt der Unterrichtsreihe ist die Behandlung von elementaren Sortierverfahren.

Ein Informatiker beschäftigt sich mit Informationen (kurz: Daten). Diese sind ohne Fremdeinfluss in der Regel ungeordnet. Handelt es sich um eine Handvoll von Daten, dann kann man sich ohne großen Zeitaufwand manuell einen Überblick verschaffen und Ordnung in das

3 Planung der Unterrichtsreihe

Chaos bringen. Bei einer Menge von mehreren Tausend oder gar Millionen Datensätzen ist dies nicht mehr ohne beträchtlichen Zeitaufwand manuell möglich. Da das heutige Leben geprägt ist durch eine Fülle von Informationen, die verwaltet und geordnet abgelegt werden müssen, ist das Sortierproblem ein wichtiges Thema. Der Computer übernimmt dabei eine Schlüsselrolle. Durch hohe Rechengeschwindigkeit ist er in der Lage, mehrere Tausend Datensätze zu sortieren, was die Effizienz von Arbeitsabläufen erhöht, weil das Auffinden von Datensätzen beschleunigt wird.

Dabei kann der Mensch beim Sortieren von Objekten anders vorgehen als der Computer. Der größte Unterschied beim Sortieren von Objekten zwischen Mensch und Computer besteht darin, dass der Mensch seine Umgebung, d.h. die Hand, den Tisch und andere Ablageflächen als Speicher nutzen kann. Jeder Speicherplatz kann mehrere Objekte aufnehmen. Durch seine Wahrnehmung kann der Mensch einige dieser Speicherplätze parallel organisieren. Der Rechner benutzt dagegen einen Speicher, der streng organisiert ist. Jeder Speicherplatz besitzt eine Adresse, über die er angesprochen wird. Ein Speicherplatz kann genau ein Objekt aufnehmen. Daraus folgt, dass dieses Objekt verlorenght, wenn ein anderes an demselben Platz gespeichert wird. Ein Vertauschen von Objekten – eine der grundlegenden Operationen beim Sortieren – erfolgt im Rechner anders als beim Menschen. Während der intuitiv Ablageflächen benutzt, ist dieser Vorgang beim Rechner eine streng organisierte Operation. Außerdem hat der Rechner keinen Überblick über mehrere Speicherplätze, so dass das Betrachten der Inhalte dieser aus einer Sequenz einzelner Leseoperationen besteht. Daraus resultiert wiederum, dass auch das Vergleichen – die zweite grundlegende Operation beim Sortieren – beim Rechner streng organisiert werden muss. Während der intuitiv Ablageflächen benutzt, ist dieser Vorgang beim Rechner eine streng organisierte Operation. Außerdem hat der Rechner keinen Überblick über mehrere Speicherplätze, so dass das Betrachten der Inhalte dieser aus einer Sequenz einzelner Leseoperationen besteht. Daraus resultiert wiederum, dass auch das Vergleichen – die zweite grundlegende Operation beim Sortieren – beim Rechner streng organisiert werden muss.

Dieses Wissen um die Unterschiede zwischen Mensch und Maschine erklärt, warum es schwierig ist, aus Beobachtungen von Menschen beim Sortieren Verfahren für den Computer abzuleiten.

Ein weiterer Aspekt zum Aufbau eines Problembewusstseins ist der Begriff der Ordnung. Intuitiv leuchtet ein, dass eine Ordnung eine nach Regeln klar strukturierte Ablage von Objekten ist. In der Informatik ist es notwendig, zunächst die Menge, die sortiert werden soll, darauf zu prüfen, ob und nach welchen Kriterien sie sortiert werden kann. Eine Ordnung kann auf einer Menge nur dann hergestellt werden, wenn eine Relation auf der Menge exis-

tiert, die entscheidet, ob ein Objekt vor oder nach einem anderen Objekt steht. Objekte aus Mengen, auf denen eine solche Relation nicht definiert ist, können demnach nicht geordnet werden.

Die Betrachtung dieser beiden Aspekte, einerseits die Abgrenzung des menschlichen Sortierens vom maschinellen Sortieren, andererseits die bewusste Auseinandersetzung mit der Frage, welche Voraussetzungen eine Menge erfüllen muss, damit sie sortiert werden kann, schafft ein Problembewusstsein für das Sortieren mit dem Rechner und bildet den Ausgangspunkt für die Frage: Wie sortiert ein Computer?

Zum Sortieren ist immer eine Menge erforderlich, deren Elemente in die richtige Reihenfolge zu bringen sind. Die dafür benötigten Basisoperationen sind Vergleichen und Vertauschen zweier Elemente. Für die Ablaufbeschreibung der elementaren Sortierverfahren und speziell der Operationen Vergleichen und Vertauschen verwendet man elementare Daten- und Steuerstrukturen. Bevor man bei der Entwicklung von Algorithmen zu einer programmartigen Struktur übergeht, benutzt man meist Struktogramm- oder Pseudocodedarstellungen des Algorithmus. Da es für die Verwendung von Pseudocode keine einheitliche Konvention gibt, wird bei der Darstellung der Sachstruktur nur auf die Struktogrammdarstellung eingegangen. Im Folgenden werden zunächst die elementaren Daten- und Steuerstrukturen vorgestellt. In diesem Überblick wird gleichzeitig die Darstellung der entsprechenden Elemente in einem Struktogramm erläutert. Anschließend kommt ein Überblick über die elementaren Sortierverfahren. Hier werden dann auch die Basisoperationen Vergleichen und Austauschen behandelt.

Elementare Daten- und Steuerstrukturen

In der Programmiersprache Java gibt es acht Basisdatentypen (vgl. [Sed03, S. 88]). Ein Datentyp bestimmt den Wertebereich und die Operationen, die auf diesen Werten durchgeführt werden können. Der Datentyp, der im Rahmen dieser Unterrichtsreihe in der Programmierphase verwendet werden soll, ist der ganzzahlige Basisdatentyp **int**. Dieser bietet Vergleichsoperationen wie $>$, $<$ und $==$ an. Mit diesen Operationen ist es möglich, bei zwei gegebenen Werten zu erfahren, ob der erste größer oder kleiner als der zweite ist oder ob die beiden Werte gleich sind. Der Wertebereich des Datentyps **int** ist -2^{31} bis $2^{31} - 1$.

Zum Sortieren ist eine Menge von Werten erforderlich, auf der eine Ordnung definiert ist. Durch die oben genannten Operationen wird auf dem Datentyp **int** eine Ordnung definiert. Den Zusammenschluss mehrerer Werte des Typs **int** erreicht man mit der Datenstruktur Array. Ein Array ist eine feste Sammlung von Werten eines bestimmten Datentyps. Sie ist nicht dynamisch, d.h. ihre Aufnahmekapazität an Werten wird bei der Erzeugung festgelegt und kann sich zur Laufzeit nicht nachträglich verändern. Die Zeile `int [] a = new int[5];`

3 Planung der Unterrichtsreihe

erzeugt ein Array, das den Namen `a` trägt und eine Kapazität von fünf Elementen aufweist. Auf die einzelnen Werte kann man durch Angabe eines Index zugreifen. Auf das i -te Element eines Arrays `a` kann man mit `a[i]` zugreifen. Dabei gilt es zu beachten, dass mit Null begonnen wird, die Speicherplätze zu adressieren. Ein häufiger Fehler ist die Angabe nicht zugelassener Indizes. Man muss darauf achten, dass die Indizes nicht negativ sind und kleiner als die Arraygröße bleiben.

Ein Programm besteht aus einfachen Anweisungen und Steueranweisungen. Unter einfachen Anweisungen versteht man Variablenzuweisungen oder Methodenaufrufe. In einem Struktogramm werden die einfachen Anweisungen folgendermaßen dargestellt:

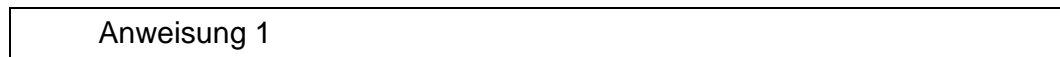


Abb. 17.1: Darstellung einer einfachen Anweisung

Solange keine nicht-sequentiellen Programmierelemente eingesetzt werden, wird ein Programm sequentiell durchlaufen. Um in den Ablauf steuernd einzugreifen, gibt es Steueranweisungen. Diese lassen sich in Verzweigungen und Wiederholungen gliedern. Mit Verzweigungen können Fälle unterschieden werden, so dass je nach vorliegendem Fall eine bestimmte Alternative ausgewählt wird. Die Standardverzweigung ist die **if**, **else**-Verzweigung. Diese wird in einem Struktogramm folgendermaßen dargestellt:

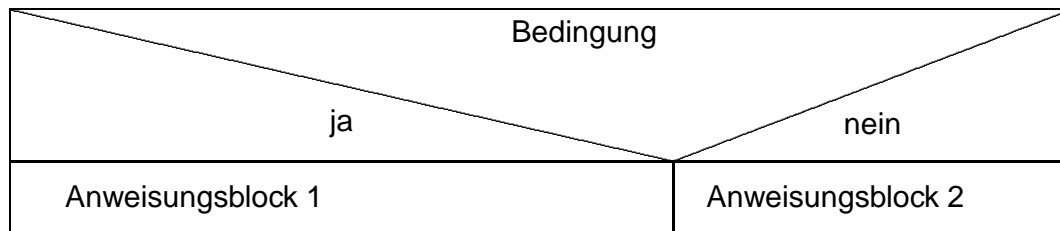


Abb. 17.2: Darstellung einer **if-else**-Verzweigung: Wenn die Bedingung zutrifft, wird Anweisungsblock 1 ausgeführt, sonst 2

Mit Wiederholungen können Programmteile wiederholt ausgeführt werden. Dafür werden Schleifen verwendet. Durch Angabe einer Bedingung wird festgelegt, wie oft der Programabschnitt wiederholt werden soll. Man unterscheidet zählergesteuerte **for**-Schleifen, vorprüfende **while–do**-Schleifen und nachprüfende **do–while**-Schleifen.

Elementare Sortierverfahren

Zu den elementaren Sortierverfahren zählen Sortieren durch Einfügen (Insertionsort), Sortieren durch Auswählen (Selectionsort) und Bubblesort. Um eine einheitliche Namensgebung zu verwenden, werden die englischen Bezeichnungen der Verfahren im weiteren Ver-

3 Planung der Unterrichtsreihe

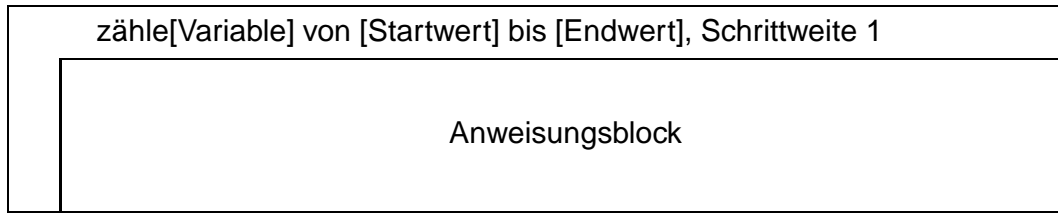


Abb. 18.1: Darstellung einer zählergesteuerten **for**-Schleife

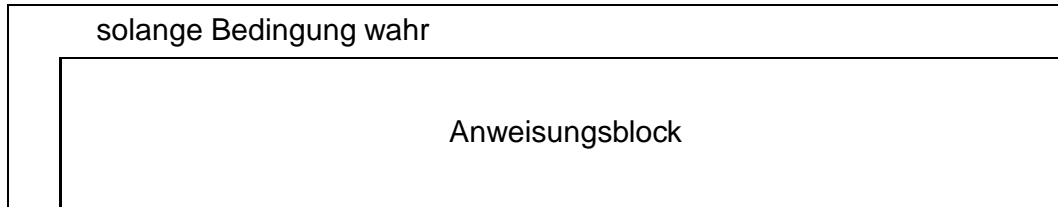


Abb. 18.2: Darstellung einer vorprüfenden **while-do**-Schleife

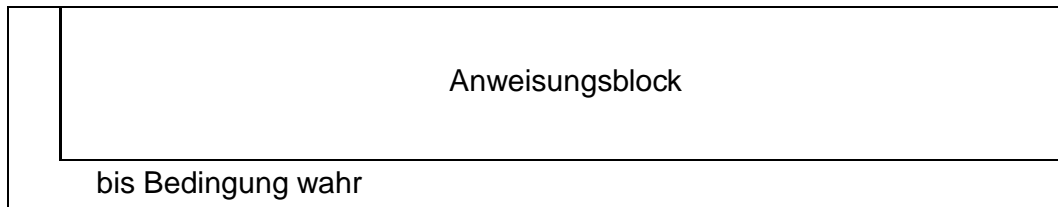


Abb. 18.3: Darstellung einer nachprüfenden **do-while**-Schleife

lauf der Arbeit verwendet. Vor der Vorstellung der Verfahren werden zunächst die zwei Basisoperationen Vergleichen und Vertauschen erläutert.

Die Basisoperationen Vergleichen und Vertauschen

Die Vergleichsoperationen für den Datentyp **int** wurden schon in der Darstellung der elementaren Daten- und Steuerstrukturen vorgestellt. Um zwei Werte miteinander zu vergleichen, wird die jeweilige Operation zwischen die beiden Werte geschrieben. Das Ergebnis der Vergleichsoperationen sind Wahrheitswerte, d.h. entweder **true** oder **false**. Der Ergebniswert gibt an, ob einer der Werte größer bzw. kleiner oder ob beide gleich groß sind.

Für das Vertauschen zweier Werte in einem Array muss eine zusätzliche Hilfsvariable definiert werden, in die einer der beiden Werte zwischengespeichert wird. Erst nach dieser Zwischenspeicherung kann der Speicherplatz überschrieben werden, ohne den Wert, der an dieser Stelle stand, zu verlieren. Der Inhalt der Hilfsvariablen kann nun in den anderen Speicherplatz geschrieben werden. Ohne die Zwischenspeicherung träte immer der Verlust eines Werts auf.

Insertionsort

Dieses Verfahren arbeitet so, wie die meisten Menschen Spielkarten in ihrer Hand sortieren. Vor dem Aufnehmen der ausgeteilten Karten ist die Hand leer. Nach dem Austeilen liegen die Karten umgedreht auf dem Tisch und man nimmt jeweils eine Karte auf und fügt diese an die richtige Position ein. Um die richtige Position für die Karte zu finden, vergleicht man die aufgenommene Karte mit jeder Karte, die sich bereits auf der Hand befindet. Zu jedem Zeitpunkt sind die Karten auf der Hand sortiert.

INSERTIONSORT(F)

```
1  for {i} ← 2 to länge[F]
2      do for j ← i downto 1
3          do if F[j] < F[j-1]
4              then vertausche F[j-1] ↔ F[j]
```

Programm 1: Insertionsort aus [Sed03, S. 285-286] dargestellt nach Pseudocodekonventionen aus [CLRS07, S. 19-20]

Beim Aufruf der Prozedur INSERTIONSORT wird als Parameter die unsortierte Menge F übergeben. F ist ein Feld der Länge n, das die zu sortierenden Elemente enthält. Die Länge des Felds wird mit länge[F] abgefragt. Zunächst wird eine zweielementige Menge betrachtet, in die das weiter rechts stehende Element F[j] einsortiert werden soll. Falls das einzusortierende Element F[j] kleiner ist, als das schon vorhandene F[j-1], so werden die beiden getauscht. Damit ist die zweielementige Teilmenge sortiert. Nun wird die Teilmenge um das nächste Element erweitert. Wie vorher auch, wird durch Vergleichen des neu hinzugenommenen Elements mit den übrigen Elementen die Position des neuen Elements bestimmt. Dabei werden größere Elemente um eine Position nach rechts verschoben, und das neue Element nimmt deren vorherige Position ein. Auf diese Weise wandert das neue Element nach links. Sobald ein Element gefunden wurde, das kleiner ist, hat das Element seine Position erreicht. Obwohl damit der Sortiervorgang für die aktuell betrachtete Teilmenge beendet ist, wird das Feld weiter durchlaufen. Da die Menge vorher schon sortiert war, finden keine weiteren Veränderungen an den Positionen der links neben dem neuen Element liegenden Elementen statt. Adaptive Varianten dieses Verfahrens brechen ab, sobald die Position des neuen Elements gefunden wurde und sparen sich damit überflüssige Schritte. Nachdem die Prozedur INSERTIONSORT abgeschlossen ist, enthält das Feld die sortierte Menge. In Abbildung 20.1 ist die Arbeitsweise dieses Verfahrens dargestellt.

Selectionsort

Dieses Verfahren sucht zunächst das kleinste Element aus, um dieses an den Anfang der Folge zu setzen. Anschließend ist gesichert, dass das kleinste Element an der richtigen

3 Planung der Unterrichtsreihe

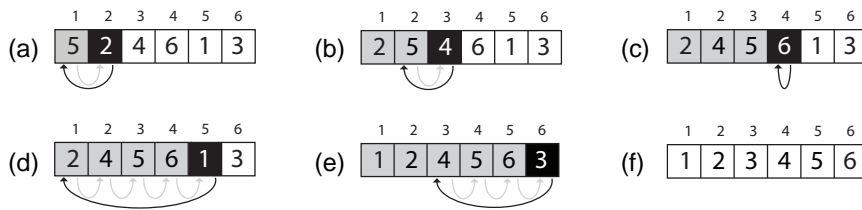


Abb. 20.1: Die Arbeitsweise von INSERTIONSORT auf dem Feld $F = \langle 5, 2, 4, 6, 1, 3 \rangle$

Stelle steht und mit dem Rest der Menge genauso verfahren wird. Der folgende Pseudocode stellt das Verfahren dar.

SELECTIONSORT(F)

```

1  for i ← 1 to länge[F]−1
2      do min ← i
3      for j ← i+1 to länge[F]
4          do if F[j] < F[min]
5              then min ← j
6      vertausche F[i] ↔ F[min]
```

Programm 2: Selectionsort aus [Sed03, S. 303] dargestellt nach Pseudocodekonventionen aus [CLRS07, S. 19-20]

Wie bei Insertionsort auch, wird beim Aufruf der Prozedur SELECTIONSORT die unsortierte Menge F übergeben. In der inneren Schleife wird der Index des kleinsten Elements min gesucht. Am Ende der Schleife werden die Elemente an der Stelle j und an der Stelle min getauscht. Anschließend kann die zu sortierende Menge um ein Element verkürzt werden, weil die Position des kleinsten Elements schon bestimmt wurde. Die Bestimmung des kleinsten Elements beginnt nun erneut. Nachdem die Prozedur SELECTIONSORT abgeschlossen ist, enthält das Feld die sortierte Menge. In Abbildung 20.2 ist die Arbeitsweise dieses Verfahrens dargestellt.

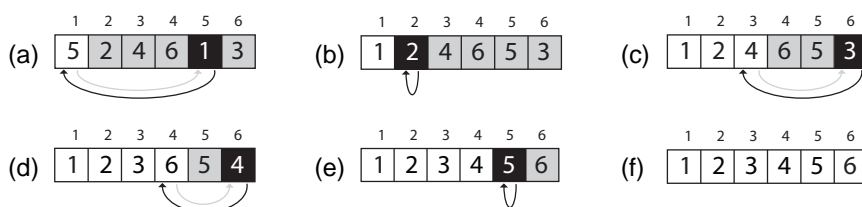


Abb. 20.2: Die Arbeitsweise von SELECTIONSORT auf dem Feld $F = \langle 5, 2, 4, 6, 1, 3 \rangle$

Bubblesort

Der Name dieses Verfahrens leitet sich aus der Vorstellung ab, dass bei einer vertikalen

3 Planung der Unterrichtsreihe

Anordnung der Elemente der zu sortierenden Menge die Elemente wie Luftblasen in einer Flüssigkeit aufsteigen und somit eine Ordnung hergestellt wird. Der folgende Pseudocode stellt das Verfahren dar.

BUBBLESORT(F)

```
1 for i ← 1 to länge[F]
2   do for j ← länge[F] downto i+1
3     do if F[j] < F[j-1]
4       then vertausche F[j] ↔ F[j-1]
```

Programm 3: Bubblesort aus [Sed03, S. 307-308] dargestellt nach Pseudocodekonventionen aus [CLRS07, S. 19-20]

Das Grundprinzip dieses Verfahrens ist, die Menge immer wieder zu durchlaufen und dabei immer zwei benachbarte Elemente zu vertauschen, wenn die beiden nicht in der richtigen Reihenfolge stehen. So wird garantiert, dass das kleinste Element beim ersten Durchlauf an den Anfang der Menge befördert wird. Damit ist die Position eines Elements festgelegt, und die unsortierte Menge verkürzt sich um genau dieses Element. Anschließend beginnt der Vorgang des Vergleichens der benachbarten Elemente erneut. Dies läuft solange, bis nur noch zwei Elemente übrig sind. Nachdem die Prozedur BUBBLESORT durchgelaufen ist, enthält das Feld die sortierte Menge. In Abbildung 21.1 ist die Arbeitsweise dieses Verfahrens dargestellt.

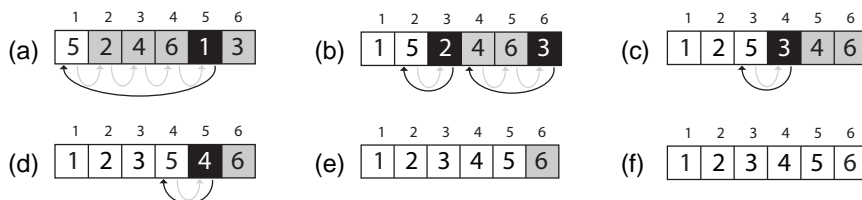


Abb. 21.1: Die Arbeitsweise von BUBBLESORT auf dem Feld $F = \langle 5, 2, 4, 6, 1, 3 \rangle$

3.3.2 Eignung des Themas bezüglich der zu fördernden Kompetenzen

Elementare Sortierverfahren bieten aufgrund ihrer einfachen Struktur eine gute Möglichkeit, sich mit den grundlegenden Mechanismen von Sortierverfahren vertraut zu machen. An diesen Verfahren kann das Hintergrundwissen aufgebaut werden, dass zum Verständnis komplizierterer Verfahren erforderlich ist (vgl. [Sed03, S. 283]). Zu diesem Hintergrundwissen gehört es, sich allgemein mit der Qualität von Algorithmen und speziell der Sortierverfahren zu befassen. Durch die geringe Komplexität der Verfahren ist es für Schüler möglich, selbstständig Laufzeitanalysen durchzuführen. Die elementaren Sortierverfahren haben in

3 Planung der Unterrichtsreihe

Situationen, in denen der Sortieraufwand niedrig ist, aufgrund des geringen Programmieraufwands einen Vorteil gegenüber komplexen und damit aufwendig umzusetzenden Sortierverfahren und sind deswegen in der Praxis durchaus anwendbar.

Durch ihre einfache Struktur lassen sie sich durch Beobachtung der Sortierungsschritte aus diesen ableiten. Diese Aufgabe ist aufgrund der vielen einzuordnenden Einzelschritte in einem angemessenen Maße komplex. Da sich alle hier betrachteten Sortierverfahren auf ähnliche Weise in Teilvorgänge zerlegen lassen, kann zum Ableiten der Verfahren die Strategie der Dekomposition angewendet werden. Die verwendeten Daten- und Steuerstrukturen sind den Schülern bekannt und werden in diesem Rahmen vertieft. Die entsprechende Darstellung in einem Struktogramm ist den Schülern auch geläufig, so dass sie die Dokumentation ihrer Ergebnisse üben können. Da die Schüler ihren Beobachtungen diese Steuerstrukturen zuordnen müssen, wenden sie auch das Analogieprinzip an.

Sortierverfahren lassen sich leicht überprüfen, z.B. anhand von Zahlenreihen oder Spielkarten, die man dann durch Anwenden des Sortierverfahrens in die richtige Reihenfolge bringt. Gelingt dies, hat man sofort eine Bestätigung dafür, dass das Sortierverfahren das Gewünschte leistet. Dies ist vorteilhaft beim Testen und Validieren der abgeleiteten Verfahren.

Dadurch, dass Sortiervorgänge komplex sind, reicht eine verbale Beschreibung meist nicht aus. Die Schüler müssen daher ihre Ergebnisse, die auch in Gruppen entstehen, in geeigneter Form visualisieren, präsentieren und verteidigen.

3.4 Konkretisierung der Standards für die geplanten Lehr- und Lernprozesse

Die Schüler

- erkennen das Problem des maschinellen Sortierens, indem sie eine Animation zum maschinellen Sortieren sehen, selbst Spielkarten sortieren und das Vorgehen der Maschine mit dem Vorgehen des Menschen beim Sortieren vergleichen (Sk_0),
- entdecken und analysieren einen Sortiervorgang, leiten daraus einen Algorithmus ab und beschreiben ihren Lösungsansatz grafisch (Sk_1),
- reflektieren über ihre Vorgehensweise beim Entdecken der Sortiervorgänge und Aufstellen des Lösungsansatzes und stellen Problemlösestrategien auf (Sk_2),
- verwenden gezielt die Problemlösestrategien Dekomposition und Analogiebildung zur Ableitung weiterer Sortierverfahren (Sk_3),
- benutzen einfache Datentypen und Steuerstrukturen zur Modellierung und Implementierung der Sortierverfahren (Sk_4),

3 Planung der Unterrichtsreihe

- überprüfen ihre Lösung, indem sie nach dem selbst abgeleiteten Algorithmus manuell Spielkarten sortieren (Sk₅),
- formulieren das Grundprinzip jedes Verfahrens und präsentieren es an der Tafel (Sk₆),
- erstellen selbstständig durch Verwendung der Problemlösestrategien einen Lösungsplan zur Lösung eines Sortierproblems in einem anderen Kontext (Sk₇),
- setzen den Lösungsplan um, indem sie einen vorbereiteten Programmcode durch eines der Sortierverfahren in der Programmiersprache Java erweitern (Sk₈),
- finden Kriterien für die Bewertung der Qualität von Sortieralgorithmen (Sk₉),
- erweitern das zuvor erstellte Programm um die Möglichkeit der Zeitmessung (Sk₁₀),
- bestimmen die Laufzeiten der verschiedenen Sortierverfahren, indem sie Versuchsreihen planen und durchführen und finden eine geeignete Darstellung, um die Ergebnisse der Laufzeiten vergleichen zu können (Sk₁₁),
- bestimmen die Laufzeiten der verschiedenen Sortierverfahren, indem sie Versuchsreihen planen und durchführen und finden eine geeignete Darstellung, um die Ergebnisse der Laufzeiten vergleichen zu können (Sk₁₂).

3.5 Begründung der Lehrstruktur

Die Lehrstruktur folgt im Wesentlichen dem in Abschnitt 2.1.2 vorgestellten Stufenkonzept von Winter, da jeder Stufe eine Phase des Problemlösens von Pólya, wie sie in Abschnitt 2.2 dargestellt wurden, zugeordnet werden kann und somit die Schüler immer wieder die Phasen eines Problemlöseprozesses durchlaufen.

Die Anfangsphase der Reihe entspricht der Phänomenstufe. In dieser Stufe sollen die Schüler an das Thema der Sortierverfahren herangeführt werden. Bei den Schülern soll ein wie in Abschnitt 3.3.1 dargestelltes Problembewusstsein für das maschinelle Sortieren geschaffen werden. Dieses Problembewusstsein ist sehr wichtig, weil es den Schülern transparent macht, warum man sich im Informatikunterricht mit dem Thema Sortieren auseinandersetzt und die Frage aufwirft, wie sortiert der Computer. Nachdem die Schüler erkannt haben, welche Voraussetzungen zum Sortieren erfüllt sein müssen und dass das maschinelle sich vom manuellen Sortieren unterscheidet, sollen die Schüler das erste elementare Sortierverfahren kennenlernen. Den Schülern wird das Sortierverfahren präsentiert. Danach sollen sie aus ihren Beobachtungen das Verfahren formalisiert ableiten, so dass sie ihre Darstellung des Verfahrens jemandem ohne Vorwissen als Anleitung vorgeben können und dieser mit Hilfe der Anleitung das Verfahren durchführen kann. Mit dem Verständnis der Aufgabenstellung findet ein Stufenwechsel von der Phänomen- zur Problemstufe statt.

Für die Schüler ist das Ableiten eines Verfahrens aus einer Beobachtung ein Problem,

3 Planung der Unterrichtsreihe

weil sie keine Vorerfahrung im Bereich des Sortierens besitzen und ein Sortiervorgang aus sehr vielen Einzelschritten besteht, die nicht nur für Schüler zunächst kaum zu überblicken sind. Sie sind demnach nicht in der Lage, routinemäßig vorzugehen und das Verfahren direkt aufzuschreiben. Die Schüler müssen sich einen Lösungsplan überlegen, mit dem sie in der Lage sind, aus ihren vielen Beobachtungen das Verfahren zu beschreiben. Bevor die Schüler das Verfahren beschreiben können, müssen sie sich einen Überblick über das Verfahren verschaffen. Dabei sollten sie auf diese oder ähnliche Weise vorgehen:

Da das Sortieren ein komplexer Prozess ist, sollte man versuchen innerhalb des Sortierprozesses kleinere logisch zusammengehörende Blöcke zu erkennen, weil es leichter ist, die Funktion kleinerer Teilschritte zu beschreiben. Es sollte erkannt werden, dass die Sortierverfahren aus zwei Blöcken bestehen. Der erste logische Block grenzt die zu sortierende Menge ein bzw. erweitert sie, der zweite sorgt für die Sortierung dieser eingegrenzten Teilmenge. Wurde diese Zerlegung vorgenommen, hat man die Strategie der Dekomposition angewendet. Das Problem ist in zwei kleinere Probleme zerlegt worden. Nun kann man sich auf die Analyse eines dieser beiden Teilprobleme konzentrieren.

Beim dem Block, der für die Sortierung verantwortlich ist, sollte erkannt werden, dass viele Wiederholungen auftreten. Zur Beschreibung dieses Vorgangs reicht es, einen Teilvorgang daraus zu beschreiben und diesen zu wiederholen. Auch hier wendet man die Dekomposition an. Ein Teilvorgang kann wiederum in die zwei Operationen Vergleichen und Vertauschen aufgeteilt werden. Hier wirkt zunächst die Analogiebildung, denn es wird danach gesucht, wie der Teilvorgang realisiert werden kann. Bei dieser Suche wird die Analogie zu dem in der Phänomenstufe durchgeführten manuellen Kartensortierens hergestellt und die entsprechenden Operationen werden dem Teilvorgang zugeordnet. Außerdem wirkt wieder die Dekomposition, weil nun mit konkreten zu sortierenden Elementen bestimmt wird, wie dieser Teilvorgang aus den beiden Operationen aufgebaut ist. Es wird eine Regel festgelegt, die bestimmt, in welcher Abfolge die Operationen auftreten und welche Elemente beteiligt sind. Dies stellt schließlich die erste Teillösung des Gesamtproblems dar. Durch Wiederholung dieser Teillösung entsteht die Lösung für den gesamten Sortierungsteil. Diese Lösung wird durch wiederholte Anwendung schließlich zur Gesamtlösung.

Um eine genaue Beschreibung anzugeben, müssen die Schüler Analogien zu den ihnen bekannten Steuerstrukturen herstellen. Dabei sollten sie sich für eine Steuerstruktur, die sich für die Umsetzung des jeweiligen Blocks eignet, entscheiden. Durch Verallgemeinerung von der konkreten Anzahl der zu sortierenden Elemente auf eine beliebige Anzahl, erhalten sie eine vorläufige Beschreibung des Verfahrens. Anschließend müssen sie ihre Lösung validieren. Dafür vergleichen sie das Sortierergebnis ihres abgeleiteten Verfahrens mit dem Sortierergebnis des beobachteten Verfahrens für dieselbe unsortierte Menge. Falls

3 Planung der Unterrichtsreihe

ihr Sortierergebnis von dem des beobachteten Verfahrens abweicht, sind weitere Beobachtungen erforderlich, um ihre Beschreibung zu korrigieren. Dafür wechseln die Schüler zurück zur Phänomenstufe. Falls ihr Sortierergebnis für ein Beispiel korrekt ist, sind weitere Überprüfungen erforderlich, um die Korrektheit nachzuweisen.

Dies leitet gleichzeitig auch den Stufenwechsel zur Systemstufe ein, weil die Schüler beginnen, spezifische Übungen durchzuführen, indem sie ihr abgeleitetes Verfahren immer wieder auf unterschiedlich unsortierte Mengen anwenden. Auch hier können die Schüler auf unerwartete Ergebnisse treffen, die sie dazu veranlassen, zurück zur Phänomenstufe zu gehen. Um ihr Verfahren zu testen, sollten die Schüler eine eindeutige Notation gewählt haben. Hier wird an das Wissen der Schüler über Struktogramme angeknüpft. Durch das Präsentieren einer Lösung erhalten sie eine Bestätigung, falls sie zur richtigen Lösung gekommen sind. Andernfalls können die Schüler ihre Fehler erkennen und korrigieren.

In der anschließenden Reflexionsstufe sollen die Schüler nach dieser ersten Konfrontation mit einem Sortierverfahren und der Lösung des ersten Problems ihr Problemlösevorgehen beschreiben. Dies soll den Schülern bewusst machen, dass sie intuitiv strategisch vorgegangen sind. Dabei soll der Schwerpunkt vor allem auf den beiden Strategien Dekomposition und Analogiebildung liegen. Da es aus meiner Sicht nicht möglich ist, ohne Strategie eines der Sortierverfahren abzuleiten, kann es höchstens dazu kommen, dass Schüler ihre Strategie nicht beschreiben können. Anschließend werden die Strategien benannt und schriftlich fixiert.

Anhand weiterer Verfahren durchlaufen die Schüler dieses Stufenkonzept weitere zwei Male. Da sich die Verfahren untereinander strukturell unterscheiden, können die Schüler bei den folgenden Malen auch nicht routinemäßig vorgehen. Sie sollen durch Anwendung der bewusstgemachten Strategien das Problem nun organisierter angehen und erkennen, dass diese Strategien beim Problemlösen helfen.

Mit dem Abschluss dieser ersten Phase sollen die Schüler drei unterschiedliche Sortierverfahren und zwei Strategien kennengelernt haben, deren Anwendung hilft, unübersichtliche Problemsituationen zu vereinfachen.

Nach einer ferienbedingten Unterrichtspause werden die Schüler mit einem weiteren Problem konfrontiert. Dieses soll aus einem anderen Kontext stammen, so dass die Schüler einen Transfer leisten müssen. Auch hier wird der Unterricht nach dem beschriebenen Stufenkonzept aufgebaut. Anhand ihres Vorgehens bei der Erarbeitung eines Lösungsplans soll beobachtet werden, ob die Schüler bewusst die Strategien zum Problemlösen anwenden und ob das Wissen über die Sortierverfahren verfügbar ist.

3.6 Begründung der methodischen Entscheidungen

Da das Problemlösen nach Pólya (s. Abschnitt 2.2) ein Entdeckungsprozess ist und dieser stark von den individuellen Vorerfahrungen des Problemlösers abhängt, sollte eine Methode für den problemorientierten Unterricht gewählt werden, die es den Schülern ermöglicht, weitgehend selbstständig zu arbeiten und ihnen den Raum für eigene Gedankengänge lässt. Aus meiner Sicht eignet sich dafür die Methode des entdeckenden Lernens.

Wie in Abschnitt 2.1 dargestellt, soll die individuelle Erfahrung des Schülers mit dem Lerngegenstand eine stärkere Vernetzung des neuen Wissens mit seiner eigenen Wissensstruktur bewirken. Dies soll für eine höhere Verfügbarkeit des Wissens in späteren Situationen sorgen. Damit individuelle Erfahrungen gemacht werden können, eignet sich aus meiner Sicht die Ich-Du-Wir-Methode (s. [BBL08, S. 118]). So können die Schüler zunächst individuell entdecken, danach sich im Rahmen eines Teams austauschen und gegebenenfalls weitere Entdeckungen machen, um anschließend ihre Ergebnisse im Plenum zu präsentieren. Es ist zu erwarten, dass die Schüler beim Lösen des ersten Problems nicht völlig unstrategisch an die Aufgabe herangehen. Unbewusst werden sie Strategien anwenden, die das Problem für sie beherrschbar macht.

Nach Schubert und Schwill ist der Schlüssel zum erfolgreichen Problemlösen einerseits die Anwendung von Strategien, um das Problem zunächst beherrschbar zu machen und andererseits die Verfügbarkeit von Wissen. Für beide Aspekte bietet das entdeckende Lernen nach obiger Begründung angemessenen Raum.

Das selbstentdeckende Lernen, wie es in Abschnitt 2.1.1 dargestellt wurde, ist aus den in diesem Abschnitt angeführten Argumenten nicht geeignet. Im Rahmen dieser Unterrichtsreihe erfolgt auf mehreren Ebenen eine gezielte Lenkung des entdeckenden Lernens. Im Folgenden werden die wichtigsten Lenkungen angeführt und begründet.

3.6.1 Einsatz von Spielkarten als Sortierobjekte

Als Einführung in das Sortierproblem werden Spielkarten benutzt. Es ist davon auszugehen, dass Schüler die gängigsten Kartenspiele kennen und einige davon auch selbst spielen. Die Spielkarten knüpfen somit an die Lebenssituationen der Schüler an. Außerdem eignen sie sich besser zum Sortieren als abstrakte Objekte, weil die Sortierung von Spielkarten nach dem Austeilen der Karten ein selbstverständlicher Vorgang und allen Schülern geläufig ist. Die Spielkarten haben im Gegensatz zu Zahlen den Nachteil, dass sie nach ihrer Farbe und ihres Werts geordnet werden. Da dies den Schülern bekannt sein dürfte, muss lediglich eine Regel für die Ordnungskriterien festgelegt werden, was wiederum

für den Einsatz der Spielkarten spricht, denn die Schüler machen sich Gedanken über die Ordnung einer Menge. Dies liefert einen guten Anknüpfungspunkt, um den Schülern bewusst zu machen, dass eine Menge nur dann geordnet werden kann, wenn auf ihr eine Ordnung definiert ist.

3.6.2 Entwicklung und Einsatz einer Simulation zum Entdecken der Sortierverfahren

Da das Problem für die Schüler das Ableiten eines Sortierverfahrens aus Beobachtungen sein soll, muss für die Schüler die Möglichkeit geschaffen werden, Beobachtungen zu machen. Da jeder Mensch eine individuelle Geschwindigkeit beim Erfassen von Vorgängen besitzt, eignet sich das zentrale Vorführen der Verfahren mit Spielkarten durch den Lehrer nicht. Eine einfache Animation ist für das Ableiten eines Verfahrens nicht ausreichend, weil es Sonderfälle geben kann, die einer speziellen Behandlung innerhalb des Verfahrens bedürfen. Durch eine interaktive Simulation können die Schüler diese Sonderfälle mit Hilfe geeigneter Experimente herausfinden.

Der Einsatz einer Computersimulation, wie sie in Abschnitt 2.1.3 beschrieben wurde, eignet sich aus meiner Sicht im entdeckenden Unterricht. Wenn die Simulation ansprechend gestaltet ist, wirkt sie motivierend. Ihr Einsatz ermöglicht den Schülern, Zusammenhänge selbst zu entdecken. Unterstützt wird dieser Prozess dadurch, dass Vorgänge wiederholt und Experimente durchgeführt werden können. Die Integration geeigneter Entdeckungshilfen fördert den Entdeckungsprozess zusätzlich.

Aus diesen Überlegungen heraus und in Anlehnung an Gallenbacher (vgl. [Gal08, Kapitel 2]) entwickelte ich für die Schüler im Rahmen dieser Unterrichtsreihe eine Computersimulation, die die elementaren Sortierverfahren anhand von Spielkarten simuliert und darüber hinaus die Möglichkeit bietet, die eigenen abgeleiteten Verfahren durch manuelle Durchführung zu prüfen¹.

Dabei wurden die in Abschnitt 3.3.1 vorgestellten Sortierverfahren Insertionsort und Bubblesort aus didaktischen Gründen in einer abgewandelten Form umgesetzt. Die vorgestellte Variante des Insertionsorts benutzt zwei verschiedene Arbeitsrichtungen. Die äußere Schleife bewirkt, dass der Laufindex nach rechts läuft, während der Laufindex der inneren Schleife nach links läuft. Da es in dieser Unterrichtsreihe noch nicht um die Effizienz eines Algorithmus geht, ist es aus meiner Sicht einfacher, beide Indizes in die Leserichtung der Schüler, also nach rechts, laufen zu lassen. Später kann diese abgewandelte Version in die in Abschnitt 3.3.1 vorgestellte Variante überführt werden, um anschließend eine

¹Die Simulation befindet sich als ausführbare Datei auf dem beiliegenden Datenträger.

3 Planung der Unterrichtsreihe

adaptive Variante (s. [Sed03, S. 305]) entwickeln zu lassen, die dann als effizienteste Variante hervorgehoben wird. Die Variante des Bubblesorts ist aus meiner Sicht ungünstig, weil auch hier das Verfahren entgegen der Leserichtung arbeitet. Die kleinsten Elemente steigen nach unten ab. Aus Schülersicht ist es einfacher, das Verfahren nachzuvollziehen, wenn es in der gewohnten Leserichtung abläuft. Außerdem kann an der entsprechenden Stelle im Unterricht der Name des Verfahrens durch aufsteigende Blasen verbildlicht werden, wobei größere Blasen schneller aufsteigen als kleinere.

Bei der Entwicklung wurde darauf geachtet, dass das Programm eindeutig und einfach zu bedienen ist, damit der Aufwand der Einarbeitung entfällt. Beim Start der Simulation muss man sich für einen der angebotenen Modi „Entdecken“ oder „Prüfen“ entscheiden (s. Abbildung 28.1).

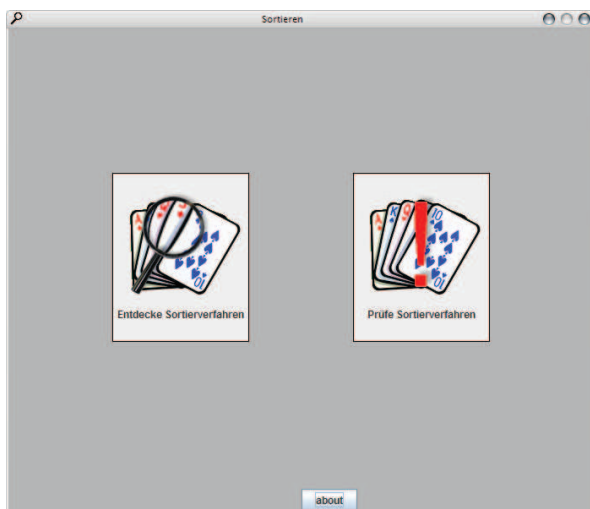


Abb. 28.1: Der Startbildschirm der Simulation

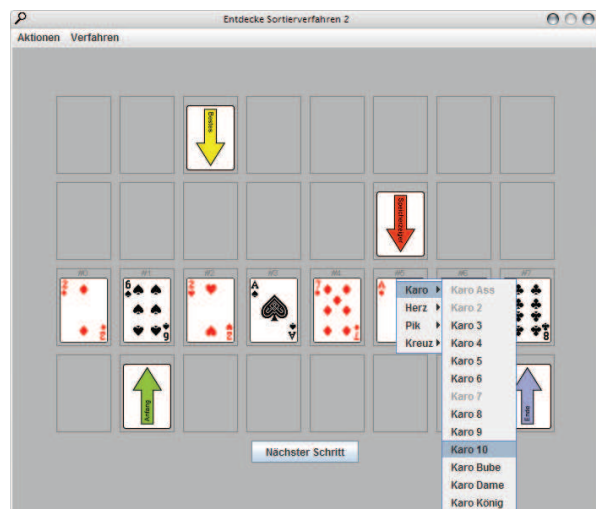


Abb. 28.2: Die Simulation im Modus „Entdecken“

In dem Modus „Entdecken“ (s. Abbildung 28.2) kann der Schüler schrittweise durch Betätigen des Knopfes „Nächster Schritt“ am unteren Rand des Fensters das Verfahren durchführen lassen. Die schrittweise Darstellung des jeweiligen Verfahrens ist wichtig, damit der Schüler die Möglichkeit bekommt, das Verfahren nachzuvollziehen. Auf einen Knopf, der die Schritte rückwärts ausführt, wurde bewusst verzichtet, um den Funktionsumfang der Simulation möglichst gering zu halten. Unter dem Menüpunkt „Aktionen“ kann der Schüler unter „Neu“ einen neuen Entdeckungsversuch starten. Dabei wird die Menge der Spielkarten ausgetauscht. Außerdem ist über den Menüpunkt „Aktionen“ eine Hilfe erreichbar. Hier wird darauf hingewiesen, nach welchen Regeln die Spielkarten sortiert werden und wie die Schüler zum Experimentieren Karten austauschen können. Diese Funktion ist wichtig, um den Schülern die Möglichkeit zu geben, gezielte Experimente mit bestimmten Kartenzusammenstellungen durchzuführen. Über den Menüpunkt „Verfahren“ können die drei unterschiedlichen elementaren Sortierverfahren ausgewählt werden. Hier wurde bewusst

3 Planung der Unterrichtsreihe

auf eine Benennung der Verfahren verzichtet, damit die Schüler nicht im Internet nach der Funktionsweise des jeweiligen Verfahrens suchen können. Wählt man unter dem Menüpunkt „Aktionen“ „Zurück“ aus, gelangt man wieder zum Startbildschirm.

Während die Positionen der Karten in dem Modus „Entdecken“ nicht verändert werden können, ist es im Modus „Prüfen“ durch einen Drag&Drop-Mechanismus möglich, die Position der Karten in der jeweiligen Reihe durch Ziehen der Karten selbst zu bestimmen. Dieser Modus ist wichtig, damit die Schüler die Korrektheit der einzelnen Schritte ihres abgeleiteten Verfahrens manuell überprüfen können. Auch in diesem Modus ist es möglich, das Kartendeck nach eigenen Wünschen zusammenzustellen.

Da es schwierig ist, nur anhand der Veränderungen der Spielkarten die Vorgehensweise des jeweiligen Verfahrens zu entdecken, werden als direkte Entdeckungshilfen (vgl. Abschnitt 2.1.3) Zeigerkarten dargestellt. Durch ihre Beschriftung geben sie Aufschluss über ihre Funktion. Eine weitere direkte Entdeckungshilfe ist die Nummerierung der Plätze, an denen sich die Karten befinden. Der Schüler kann somit erkennen, an welcher Position das Verfahren aktuell arbeitet. Dies unterstützt dabei, die Übersicht zu behalten. Außerdem schafft der Einsatz dieser Entdeckungshilfen Entlastung bei der späteren Programmierarbeit, weil die Schüler sich an dieser Zeigertechnik orientieren können, um das Durchlaufen eines Arrays zu realisieren. Aus diesem Grund wird die Nummerierung der Plätze mit der Null begonnen.

Aus diesen Überlegungen heraus wurden die in Abschnitt 3.3.1 vorgestellten Sortierverfahren in folgender Form in der Simulation implementiert:

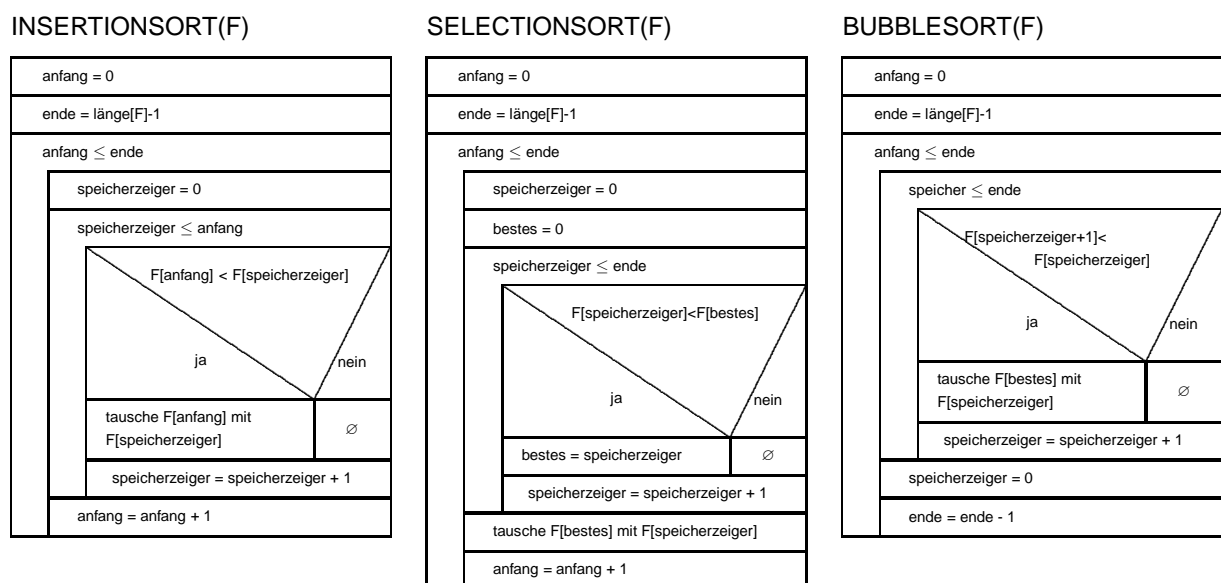


Abb. 29.1: Darstellung der angepassten elementaren Sortierverfahren mit den zusätzlichen Indexzeigern anfang, ende, speicherzeiger und bestes und der Kartenmenge F

3 Planung der Unterrichtsreihe

Bei diesen Varianten wurde kein Wert auf die Effizienz gelegt. Die Implementierungen enthalten überflüssige Schritte. Später, im Rahmen der Analyse des Laufzeitaufwands von Algorithmen, sollen die Schüler diese Schritte durch geschickte Umstrukturierung ihrer abgeleiteten Verfahren eliminieren. Der Verzicht auf die optimierten Varianten ermöglicht eine ähnliche Realisierung aller Verfahren, was wiederum eine Entlastung für den Entdeckungsvorgang darstellt.

3.6.3 Reflexionsstufe

Während des Entdeckens werden die Schüler unbewusst Strategien anwenden, die ihnen helfen, das Problem beherrschbar zu machen. Ohne eine Phase, in der sie sich darüber bewusst werden, fände keine gezielte Förderung ihrer Problemlösefertigkeit statt. Sie würden das nächste Verfahren auf eine ähnliche unstrukturierte Weise angehen. Ziel ist es, die Problemlösefertigkeit dahingehend zu fördern, dass die Schüler in organisierter Weise an Probleme herantreten. Aus diesem Grund ist die Reflexionsstufe sehr wichtig. Hier werden ihre Erfahrungen, die sie beim Entdeckungsprozess gemacht haben, aufgegriffen. Die Schüler erkennen ihre eigenen Strategien wieder und haben damit sofort einen individuellen Bezug, der sich wiederum auf die Vernetzung des bewusst gemachten Wissens positiv auswirken soll.

3.6.4 Abschließendes Problem

Durch die Konfrontation der Schüler mit einem Problem, das einen anderen Kontext aufweist, soll untersucht werden, ob sie ihr Wissen über die Sortierverfahren und ihre Problemlösestrategie auf andere Problemsituationen übertragen können. Das Problem soll möglichst offen gestellt werden. Den Schülern wird eine Abbildung von zufällig angeordneten Pixeln gezeigt. Die Aufgabenstellung ist, diese unsortierte Pixelmenge in die richtige Reihenfolge zu bringen. Durch die mathematische Punktdarstellung ist nicht sofort zu erkennen, wie eine Ordnung hergestellt werden kann. Die Schüler können somit bei der Sortierung nicht routinemäßig vorgehen, ein Aspekt, der die Aufgabe für die Schüler zu einem Problem macht. Um dieses zu lösen, müssen sie zunächst dieses Teilproblem lösen, um anschließend ihr Wissen über die Sortierverfahren anwenden zu können. Hierbei zerlegen sie das Gesamtproblem und finden Analogien zu vorhandenem Wissen.

3.6.5 Überprüfung der Leitfragen

Da, wie in Abschnitt 2.1 dargestellt, der Lehrer im entdecken lassenden Unterricht eine passive Rolle einnimmt, ist es möglich, während des Entdeckungsprozesses ausgewählte Schüler beim Problemlösen zu beobachten. Dabei wird der Schwerpunkt in der ersten Phase der Unterrichtsreihe auf die Erstellung des Lösungsplans und dem aus dem Problemlöseprozess resultierenden Ergebnis vor dem Bewusstmachen und nach dem Bewusstmachen der Strategien Dekomposition und Analogiebildung gelegt.

Wird die Erstellung des Lösungsplans mit jedem weiteren Entdeckungsprozess strukturierter und die daraus resultierenden Anleitungen zum Sortieren genauer, hat das entdeckende Lernen und die Bewusstmachung der angewendeten Strategien zu einer Vernetzung der Strategien zunächst nur im Bereich der elementaren Sortierverfahren geführt. Wie in Abschnitt 2.2 dargestellt, sollte in diesem Fall zu beobachten sein, dass das Problem mit jedem weiteren Verfahren zu einer Aufgabe wird. Falls nach der Bewusstmachung der Strategien Dekomposition und Analogiebildung die Schüler weiterhin unstrukturiert versuchen, die Sortierverfahren abzuleiten, hat entweder keine Vernetzung stattgefunden oder sie sehen keinen Vorteil in der Anwendung dieser Strategien. Die daraus gewonnenen Erkenntnisse werden zur Überprüfung der ersten Leitfrage herangezogen.

Zur Überprüfung der zweiten Leitfrage wird den Schülern nach einer ferienbedingten Pause ein Problem präsentiert, bei dem sie einerseits die Strategien Dekomposition und Analogiebildung anwenden und andererseits das Wissen über die Sortierverfahren reaktivieren müssen. Falls die Ausarbeitung eines Lösungsplans mit konkreten Lösungsansätzen glückt, ist das Wissen über die Sortierverfahren und die Strategien verfügbar. Falls dies nicht der Fall ist, scheint das entdeckende Lernen nicht für die erforderliche Vernetzung des Wissens gesorgt zu haben. Anhand der gewonnenen Erkenntnisse, die im Wesentlichen auf Beobachtungen basieren werden, wird die zweite Leitfrage geprüft.

3.7 Synopse

In diesem Abschnitt wird ein tabellarischer Überblick über die geplante Unterrichtsreihe gegeben. Nach den ersten vier Stunden erfolgt eine ferienbedingte Pause. Die erste Phase der Unterrichtsreihe ist nach sechs Stunden abgeschlossen. In dieser Phase sollen die Schüler mit Hilfe des entdeckenden Lernens die elementaren Sortierverfahren kennenlernen. Außerdem werden die Problemlösestrategien Dekomposition und Analogiebildung den Schülern bewusstgemacht, so dass sie sie beim Ableiten der Verfahren einsetzen können. Danach schließt sich mit der Betrachtung der Laufzeiten die zweite Phase an. Den Schwerpunkt der Darstellung der Durchführung bildet die erste Phase.

Stunde	Inhalte		Standard- bezug
	Gegenstandsbereich	Material/Software	
1.	Einstieg in die Unterrichtsreihe: <ul style="list-style-type: none"> – Überblick über die Unterrichtsreihe – Das Sortieren problematisieren: <ul style="list-style-type: none"> • Vergleich zwischen manuellem und maschinellm Sortieren • Voraussetzungen für das Sortieren klären • Einführung des Begriffs Ordnung 	<ul style="list-style-type: none"> – Animation eines Roboters, der Kugeln nach ihrer Helligkeit sortiert – Spielkarten 	<ul style="list-style-type: none"> – Sk₀
2.	Ableiten von Insertionsort: <ul style="list-style-type: none"> – Erkennen der Teilvorgänge – Auswahl geeigneter Steuerstrukturen – Erstellen eines Struktogramms 	<ul style="list-style-type: none"> – Simulation im Modus „Entdecken“ – Simulation im Modus „Prüfen“ – Struktogramm-Editor NSD 	<ul style="list-style-type: none"> – Sk₁ – Sk₄ – Sk₅
3.-4.	Reflexion der Strategien und Ableiten weiterer Verfahren: <ul style="list-style-type: none"> – Klärung der Vorgehensweise beim Ableiten des ersten Sortierverfahrens – Bewusstmachen und Benennung der Strategien Dekomposition und Analogiebildung – Anwendung der Strategien bei der Ableitung von Selection- und Bubblesort – Auswahl geeigneter Steuerstrukturen – Erstellen eines Struktogramms – Reflexion über die Vorgehensweise beim Ableiten 	<ul style="list-style-type: none"> – Simulation im Modus „Entdecken“ – Simulation im Modus „Prüfen“ – Struktogramm-Editor NSD 	<ul style="list-style-type: none"> – Sk₁ – Sk₂ – Sk₃ – Sk₄ – Sk₅ – Sk₆
Weihnachtsferien			
↓			

Synopse – Fortsetzung

Stunde	Inhalte		Standard- bezug
	Gegenstandsbereich	Material/Software	
5.-6.	<p>Problem der Pixelsortierung:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Überprüfung des verfügbaren Wissens über Sortierverfahren und Strategien: <ul style="list-style-type: none"> • Erarbeitung eines Lösungsplans mit Hilfe der Strategien Dekomposition und Analogiebildung • Reflexion über die Vorgehensweise • Programmieren einer Methode randomPixel(), die ein Array mit zufälligen Werten befüllt • Programmieren einer Methode sort(), die ein Array nach einem der erlernten Sortierverfahren sortiert 	<ul style="list-style-type: none"> – BlueJ – Vorbereitetes Programm, dass zufällig erzeugte Pixel darstellt 	<ul style="list-style-type: none"> – SK₄ – SK₆ – SK₇ – SK₈
7.-11.	<p>Laufzeitmessung der drei elementaren Verfahren:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Herausarbeiten von Qualitätskriterien für Sortierverfahren – Erweiterung des Pixelsortierprogramms um Zeitmessung und Eingabe der Anzahl von Pixeln – Planung von Versuchsreihen – Durchführung von Versuchsreihen – Geeignete Darstellung der Ergebnisse – Schlüsse aus den Laufzeitwerten ziehen 	<ul style="list-style-type: none"> – BlueJ – Pixelsortierprogramm – Microsoft Excel 	<ul style="list-style-type: none"> – SK₉ – SK₁₀ – SK₁₁ – SK₁₂

4 Darstellung und Analyse des durchgeführten Unterrichts

Die Darstellung und die Analyse des durchgeführten Unterrichts basieren im Wesentlichen auf Beobachtungen. Es werden zwei konkrete Stunden und zwei Phasen der Unterrichtsreihe dargestellt, die eine besondere Bedeutung bzgl. der Beantwortung der einleitend formulierten Leitfragen hatten.

4.1 1. Stunde: Problembewusstsein für das Sortieren schaffen

4.1.1 Ziele

In der ersten Stunde der Unterrichtsreihe sollte zunächst Motivation für die Auseinandersetzung mit dem Thema Sortierverfahren geschaffen werden. Daneben sollten die Schüler über den Verlauf und die Ziele der Unterrichtsreihe aufgeklärt werden. Darüber hinaus sollte der natürliche Vorgang des Sortierens problematisiert werden, damit die Schüler das maschinelle Sortieren als Schwierigkeit wahrnehmen.

4.1.2 Darstellung und Analyse

Die erste Stunde der Unterrichtsreihe wurde mit einer Animation begonnen. Ein Roboter sortiert Kugeln nach ihrer Helligkeit.

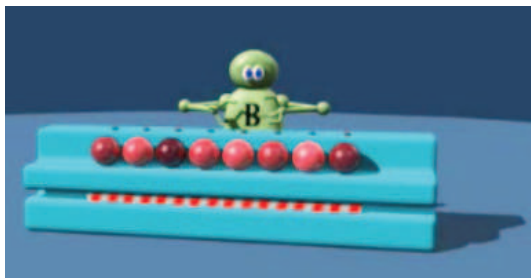


Abb. 34.1: Ein Roboter sortiert Kugeln nach ihren Helligkeitsabstufungen

Die Schüler sollten die Tätigkeit des Roboters benennen. Die Schüler erkannten nach einigem Nachfragen, dass der Roboter sortiert. Als nächstes sollten die Schüler die Vorteile und Nachteile nennen, die ihnen zum Thema Sortieren einfallen. Neben Vorteilen, wie z.B. Ordnung und Übersicht, nannten die Schüler auch das schnellere Auffinden sortiert abgelegter Dinge. Als Nachteile nannten die Schüler die Arbeit, die man haben muss, wenn etwas Unsortiertes sortiert werden sollte. Anschließend gab ich einen Überblick über die anstehende Unterrichtsreihe.

4 Darstellung und Analyse des durchgeführten Unterrichts

Danach bekamen die Schüler den Auftrag, anhand der Sortierung von Spielkarten Kriterien, die für das Sortieren erforderlich sind, aufzuschreiben. Ich ließ sie zwei Gruppen mit jeweils vier Schülern bilden. Jeder Gruppe gab ich einen Stapel unsortierter Spielkarten und forderte jeweils einen Schüler auf, die Karten zu sortieren. Die anderen erhielten den Auftrag zu dokumentieren, nach welchen Kriterien und nach welchen Regeln ihr Mitschüler bei der Sortierung vorging.

Im Anschluss sollten die Schüler sich auf einige aus ihrer Sicht wichtige Kriterien für das Sortieren von Spielkarten einigen und der gesamten Gruppe vorstellen. Dabei ergab sich, dass eine Gruppe nur nach dem Wert, die andere nach der Farbe und dem Wert der Spielkarten sortiert hatte. Auf Nachfrage nannten die Schüler weitere Kriterien, wie z.B. nur Farbe der Spielkarte oder bei zwei gemischten Kartendecks, die Farbe der Rückseite des Kartendecks. Sie erkannten sofort, dass eine solche Sortierung für das schnelle Auffinden einzelner Karten nicht besonders effektiv ist, da man zum Auffinden einer bestimmten Karte das ganze Kartendeck durchsuchen muss. Nach dieser speziellen Betrachtung für Spielkarten sollten die Schüler allgemeine Kriterien für Elemente, die sortiert werden sollen, finden. Mit dieser Aufgabe waren die Schüler überfordert. Entweder konnten sie diese Abstraktion nicht leisten oder sie verstanden ihren Arbeitsauftrag nicht, so dass ich nach kurzer Zeit die Gruppenarbeitsphase abbrach. Ich gab vor, dass Elemente, die sortiert werden sollen, alle eine gemeinsame Eigenschaft besitzen müssen. Diese Eigenschaft muss mit der anderer Elemente vergleichbar sein, um eine Ordnung auf der Menge herstellen zu können. Um zu überprüfen, ob die Schüler dies verstanden hatten, ließ ich sie Beispiele für Eigenschaften finden, die eine Vergleichbarkeit ermöglichen. Sie nannten die Wertigkeit einer Zahl, Helligkeitsabstufungen und beliebige Symbolordnungen, wie sie beispielsweise beim Kartenspiel auftreten, wobei hier eine Regel definiert werden müsse, um eine Ordnung herzustellen.

Am Ende der Stunde sollten die Schüler Unterschiede bzw. Gemeinsamkeiten zwischen der Vorgehensweise beim manuellen Sortieren und der Vorgehensweise des Roboters beschreiben. Ein Schüler bemerkte, der Mensch habe durch seine Wahrnehmung im Vergleich zum Roboter den Vorteil, dass der Mensch mehr als ein Objekt überblicken könne. Es schloss sich eine Diskussion an, ob dies wirklich ein entscheidender Vorteil wäre, da der Überblick des Menschen mit steigender Anzahl an Gegenständen abnehme. Als Gemeinsamkeit wurde festgehalten, dass in beiden Fällen eine Strategie dem Sortieren zugrunde liegt. Die wiederholte Anwendung von Vergleichen und Vertauschungen wurde als weitere Gemeinsamkeit genannt. Beim manuellen Sortieren sei zwar eine Strategie festgelegt, innerhalb dieser könne der Mensch jedoch unstrukturiert vorgehen. Der Roboter dagegen könne nur sequentiell die zu sortierende Menge durchlaufen. Schließlich erkannten die Schüler, dass der Mensch überall Ablageflächen als Speicher benutzt, während der Roboter neben der Speicherplätze für die Aufnahme der Elemente der unsortierten Menge nur

einen weiteren Speicherplatz als Ablage nutzt. Mit einem Ausblick auf die nächste Stunde endete diese Einführungsstunde.

4.1.3 Reflexion

Der Einstieg über die Animation mit dem sortierenden Roboter bündelte die Aufmerksamkeit der Schüler, weckte spürbar ihr Interesse und motivierte sie über das Sortieren nachzudenken. Der Einsatz der Spielkarten sorgte dafür, dass die Schüler aktiv wurden und sich nicht nur auf abstrakter Ebene mit dem Thema auseinandersetzten. Den Schülern wurde durch das manuelle Sortieren bewusst, dass es unterschiedliche Möglichkeiten des Sortierens gibt.

Der erste Teil der darauf folgenden Gruppenarbeitsphase verlief wie geplant. Der Impuls den ich gab, um die zweite Phase einzuleiten, war aus meiner Sicht nicht präzise genug, so dass die Schüler nicht wussten, worauf ich hinaus wollte. Aus diesem Grund musste ich die Gruppenarbeitsphase abbrechen und den Unterricht in einem Unterrichtsgespräch fortführen. Bei der nächsten Durchführung könnte man den Impuls auf einer Folie oder einem Arbeitsblatt vorbereiten, so dass Missverständnisse im Vorfeld ausgeschlossen werden. Trotzdem haben die Schüler in dieser Phase erkannt, dass die Elemente einer Menge bestimmte Voraussetzungen besitzen müssen, damit sie sortiert werden können.

Durch den Einsatz der Animation und der manuellen Durchführung einer Sortierung war es möglich, mit den Schülern die Unterschiede zwischen dem maschinellen und dem manuellen Sortieren herauszuarbeiten. Den Schülern wurde allerdings erst nachdem sie explizit nach Gemeinsamkeiten und Unterschieden beider befragt wurden, bewusst, dass das Sortieren im maschinellen Fall ein streng organisierter, komplexer Vorgang ist, der im wesentlichen aus der wiederholten Anwendung der Operationen Vertauschen und Vergleichen besteht. Das maschinelle Sortieren wurde damit erfolgreich problematisiert und es wurden die erforderlichen Grundlagen geschaffen, damit die Schüler die Problemstellung in den folgenden Stunden vollständig begreifen können. Das Ziel der Stunde ist erreicht worden.

4.2 2. Stunde: Ableiten des ersten Verfahrens

4.2.1 Ziele

In dieser Stunde sollten die Schüler aus der Simulation eines der elementaren Sortierverfahren ableiten und dieses so genau wie möglich beschreiben. Zum Überprüfen ihres

abgeleiteten Verfahrens und der Genauigkeit ihrer Dokumentation sollten sie das Sortierverfahren nach ihrer erstellten Dokumentation manuell durchführen. Dabei wollte ich einen leistungsstarken Schüler (A) und einen leistungsschwächeren Schüler (B) beim Lösen dieses Problems beobachten, um ihren Kompetenzstand zu ermitteln.

4.2.2 Darstellung und Analyse

Nach einer kurzen Vorstellung der Simulationssoftware und der Klärung der Aufgabenstellung folgte eine Einzelarbeitsphase. Damit ich den Kompetenzstand der zwei Schüler vergleichen konnte, sollten alle das Verfahren Insertionsort entdecken. Ich verzichtete auf eine Zeitvorgabe, um die Schüler bei dem Entdeckungsprozess nicht unter Druck zu setzen. Auf der Phänomenstufe verschafften sich die meisten Schüler zunächst einen Überblick über die Simulationssoftware, bevor sie mit der Ausführung der Simulation des ersten Verfahrens begannen. Danach gingen sie dazu über, die Ausführungsschritte des Verfahrens zu beobachten. Dabei entstand eine sehr konzentrierte Arbeitsatmosphäre, in der ich meine Beobachtungen durchführen konnte. Die Simulation erwies sich als eindeutig und klar strukturiert, da die Schüler sich ohne meine Hilfe in ihr zurechtfinden.

Ich beobachtete, dass die leistungsstarken Schüler sich schnell dazu entschlossen, Notizen während des Entdeckungsprozesses anzufertigen, während die leistungsschwächeren das Verfahren nur auf der Basis ihrer Beobachtungen aufstellen wollten. Anhand leiser Gespräche über die gemachten Entdeckungen zwischen Schülern benachbarter Arbeitsplätze konnte ich erkennen, dass die Schüler die Phänomenstufe verlassen hatten und auf die Problemstufe gewechselt waren. Gespräche hatte ich am Anfang der Stunde unter der Bedingung erlaubt, dass die benachbarten Schüler nicht gestört würden und die Schüler der Meinung waren, das Prinzip des Verfahrens verstanden zu haben. Sie sollten die Möglichkeit des Austauschs erhalten. Diese Phase nutzte ich, um die Gedankengänge der ausgewählten Schüler zu erfassen und zu dokumentieren. Schüler A teilte seine Gedanken sehr differenziert und detailliert mit. Er erkannte zunächst, welche Elemente miteinander verglichen wurden und dass der Ausgang dieses Vergleichs dafür verantwortlich war, ob eine Vertauschung durchgeführt wird oder nicht. Er teilte außerdem seinem Sitznachbarn mit, dass es eine äußere Schleife und eine innere Schleife geben müsse. Darüber hinaus hatte er die Aufgabe der Zeiger in der Simulation erkannt, konnte jedoch noch nicht die Abbruchbedingung der Schleifen nennen. Schüler B begriff auch, wann eine Vertauschung vorgenommen wurde, konnte aber im Gegensatz zu Schüler A die weitere Ablaufsteuerung nicht beschreiben. Er bemerkte, dass die Operationen Vergleichen und Vertauschen wiederholt ausgeführt werden, konnte dies jedoch nicht dokumentieren. Während des Aus-

4 Darstellung und Analyse des durchgeführten Unterrichts

tauschs mit seinem Sitznachbarn einigten sie sich gemeinsam darauf, den Ablauf mit einer Schleife zu beschreiben.

Nach der Entdeckungsphase gingen die Schüler dazu über, die Struktogramme zu erstellen. Dies geschah in Partnerarbeit. Die meisten wählten zum Erstellen des Struktogramms das Programm NSD, weil sie dies vorher schon im Unterricht eingesetzt hatten. Nach der Erstellung des Struktogramms wählten die Schüler in der Simulationssoftware den Modus „Prüfen“, um den Ablauf des Verfahrens zu testen. Dabei erkannte eine Gruppe, dass ihrem abgeleiteten Verfahren eine Schleife fehlte, die Gruppe mit dem Schüler B erkannte nicht, dass ihr Verfahren unvollständig beschrieben war und ging somit davon aus, dass es korrekt sei. Die letzten zwei Gruppen hatten das Verfahren richtig abgeleitet und dies in einem Struktogramm korrekt dargestellt. Schüler A befand sich in einer der zuletzt genannten Gruppen. Die Ergebnisse der Gruppe mit Schüler B sind in Abbildung 38.1 und die der Gruppe mit Schüler A sind in Abbildung 38.2 dargestellt. Die Stunde schloss damit, dass

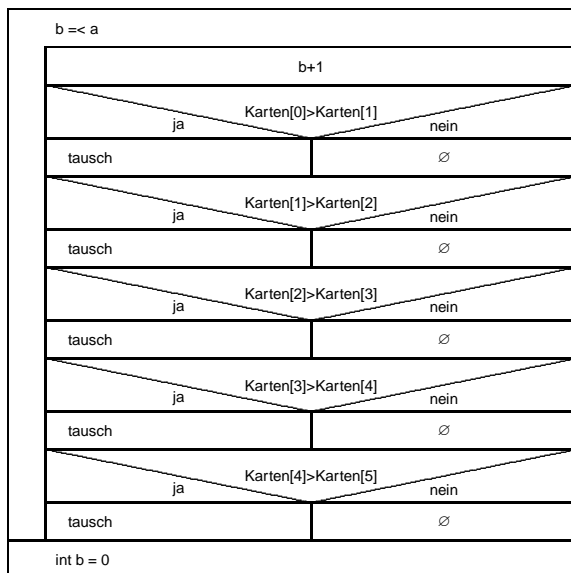


Abb. 38.1: Ergebnis der Gruppe mit Schüler B.

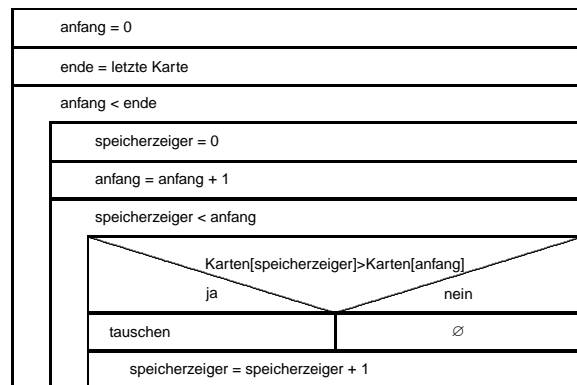


Abb. 38.2: Ergebnis der Gruppe mit Schüler A.

die Schüler ihre Struktogramme untereinander tauschen sollten. Mit diesem Auftrag wechselten sie von der Problemstufe auf die Systemstufe. Mit dem erhaltenen Struktogramm sollten sie versuchen, manuell zu sortieren, um zu prüfen, ob es das Verfahren in eindeutiger Weise beschreibt. Dabei achtete ich bei der Verteilung der Arbeitsergebnisse darauf, dass die korrekten Lösungen an die Gruppen gingen, die die unvollständigen Struktogramme erstellt hatten, so dass sie selbst ihre Fehler erkennen konnten. Die anderen beiden Gruppen, die die korrekten Lösungen erstellt hatten, erhielten die fehlerhaften Ergebnisse, die sie verbessern sollten.

Das Ergebnis der Gruppe mit dem Schüler B und die Darstellung seines Gedankengangs

zeigten, dass Schüler B nicht in der Lage war, in diesem komplexen Vorgang zwei logische Blöcke zu erkennen, um dadurch das Problem in einfach zu lösende Teile zu zerlegen. Er konnte aufgrund der Wiederholungen innerhalb des Verfahrens eine Analogie zu der Schleife als Steuerstruktur bilden, aber nicht von der konkreten Anzahl der Spielkarten auf eine beliebige Anzahl abstrahieren. Seine Kompetenz im Bereich des Problemlösens in dem hier dargestellten Kontext ist aufgrund dieses Ergebnisses gering ausgeprägt.

Das Ergebnis der Gruppe mit dem Schüler A und die Darstellung seines Gedankengangs zeigten, dass die Schüler dieser Gruppe während der Entdeckungsphase einen richtigen Lösungsplan erstellt hatten, der nach der Darstellung des Gedankengangs auf den Strategien der Dekomposition und der Analogiebildung beruhten. In ihrem Ergebnis sind bereits überflüssige Schritte eliminiert. Wie die Schüler konkret vorgegangen sind, wird in der Reflexionsstufe geklärt. Die Problemlösefertigkeit des Schülers A in dem hier dargestellten Kontext ist ausgeprägt.

4.2.3 Reflexion

In dieser Stunde zeigte sich, dass die Einführungsstunde erfolgreich bzgl. des Verstehens der maschinellen Sortierproblematik war. Allen Schülern war die Problemstellung klar und sie erkannten, dass die Operationen Vergleichen und Vertauschen wiederholend auftreten.

Der Einsatz der Simulation wirkte auf die Schüler sehr motivierend und trug dazu bei, dass sie sich konzentriert mit der Aufgabenstellung auseinandersetzten. Die Simulation erwies sich als ein tragfähiges Element für das entdeckende Lernen, weil die Schüler selbstständig das Grundprinzip des Sortierverfahrens entdeckten und ihr Ergebnis anschließend validierten. Die Schülerergebnisse bewiesen, dass es erforderlich ist, nach einer Phase des entdeckenden Lernens sicherzustellen, dass erarbeitete Ergebnisse verglichen werden, um auszuschließen, dass das Folgelernen auf einer falschen Grundlage aufbaut.

Es zeigte sich, dass das entdeckende Lernen geeignet ist, einen Problemlöseprozess auszulösen. Die Schüler entwickelten für sich auf der Phänomenstufe Fragen, denen sie nachgingen und die sie dazu brachten, einen Lösungsplan zu erstellen. Der Lösungsplan wurde umgesetzt, indem sie Struktogramme entwarfen. Sie prüften ihre Lösung, indem sie versuchten, nach den in ihrem Struktogramm angegebenen Regeln zu sortieren. Eine Gruppe ging zurück auf die Phänomenstufe, weil sie feststellte, dass ihr Struktogramm keine vollständige Beschreibung darstellte. Da nur eine Hälfte der Schüler erfolgreich das Problem gelöst hatte, stellte sich die Frage, warum war die andere Hälfte dazu nicht in der Lage. Diese Schüler waren damit überfordert, in dem Gesamtvorgang Teilvorgänge zu erkennen und

4 Darstellung und Analyse des durchgeführten Unterrichts

diese gesondert zu behandeln. Das entdeckende Lernen hat sie dazu gebracht, sich mit einer Problemstellung zu befassen. Dadurch, dass in dieser Stunde während des Entdeckens das Problem intuitiv und von dem überwiegenden Teil der Schüler unbewusst gelöst wurde, kommt diese Lösung einer „Eingebung“ gleich. Durch das entdeckende Lernen wurde allerdings nicht geklärt, wie man die „Eingebung“ gezielt erreichen kann.

Es empfiehlt sich, um das Problemlösen fördern zu können, an eine solche Stunde eine Form der Reflexion anzuschließen. Nur durch dieses Vorgehen können die zuvor unbewusst angewendeten Strategien bewusst gemacht und beim nächsten Problem zielgerichtet verwendet werden. Bei manchen Schülern werden sie erst durch diese Reflexion etabliert. Auf diese Weise wird schließlich die Problemlösefertigkeit bei allen Schülern gefördert.

4.3 Reflexion der Strategien und Ableiten weiterer Verfahren

4.3.1 Ziele

In dieser Phase sollten die Schüler sich über die Vorgehensweise beim Ableiten des ersten Sortierverfahrens bewusst werden. Die zuvor intuitiv angewendeten Strategien sollten sie nun bewusst zum Ableiten der weiteren zwei Verfahren verwenden.

4.3.2 Darstellung und Analyse

Die Schüler bekamen den Auftrag, ihre Vorgehensweise beim Ableiten des ersten Sortierverfahrens zu beschreiben. Dafür erhielten sie zehn Minuten Zeit und durften, falls es ihrer Erinnerung helfen sollte, die Simulation erneut ausführen. Die Schüler trugen ihre gesammelten Stichpunkte an der Tafel zusammen.

Alle Schüler gaben an, sie hätten sich, bevor sie Details betrachtet hatten, zunächst einen Überblick verschafft. Eine Hälfte (1) der Schüler hätte während dieses Vorgangs die zwei Schleifen entdeckt, während die andere Hälfte (2) mit der Analyse der Einzelschritte fortfuhr. Diese Hälfte (2) verlor sich dann in vielen Detailbetrachtungen, wie z.B. „Aufgabe der Pfeile angucken“ und „Welcher Zusammenhang besteht zwischen dem Zeiger Anfang und dem Zeiger Ende“. Die andere Hälfte (1) hätte für sich herausgefunden, dass die innere Schleife die wichtigere sei, und darum zunächst nur diese betrachtet. Ein Schüler machte die Aussage, dass ihn die vielen Pfeile am Anfang irritiert hätten, als er sich jedoch nur auf die innere Schleife konzentrierte, reduzierten sich auch die Informationen, die er überblicken musste. Der gleiche Schüler wies auch darauf hin, dass er Vermutungen über den

4 Darstellung und Analyse des durchgeführten Unterrichts

nächsten Folgeschritt aufgestellt und diese dann mithilfe von Experimenten auf ihre Gültigkeit geprüft hätte.

Insgesamt ordneten die Schüler ihre eigenen Beobachtungen an der Tafel und erhielten die folgende Abfolge von Schritten:

- Überblick verschaffen
- Genauere Analyse:
 - Finden von Schleifen
 - Einzelschritte analysieren
 - Vermutungen mit anderen Karten testen
- Innere Schleife bestimmen
- Äußere Schleife bestimmen

Ich fragte die Schüler, welcher Vorteil aus diesem Vorgehen entstünde. Die Schüler nannten, dass durch die Zerlegung des Gesamtvorgangs die Informationen zur Beschreibung des Teilvorgangs stark reduziert würden und sie somit weniger Informationen bei der Beschreibung des Teilvorgangs berücksichtigen müssten. Ich erklärte ihnen, dass bei diesem Beispiel das Problem der Darstellung des Gesamtvorgangs in Teilprobleme zerlegt würde. Eines davon sei die Darstellung der inneren Schleife. Auch dieses Teilproblem müsste wieder zerlegt werden und man gelänge zu der Darstellung einer einzigen Operation. Diese Form der Zerlegung veranschaulichte ich mit einer Baumdarstellung. Ich erklärte, dass dieses Vorgehen ein häufig eingesetztes Prinzip in der Informatik sei und benannte es als Dekomposition. Das Zuordnen bekannter Strukturen wie z.B. Schleifen zu erkannten Teilvorgängen bezeichnete ich als Analogiebildung.

An diese Bewusstmachung der Strategien schlossen sich wieder Phasen des entdeckenden Lernens an, in denen die beiden anderen Sortierverfahren entdeckt werden sollten. Da dies auf ähnliche Weise, wie oben schon ausführlich dargestellt, ablief, wird auf die genaue Darstellung der Stunden verzichtet. Die Schüler entdeckten als zweites Verfahren Selectionsort. Dies beinhaltet eine weitere Schwierigkeit, da einerseits der Ablauf sich von dem von Insertionsort unterscheidet, andererseits noch eine weitere Zeigervariable hinzukommt. Alle Schüler hatten trotz dieser zusätzlichen Schwierigkeiten mit dem Ableiten des Verfahrens weniger Probleme als zuvor. Ein Ergebnis wies falsche Schleifenbedingungen auf. Die drei anderen Ergebnisse unterschieden sich nur darin, wie die Schleifenbedingungen formuliert wurden. Der Entdeckungsvorgang verlief bei allen Schülern in kürzerer Zeit als beim ersten Mal. Bis auf einen Schüler benutzten alle anderen in der Einzelarbeitsphase eine Dokumentationshilfe. Nachdem sie die Struktogramme erstellt hatten, prüften sie ihre Verfahren. In der anschließenden Präsentation zeigten sie durch das Durchführen und das

4 Darstellung und Analyse des durchgeführten Unterrichts

Formulieren des Grundprinzips des Verfahrens, dass sie auch dieses Verfahren verstanden hatten. Einige Schüler kritisierten, dass in der Simulation der Zeiger mit der Aufschrift „Beste“ immer die Spielkarte mit der geringsten Wertigkeit auswählt, was sie anfänglich irritierte. Andere Schüler bemerkten, dass es vom Betrachtungsstandpunkt abhängt, welche als „Beste“ Karte ausgezeichnet werde. Dies war ein weiterer Indikator dafür, dass das Sortierverfahren vollständig verstanden wurde. Nachdem die Phasen des Problemlösens für dieses Sortierverfahren erneut durchlaufen waren, befragte ich die Schüler, auf welche Weise sie dieses Mal an das Problem herangegangen waren. Die Schüler gaben an, sie hätten die zuvor aufgestellten Strategien angewendet.

Aus meiner Sicht war das letzte Verfahren Bubblesort kein Problem mehr für die Schüler. Sie entdeckten in noch viel kürzerer Zeit das Grundprinzip und erkannten sehr schnell die Steuerstrukturen, so dass sie zügig dazu übergingen, das Struktogramm zu erstellen. Obwohl den Schülern diese Aufgabe offensichtlich leichter fiel als die Aufgaben zuvor, waren sie mit großer Motivation dabei.

4.3.3 Reflexion

Die Frage nach der Vorgehensweise zum Ableiten des ersten Verfahrens ergab, dass die meisten Schüler schon strategisch im Sinne der Dekomposition vorgegangen waren. Dieses Vorgehen fand allerdings teilweise unorganisiert und unstrukturiert statt. Das entdeckende Lernen hatte die Schüler offensichtlich dazu motiviert, eigene Gedanken zum Vorgehen anzustellen. Es bewirkte nicht, den Lösungsvorgang zu strukturieren, um ein effektives Problemlösen in späteren Situationen zu erreichen.

Durch das Bewusstmachen und das Ordnen der Schritte der Strategien konnte ich beim Ableiten des zweiten Verfahrens beobachten, dass besonders die leistungsschwächeren Schüler, darunter auch Schüler B, davon profitierten. Während beim Ableiten des ersten Verfahrens viele Unsicherheiten zu beobachten waren, gingen sie beim zweiten Mal sehr viel zielgerichteter vor. Die Zuhilfenahme von Dokumentationshilfen zeigte die Absicht, strukturierter als beim ersten Mal zu arbeiten. Dadurch, dass alle Schüler ähnliche Struktogramme (bis auf die Abbruchbedingung) erstellt hatten, war davon auszugehen, dass ihnen die Bewusstmachung der Strategien bzw. die klare Strukturierung des Problemlösevorgangs geholfen hatte, um das zweite Verfahren abzuleiten.

Mir stellte sich die Frage, ob die Schüler durch das entdeckende Lernen und der damit verbundenen tiefen Auseinandersetzung mit den Verfahren schon Routine beim Entdecken des dritten Verfahrens erlangt hatten oder ob sie die bewusstgemachten Strategien nun zielgerichtet einsetzten. Ich habe keinen anderen Weg gefunden, dies zu prüfen, als den

Schülern ein weiteres Problem aus einem anderen Kontext zu präsentieren und sie bei der Erstellung des Lösungsplans zu beobachten.

4.4 Erarbeitung eines Lösungsplans zu einem Problem aus einem anderen Kontext

4.4.1 Ziele

Nach einer ferienbedingten Pause von ca. zwei Wochen sollte überprüft werden, inwieweit das Wissen, das die Schüler mit Hilfe des entdeckenden Lernens über die Sortierverfahren erworben hatten, in einem anderen Kontext verfügbar war. Durch die Übertragung der Sortierverfahren von Spielkarten auf andere Objekte, in diesem Fall Zahlen, sollte das Wissen gesichert werden. Das gestellte Problem sollte es außerdem erforderlich machen, die in der Reflexionsphase herausgearbeiteten Strategien anwenden zu müssen. Zur Lösung des Problems sollten die Schüler eines der Verfahren in der Programmiersprache Java umsetzen.

4.4.2 Darstellung und Analyse

Ohne mit den Schülern eine Wiederholung des Themas Sortierverfahren durchzuführen, präsentierte ich ihnen ein Fenster mit einer ungeordneten Menge an Pixeln (s. Abbildung 44.1). Die Schüler erhielten den Auftrag, ein Programm zu entwickeln, das die dargestellten Pixel sortiert.

Um dieses Problem zu lösen, muss das Gesamtproblem in Teilprobleme zerlegt werden. Das erste Teilproblem ist die Repräsentation der Pixelmenge. Dieses reduziert sich darauf, wie ein einzelner Pixel dargestellt werden kann. Die Lösung erfolgt entweder durch Analogiebildung (den Schülern ist bekannt, dass ein Punkt in der Mathematik in der Ebene durch zwei Koordinaten dargestellt wird), oder durch die Reaktivierung von Wissen, das die Schüler in einer Unterrichtsreihe über grafische Oberflächen erworben hatten. Hier war auch die Darstellung von Pixeln auf dem Bildschirm thematisiert worden. Aus dieser Teillösung muss eine Repräsentation einer Pixelmenge abgeleitet werden. An dieser Stelle gibt es viele unterschiedliche Möglichkeiten, die auch unterschiedliche Lösungen zulassen. Es gibt die Möglichkeit, die x-Koordinate als Index eines Arrays anzunehmen. Die y-Koordinate ist dann der Wert, der an dem entsprechenden Index gespeichert wird. Eine weitere Möglichkeit ist, die y-Koordinate als Index zu wählen und entsprechend die x-Koordinate in dem Array an dem jeweiligen Index zu speichern. Eine zusätzliche Möglichkeit besteht darin, die Koordinaten in jeweils einem Array abzuspeichern. Die zusammengehörigen Koordinaten

4 Darstellung und Analyse des durchgeführten Unterrichts

sind an demselben Index in dem jeweiligen Array abgelegt. In allen Fällen ist es ein weiteres Problem, eine Ordnungsrelation festzulegen, nach der die Pixel sortiert werden können. Sind diese Teilprobleme alle gelöst, so bleibt die Sortierung als letztes übrig. Es kann wieder durch Analogiebildung gelöst werden, da die Schüler drei verschiedene Sortierverfahren in einem anderen Kontext kennengelernt haben. Die Lösung des Gesamtproblems setzt voraus, dass die Schüler das Problem in Teilprobleme zerlegen können, um anschließend Analogien zu bilden. Die Analogiebildung setzt wiederum das entsprechende Wissen voraus. Aus den Lösungen aller Teilprobleme setzt sich dann die Gesamtlösung zusammen. Die Abbildung 44.2 stellt das sortierte Ergebnis dar, wenn die x-Koordinate des jeweiligen Pixels als Index angenommen und die y-Koordinate der Wert ist, der in dem Array an dem entsprechenden Index abgelegt wird.

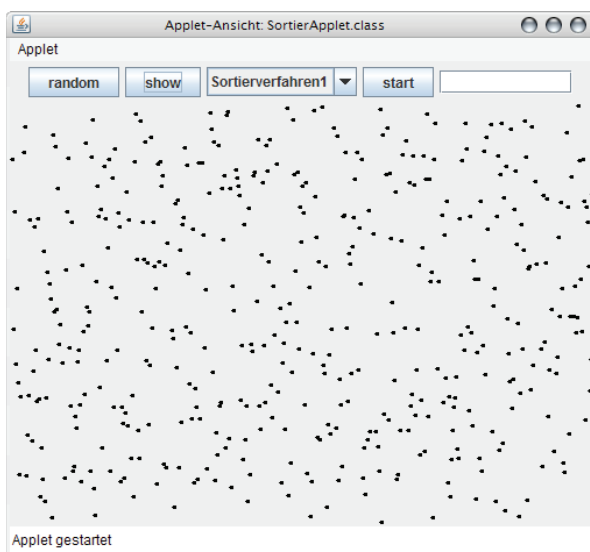


Abb. 44.1: Pixelmenge vor der Sortierung

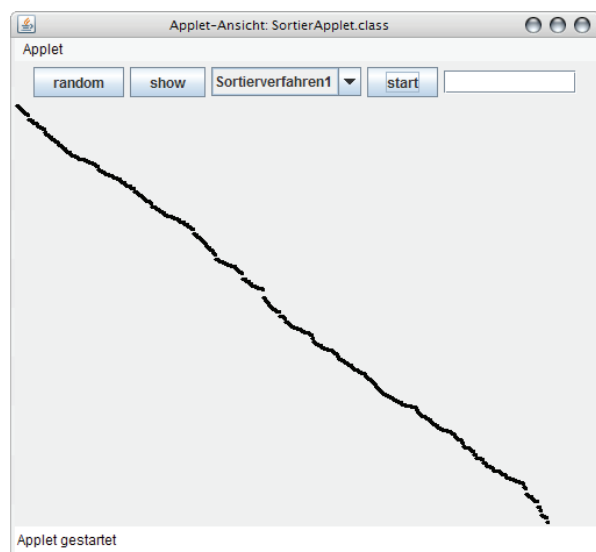


Abb. 44.2: Pixelmenge nach der Sortierung

Ich bestand darauf, dass die Schüler sich zunächst in Einzelarbeit Gedanken über die Lösung dieses Problems machen sollten. Um zu prüfen, ob sie das Gesamtproblem in Teilprobleme zerlegten, forderte ich sie auf, Fragen zu notieren, die sie vor der Problemlösung beantworten sollten. Die Art der notierten Fragen und ihre Reihenfolge sollten mir eine Möglichkeit bieten, nachzuprüfen, ob sie diese Strategie anwendeten.

Die Einzelarbeitsphase musste vorzeitig abgebrochen werden, weil die Schüler offensichtlich die Problemstellung nicht verstanden hatten. Als Hilfsmittel benutzte ich ein Tafelbild. Einen Schüler ließ ich ein Koordinatensystem, wie es Java benutzt, zeichnen und forderte einen anderen Schüler auf, eine zufällige Pixelmenge einzusetzen. Ich wollte nicht zu viel von der Problemlösung vorwegnehmen und hatte auch den Eindruck, dass diese Darstellung einigen Schüler schon geholfen hatte. Deswegen forderte ich die Schüler erneut auf, über die Lösung des Problems nachzudenken und Fragen zu notieren, die aus ihrer Sicht

4 Darstellung und Analyse des durchgeführten Unterrichts

für die Gesamtlösung zunächst beantwortet werden müssen. Im Wesentlichen ergaben sich zwei Fragen:

1. Wie kann man Pixel in einem Array speichern?
2. Wie kann man Pixel sortieren?

Die erste Frage deutete darauf hin, dass die Schüler die Analogie zu den vorher behandelten Sortierverfahren bilden konnten. Sie erklärten dies auf Nachfrage auch. Die zweite Frage zeigte, dass die Schüler mit der Vergleichbarkeit der x- und der y-Koordinate überfordert waren. Sie wussten zwar, dass auch in diesem Fall Pixel verglichen und umgetauscht werden müssen, nur hatten sie nicht die nötige Sicherheit, eine Ordnungsrelation selbst festzulegen.

Durch gezielte Impulse musste ich mit den Schülern im Plenum einen Lösungsplan erarbeiten, der der oben dargestellten Version entsprach. Zur Überprüfung, ob sie die Sortierungskriterien verstanden hatten, forderte ich einen Schüler auf, das Ergebnis des Sortiervorgangs an der Tafel darzustellen. In dieser Phase entstand eine angeregte Diskussion zwischen den Schülern, die aus meiner Sicht dazu führte, dass die letzten Unklarheiten ausgeräumt wurden. Zum Schluss dieser Erarbeitungsphase befragte ich die Schüler, ob sie in diesem Lösungsplan die Anwendung einer bekannten Strategie wiederentdeckten. Nur die zwei leistungsstärksten Schüler konnten eine Verbindung zu den vorangegangenen Stunden herstellen und erklärten das Vorgehen mit den Strategien. Dies zeigte, dass die Schüler beide Strategien nicht bewusst anwendeten, da die meisten Schüler nicht in der Lage waren, sie an diesem Beispiel durchzuführen.

Nachdem die Schüler den Lösungsplan entworfen hatten, bekamen sie den Auftrag, ein Programm zu schreiben, das die Sortierung vornimmt. Dadurch, dass die Schüler sich schon das Ergebnis überlegt hatten, konnten sie ihre Programmierung selbst auf Korrektheit überprüfen. Pixel, die weit außerhalb der Diagonale lagen, wurden offensichtlich nicht richtig sortiert. Ich hatte ein Grundgerüst des Programms vorbereitet, so dass die Schüler nur die relevanten Stellen des Programmcodes schreiben mussten.

Die Schüler fragten mich, welches der drei Sortierverfahren sie umsetzen sollten. Die Entscheidung darüber überließ ich ihnen, denn ich wollte beobachten, an welches der Verfahren sie sich noch erinnerten. Ich gab den Auftrag, zunächst ohne Aufzeichnungen aus vergangenen Stunden zu arbeiten. Damit wollte ich prüfen, wie viele Details im Gedächtnis der Schüler vorhanden waren. Vier der acht Schüler waren in der Lage, aus ihren Erinnerungen eines der Verfahren zu programmieren. Von diesen entschieden sich drei für Selectionsort und einer für Bubblesort. Bei diesen Schülern handelte es sich um die Leistungsträger des Kurses. Bei den anderen war unklar, ob sie sich selbstständig an die Grundprinzipien erinnerten oder durch ihre Sitznachbarn inspiriert wurden. Für die Programmierung nur mit

Hilfe ihrer Erinnerungen fühlten sie sich zu unsicher, und ich erlaubte ihnen, ihre Struktogramme zu benutzen. Alle drei entschieden sich für die Umsetzung von Bubblesort. Die Programmierphase zog sich über zwei Unterrichtsstunden hin, weil die Schüler neben dem Sortierverfahren auch weitere Programmteile schreiben mussten. Drei der leistungsstärksten Schüler waren sehr schnell fertig, und ich forderte sie auf, auch die anderen Verfahren zu programmieren. Einer von ihnen implementierte auch Bubblesort aus seiner Erinnerung korrekt. Die anderen beiden mussten für die weiteren Verfahren in ihre Unterlagen schauen. Dieser Abschnitt der Unterrichtsreihe endete damit, dass die Schüler ihre Programmierung präsentierten.

4.4.3 Reflexion

Ganz offensichtlich war das Problem der Repräsentation der Pixelmenge und der Festlegung einer geeigneten Ordnungsrelation für die Schüler eine zu große Barriere. Sie hätten das Wissen zur Lösung dieses Problems gehabt, sie scheiterten aus meiner Sicht an dem fehlenden Selbstvertrauen, Entscheidungen treffen zu können. Diese Fähigkeit ist wichtig im Problemlöseprozess, denn nur wenn Entscheidungen getroffen werden - seien es auch falsche - können die Schüler zu neuen Erkenntnissen gelangen. Die Fragen, die sich für die Schüler während des Problemlöseprozesses stellten, zeigten, dass sie bei diesem Beispiel das Gesamtproblem lösen wollten, indem sie sich zunächst auf ein Teilproblem konzentrierten. Daraus ist ersichtlich, dass sie die Strategie Dekomposition anwendeten. Wie sich dann später herausstellte, geschah dies allerdings unbewusst. Dies kann darauf zurückgeführt werden, dass sie die Dekomposition in einem völlig anderen Kontext kennengelernt und angewendet hatten.

Das entdeckende Lernen hat nicht dazu beigetragen, die Strategie so universell zu erlernen, dass die Schüler in der Lage wären, sie auf andere Kontexte zu übertragen. Es hat allerdings dazu geführt, den Schülern Problemlösestrategien, die sie selbst schon einmal angewendet hatten, bewusst zu machen. Aus meiner Sicht müssen nun, damit diese Strategie auch in anderen Kontexten eingesetzt wird, weitere Entdeckungsanlässe folgen. Auf jede Entdeckungsphase sollte eine Reflexionsphase folgen, damit sich die Schüler über den Einsatz der Strategien bewusst werden. Nur so können sie Problemlösestrategien in unterschiedlichen Kontexten kennenlernen und diese auf andere Problemsituationen übertragen.

Ich hatte mir für den Fall, dass die Schüler nicht das Teilproblem der Repräsentation der Pixelmenge lösen könnten, keine Impulse überlegt, wie ich sie doch noch dazu bringen könnte, selbstständig eine Lösung zu finden. Da ich beobachten wollte, wie die Schüler

5 Gesamtreflexion

bei einem neuen Problem vorgehen, habe ich im Vorfeld nicht daran gedacht, ihnen bei der Erarbeitung eines Lösungsplans zu helfen. Ich hätte eine Entlastung der Problemstellung durch eine kurze Darstellung von Punkten in der Ebene herbeiführen können. Wie oben bereits dargestellt, hätte der Mangel an Selbstvertrauen, Entscheidungen im Problemlöseprozess zu treffen, die Erarbeitung des Lösungsplans auch bei dieser Alternative blockiert.

Das entdeckende Lernen kann aus meiner Sicht zur Förderung dieser Kompetenz eingesetzt werden. Die Entdeckungen müssen nur so vielfältig sein, dass die Schüler gezwungen sind, zur Erstellung eines Lösungsplans Entscheidungen zu treffen.

Die Programmierphase zeigte, dass vor allem die leistungsstarken Schüler ihr Wissen über die Sortierverfahren reaktivieren konnten. Die leistungsschwachen dagegen konnten sich an das Grundprinzip erinnern, aber dieses nicht umsetzen. Dieses Ergebnis war zunächst enttäuschend für mich. Berücksichtigt man jedoch die Zeit von zwei Wochen, die zwischen dem Entdecken der Sortierverfahren und der Umsetzung lagen, so kann man aus meiner Sicht eine positive Bilanz bzgl. der Verfügbarkeit des durch das entdeckende Lernen erworbenen Wissens ziehen, denn immerhin erinnerten sich alle Schüler an mindestens ein Grundprinzip eines der Verfahren.

5 Gesamtreflexion

In diesem letzten Kapitel wird versucht die einleitend formulierten Fragen aus der Darstellung und Analyse der durchgeführten Stunden zu beantworten. Es wird mit einer Gesamteinschätzung der Unterrichtsreihe begonnen.

Die geplanten Lehr- und Lernprozesse, die in der dargestellten Phase der Unterrichtsreihe geplant waren, wurden zum großen Teil erreicht. Die Übertragung der Problemlösestrategien Dekomposition und Analogiebildung auf einen anderen Kontext gelang den Schülern nur zum Teil. Dies lag vor allem daran, dass sie diese Strategien nur in einem sehr speziellen Bereich angewendet hatten. Sie sahen nicht den Zusammenhang zwischen der Anwendung der Strategien und der neuen Problemstellung. Eine Anreicherung der Unterrichtsreihe mit weiteren Entdeckungsanlässen aus anderen Kontexten, bei denen die Schüler immer wieder die Anwendung der Strategien üben, könnte dafür sorgen, dass die Schüler die erlernten Strategien auch in neuen Problemsituationen zur Erstellung eines Lösungsplans anwenden. Trotz dieses Ergebnisses bietet das Stufenkonzept von Winter für einen entdecken lassenden Unterricht zur Förderung des Problemlösens eine gute Orientierung. Aus meiner Sicht ist die Reflexionsstufe die wichtigste Stufe zur Förderung des Problemlösens im Rahmen eines entdecken lassenden Unterrichts. Anhand der Darstellung der

5 Gesamtreflexion

zweiten Stunde kann man die Wichtigkeit dieser Stufe erkennen. Ein Teil der Schüler löste das Problem, war sich jedoch nicht bewusst darüber, auf welche Weise der Lösungsplan entwickelt wurde. Die Lösung entspricht einem „Geistesblitz“. Dieser tritt spontan auf, ohne dass sich der Problemlöser danach daran erinnern kann, wie er zustande kam. Durch die Reflexionsstufe wird der Weg zum „Geistesblitz“ dem Problemlöser bewusst gemacht und er kann ihn bei weiteren Problemen zielgerichtet und strukturiert herbeiführen.

Die methodischen Überlegungen haben sich zum Aufbau verfügbaren Wissens bewährt. Dies zeigte vor allem die zuletzt dargestellte Phase. Hier waren fast alle Schüler nach ca. zwei Wochen Ferien in der Lage, ein Grundprinzip eines der Sortierverfahren zu nennen. Die Umsetzung ohne Hilfsmittel scheiterte bei einigen, weil es ihnen an den erforderlichen Programmierkenntnissen fehlte. Ende März 2009 schrieb ich eine Klausur, in der unter anderem auch Sortierverfahren abgefragt wurden. Das Ergebnis der Klausur zeigte, dass die Schüler sehr detailliertes Wissen über die Sortierverfahren aufgebaut hatten. Ich führe dies darauf zurück, dass ihnen durch das entdeckende Lernen in Kombination mit dem Einsatz der Simulation die Möglichkeit gegeben wurde, sich die Sortierverfahren selbstständig zu erarbeiten. Dazu gehörte die Ableitung des Sortierverfahrens, die manuelle Durchführung als Überprüfung des abgeleiteten Verfahrens sowie die Implementierung der Verfahren.

Die Planung der Unterrichtsreihe erwies sich als tragfähig. Allerdings benötigen Schüler für den Transfer der erlernten Strategien auf andere Kontexte mehr Übung. Aus diesem Grund habe ich die Laufzeiten der Sortierverfahren in der zweiten Phase der Unterrichtsreihe problemorientiert aufbereitet. Die Schüler entdeckten forschend durch selbstständige Planung und Durchführung von Versuchsreihen die Unterschiede der Laufzeiten der Sortierverfahren. Die Planung ihres Vorgehens bot ihnen die Möglichkeit, erneut die Phasen des Problemlösens zu durchlaufen und die Problemlösestrategien anzuwenden. Das Treffen von Entscheidungen während der Planung ihres Vorgehens sollte sich positiv auf die Stärkung ihres Selbstvertrauens beim Treffen von Entscheidungen während eines Problemlöseprozesses auswirken. Solche Unterrichtssequenzen tragen aus meiner Sicht dazu bei, die Transferleistung der Schüler zu fördern und runden dieses Unterrichtskonzept ab. Der Einsatz der Simulation erwies sich für das entdeckende Lernen als äußerst förderlich, da sie die Schüler ansprach und sie zum Entdecken motivierte. Somit erweiterte ich die Simulation um weitere Sortierverfahren, um sie in späteren Unterrichtsstunden erneut einzusetzen.

Aus diesen Ergebnissen heraus kann Folgendes auf die Leitfrage L1 geantwortet werden: Entdeckendes Lernen eignet sich unter bestimmten Voraussetzungen zur Förderung der Problemlösestrategien Dekomposition und Analogiebildung. Nach jedem Entdeckungsanlass sollte eine Reflexion erfolgen, die die angewendeten Strategien bewusst macht. Darüber hinaus benötigen die Schüler viele Entdeckungsanlässe in unterschiedlichen Kontex-

6 Selbstständigkeitserklärung

ten, nur so können die Schüler die erlernten Strategien auch in anderen Kontexten anwenden und verinnerlichen. Dieses sorgt für eine Vernetzung der Strategien mit den jeweiligen Problemsituationen und bewirkt einen flexiblen Umgang mit den Strategien in unbekanntem Problemsituationen.

In der hier dargestellten Phase der Unterrichtsreihe fehlte die Vielfalt der Entdeckungsanlässe, so dass sich die Transferleistung nicht ausbilden konnte.

Die Leitfrage L2 ist folgendermaßen zu beantworten: Entdeckendes Lernen eignet sich zum Aufbau verfügbaren Wissens. Dadurch, dass die Schüler sich selbstständig das Wissen aneignen und Zusammenhänge entdecken, vernetzt sich das Wissen besser, als wenn es auswendig gelernt wurde. Dies bestätigten die Ergebnisse der dargestellten Unterrichtsphasen und der Klausur.

Das entdeckende Lernen ist auf Grundlage der Ergebnisse geeignet, das Problemlösen zu fördern. Damit dies erfolgreich ist, gilt zu beachten:

- die Entdeckungsanlässe müssen motivierend gestaltet sein,
- die verwendeten Materialien müssen selbsterklärend und eindeutig sein,
- der Entdeckungsvorgang sollte, falls die Aufgabenstellung zu komplex ist, durch geeignete Entdeckungshilfen entlastet werden,
- es sollte mehr Zeit eingeplant werden, um den Schülern die erforderlichen Freiräume für das Entwickeln eigener Gedanken und Ideen geben zu können,
- Reflexionsstufen müssen eingeplant werden, damit die Schüler sich ihre Problemlösestrategien bewusst machen können,
- eine große Vielfalt an Entdeckungsanlässen muss angeboten werden, damit Strategien auch in unterschiedlichen Kontexten angewendet werden können.

Auf diese Weise lässt sich rückblickend auf die durchgeführte Unterrichtsreihe mit dem entdeckenden Lernen das Problemlösen fördern.

6 Selbstständigkeitserklärung

Ich versichere, dass ich die vorliegende Prüfungsarbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel verwendet habe.

Berlin, 24. April 2009

Yark Schroeder

Literatur- und Quellenverzeichnis

- [Bau07] BAUMANN, Rüdiger: Informatisches Problemlösen. In: *LOG IN – Informatische Bildung und Computer in der Schule*. 146/147. 2007, S. 45–52
- [BBL08] BARZEL, Bärbel ; BÜCHTER, Andreas ; LEUDERS, Timo: *Mathematik Methodik*. 2. Cornelsen, 2008. – ISBN 978–3–589–22378–7
- [BGEKW93] BEUCKE-GALM, Mechthild ; ELLENBERGER, Wolfgang ; KLEINERT, Reiner ; WANGENHEIM, Klaus von ; ELLENBERGER, Wolfgang (Hrsg.): *Ganzheitlich-kritischer Biologieunterricht – Für das Leben lernen*. 1. Cornelsen, 1993. – ISBN 3–464–00613–1
- [Bro02] BROMBACH, Guido: *Einführung in die Behavioristischen Lerntheorien*. 2002. – Verfügbar unter <http://www.hyperlernen.de/gui/BehavLT/seite1.html>, Letzter Zugriff: 15.04.2009
- [CLRS07] CORMEN, Th. H. ; LEISERSON, Ch. E. ; RIVEST, R. ; STEIN, C.: *Algorithmen – Eine Einführung*. 2. Oldenbourg, 2007. – ISBN 978–3–486–58262–8
- [Ede00] EDELMANN, Walter: *Lernpsychologie*. 6. Beltz, PVU, 2000. – ISBN 3–621–27465–0
- [Füh97] FÜHRER, Lutz: *Pädagogik des Mathematikunterrichts – Eine Einführung in die Fachdidaktik für Sekundarstufen*. 1. Vieweg, 1997. – ISBN 3–528–06911–2
- [Gal08] GALLENBACHER, Jens: *Abenteuer Informatik*. 2. Spektrum Akademischer Verlag, 2008. – ISBN 978–3–8274–1926–2
- [Hum05] HUMBERT, Ludger: *Didaktik der Informatik – mit praxiserprobtem Unterrichtsmaterial*. 1. Teubner, 2005. – ISBN 3–8351–0038–6
- [JJ98] JONG, Ton de ; JOOLINGEN, Wouter R.: Scientific Discovery Learning with Computer Simulations of Conceptual Domains. In: *Review of Educational Research*. 1998, S. 179–201
- [JN92] JONG, T. de ; NJOO, M.: Learning and instruction with computer simulations: Learning processes involved. In: *Computer based learning environments and problem solving*. 1992, S. 411–429
- [LIS06] LISUM: *Rahmenlehrplan für die gymnasiale Oberstufe Informatik*. Senatsverwaltung für Bildung, Jugend und Sport Berlin, Berlin 2006
- [Sed03] SEDGEWICK, Robert: *Algorithmen in Java – Teil 1-4*. 3. Pearson Studium, 2003. – ISBN 3–8273–7072–8
- [SS04a] SCHUBERT, Sigrid ; SCHWILL, Andreas: *Didaktik der Informatik*. 1. Spektrum Akademischer Verlag, 2004. – ISBN 3–8274–1382–6
- [SS04b] STERN, Elsbeth ; SCHUMACHER, Ralph: Lernziel: Intelligentes Wissen. In: *UNIVERSITAS – Orientierung in der Wissenswelt*. 2. 2004, S. 121–134
- [Win89] WINTER, Heinrich: *Entdeckendes Lernen im Mathematikunterricht: Einblicke in die Ideengeschichte und ihre Bedeutung für die Pädagogik*. 1. Erich Ch. Wittmann. - Braunschweig; Wiesbaden: Vieweg, 1989. – ISBN 3–528–08978–4