

Universität Potsdam

Institut für Informatik

Professur Didaktik der Informatik

Didaktische Grundfragen der Informatik

WS 2002 / 2003

Entwicklung von Sachkenntnis

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung.....	3
2. Unterschied zwischen Novize und Experte.....	3
3. Phasen beim Erwerb von Fertigkeiten.....	4
4. Auswirkungen des Übens von Fertigkeiten.....	5
5. Potenzgesetz der Übung.....	5
6. Übung beeinflussende Faktoren.....	6
7. Entstehung einer Strategie zur Problemlösung.....	7
8. Repräsentation von Problemen.....	8
9. Vorteile des Experten beim Erkennen von Mustern.....	8
10. Transfer von Fähigkeiten.....	9
11. Implikationen für pädagogische Kontexte.....	10
12. Zusammenfassung.....	11
13. Literaturangaben:.....	12

2. Einleitung

Meine Betrachtungen zur Entwicklung von Sachkenntnis möchte ich mit einem Beispiel einleiten.

Die Vorbereitung auf den Führerschein gliedert sich in einem theoretischen und einem praktischen Teil. Der theoretische Teil befähigt uns erstens möglichst unfallfrei am Straßenverkehr teilzunehmen und zweitens das für die ausgewählte Fahrzeugklasse vorgeschriebene Fahrzeug zu bedienen. Der praktische Teil ermöglicht uns erstens das Fahrzeug zu lenken, damit Einparken, am Berg anfahren etc. und zweitens kleinere Reparaturen selber auszuführen. Was wir jedoch nicht können, ist uns nach der Prüfung einfach in unser Wunschauto zu setzen und routiniert am Straßenverkehr teilzunehmen. Wir können auch nicht einfach Motorrad fahren, oder gar einen LKW mit Anhänger. Von Bussen oder Straßenbahnen ganz zu schweigen. Allesamt gehören zwar dem Bereich Fahrzeug an, dennoch ist ein Transfer von Wissen nicht ohne weiteres möglich. In der Theorie sieht es genauso aus. Bedienungsanleitungen sind von Fahrzeug zu Fahrzeug unterschiedlich. Jedes Fahrzeug erfordert eine eigene Zulassung im Führerschein.

Am Ende unterscheiden wir uns von den Fußgängern durch unsere nunmehr erweiterte Sachkenntnis auf dem Gebiet des Straßenverkehrs. (Welcher Fußgänger besucht schon von sich heraus eine Verkehrsschulung oder gar einen Erste-Hilfe-Lehrgang?)

Der Fahrschüler am Ende der praktischen Prüfung ist somit kein Anfänger mehr.

1. Unterschied zwischen Novize und Experte

Der Begriff Anfänger ist umgangssprachlich. Wissenschaftlich gesehen sprechen wir von Novizen auf der einen – und dem Experten (Autofahrer) auf der anderen Seite.

Neben dem Experten gibt es noch das Genie. Es zeichnet sich durch den Grad der absolvierten Übungen aus. Nicht umsonst heißt es: „No pain, no gain – ohne Fleiß kein Preis„. Mehrjährige, intensive Übungen auf dem gewählten Spezialgebiet werden mit besserer Kompetenz belohnt. Besonders wenn es um schwierige oder besonders schnelle Problemlösungen geht, sind Genies im Vorteil.

Der Schachanfänger kann gegenüber dem Großmeister bei unendlicher Zeit noch ein würdiges Ergebnis erreichen. Wenn es jedoch wie beim Blitzschach auf Schnelligkeit ankommt, ist der Novize dem Experten unterlegen.

2. Phasen beim Erwerb von Fertigkeiten

Wie erlangen nun die Novizen derart spezielle Fähigkeiten? Der Erwerb von Sachkenntnis läßt sich in die drei Phasen kognitive Phase, assoziative Phase und autonome Phase untergliedern.

Bei der kognitiven Phase prägt sich der Novize die Fakten ins Gedächtnis und ruft diese bei Bedarf explizit ab. Oft bemerken Mitmenschen diese Phase beim Autofahren. Der Fahrer wiederholt fast alle Handlungsabläufe im Selbstgespräch, schaut häufig auf die Schaltung oder überprüft den eingelegten Gang mehrmals. Die gefragten Fertigkeiten werden in dieser Phase enkodiert. Es werden Prozeduren erlernt. Eine Reihe von neuen Fakten wird gespeichert. Dabei benutzen Lernende häufig bereichsübergreifende Verfahren. Beim Fahren einer Acht mit dem Auto werden z.B. indirekt Bewegungsabläufe beim Führen eines Fahrrades übernommen. Das Wissen aus diesem Bereich dient dabei der Problemlösung. Das richtige Einschlagen des Lenkrades beim Auto ist mit der Lenkbewegung am Fahrrad zu vergleichen.

Dennoch reicht das Wissen in dieser Phase nicht aus, um allen Situationen des Straßenverkehrs gewachsen zu sein. Unwetter, nasse Fahrbahnen oder technische Defekte am Auto lassen den Anfänger schnell verzweifeln.

Die nächste Phase ist die assoziative Phase. Hier geschehen zwei wichtige Dinge. Erstens werden an anfänglichem Verständnis nach und nach Fehler entdeckt und

eliminiert. Zweitens werden Verbindungen zwischen den erforderlichen Elementen gestärkt, um eine Tätigkeit erfolgreich ausführen zu können. Die deklarativen Fakten formen sich zu einer Prozedur. Es werden Methoden zur Durchführung einer Aufgabe ausgearbeitet. Das fachmännische Ausführen einer Tätigkeit kann immer mehr von prozeduralem Wissen gesteuert werden. Man spricht auch von einer Wissenskompilation.

Die dritte Phase ist die autonome Phase. Hier erfolgt die Automatisierung. Die erworbene Fertigkeit wird immer schneller und automatischer. Der Lernende ist in der Lage in verschiedensten Situationen angemessen zu reagieren. So kann der geübte Autofahrer auf Verkehrszeichen achten, Passanten ausweichen, Kuppeln, Schalten und mobil telefonieren.

3. Auswirkungen des Übens von Fertigkeiten

Ein weiteres Beispiel ist der Facharbeiter am Fließband einer Autoproduktion. Welche Dimensionen können sich hier mit zunehmender Übung verbessern?

Der Angestellte wird in die Lage versetzt, mit höherer Geschwindigkeit und Genauigkeit seine Arbeitsaufgaben auszuführen. Die erlernten Prozeduren werden schneller und angemessener angewandt. Er hat sich einen großen Überblick über seinen Arbeitsbereich verschafft. Möglicherweise ist er sogar in der Lage, sein Arbeitsumfeld durch seine aufgebaute Sachkenntnis positiv zu beeinflussen.

4. Potenzgesetz der Übung

Wieviel Zeit braucht es vom Novizen zum Experten? Die notwendige Zeit, um eine Aufgabe kompetent auszuführen gleicht einer Potenzfunktion der Übung, die für diese Aufgabe verwendet wird. Sicherlich bringt kontinuierliches Üben zeitlich unbegrenzte Vorteile. Allerdings hat sich gezeigt, daß der Nutzen für die Übung schon nach kurzer Zeit fast nicht mehr meßbar ist.

Der Arbeiter in einer Zigarrenfabrik ist bei der Ausführung komplexer Fertigkeiten, die die Koordination vieler Assoziationen umfassen, nach längerer Zeit genauso

perfekt und kontinuierlich arbeitend wie die Material vorgebende Maschine. Allerdings wird die Adaption der erreichbaren menschlichen Arbeitsleistung an die Maschine nicht unbegrenzt durchführbar sein. Der Leistungsfähigkeit der Muskeln und Gelenke eines Menschen sind Grenzen gesetzt, obwohl diese Grenzen durch technische Hilfsmittel im gewissen Rahmen verschoben werden können. Bei genug Übung geht die benötigte Zeit für die kognitive Komponente beim Erwerb von Sachkenntnis gegen Null.

Die Ausführung von kognitiven Fertigkeiten verbessert sich nach der Potenzfunktion der Übung und verschlechtert sich auch nach langen Phasen des Untätigseins nur unwesentlich.

Beim Programmieren wurde u.a. festgestellt, dass sich mit zunehmender Übung die Geschwindigkeit erhöht, mit der Arbeitsaufgaben erledigt werden. Der Geschwindigkeitszuwachs stagnierte jedoch bei Erreichen eines bestimmten Fertigungsstandes zum Lösen des gestellten Problems.

Die Fehleranzahl pro Zeilen geschriebener Programmcode ging mit zunehmender Übungsanzahl ebenfalls gegen Null. Unbeabsichtigte Schreibfehler sollen hier nicht berücksichtigt werden.

In einem Experiment Kolars 1979 zum Erwerb von Lesefertigkeiten von invertierten Texten zeigte sich, dass die Lesegeschwindigkeit nach 200 Seiten fast auf dem Niveau eines normalen Textes liegt. Außerdem zeigte eine Wiederholung nach einem Jahr, dass die Anfangsgeschwindigkeit fünf mal so hoch wie beim ersten mal ist und die Endgeschwindigkeit vom ersten mal schon nach 50 Seiten erreicht wird. Die Gesamtleistung wurde insgesamt verbessert.

5. Übung beeinflussende Faktoren

Andere, neben der Übung wichtige Einflußfaktoren auf den Erwerb von Fertigkeiten sind z.B. wie und unter welchen Umständen geübt wird sowie die Art der Lernformen. Zu den Lernformen zählen verteiltes, massives, taktisches und strategisches Lernen.

Beim verteilten Lernen ist es z.B. beim Erwerb von motorischen Fertigkeiten entscheidend, ob die Teilaufgaben unabhängig zu einander sind. Ist das der Fall, sollten die einzelnen Teile getrennt geübt werden. Diese Vorgehensweise bietet sich beim Erwerb von Schreibmaschinenkenntnissen auf verschiedenen Schreibmaschinen an. Wenn sich im Unterrichtsstoff viele Fertigkeiten in Teilfertigkeiten zerlegen lassen, so sollten die Teilfertigkeiten nach einer Empfehlung von Gagnè in der Hierarchie einzeln unterrichtet werden. Taktisches Lernen bedeutet das Erlernen von Handlungssequenzen, die der Problemlösung dienlich sind. Es werden Methoden gelernt, die zur Lösung von Teilproblemen führen, welche sich in komplexeren Problemen immer wieder ergeben. Wiederkehrende Problemlösungsbemühungen manifestieren sich als Muster. Daher ist das Lernen und Erkennen von Mustern auch ein Bestandteil des taktischen Lernens. Strategisches Lernen bezieht sich auf die Fähigkeit, die Lösung eines Gesamtproblems zu organisieren. Der Lernende eignet sich Wege zum strukturellen Aufbau des Problemlösens an.

6. Entstehung einer Strategie zur Problemlösung

Larkin untersuchte 1981 Problemlösungen von physikalischen Aufgaben von Novizen und Experten. Novizen bevorzugen die Rückwärtssuche. Sie gehen vom Unbekannten aus. Experten hingegen suchen vorwärts. Sie beginnen bei bekannten Werten. Mit zunehmender Übung der Novizen vollzieht sich bei Ihnen ein Übergang von der Strategie des Novizen zur Strategie des Experten.

Ein Gegenbeispiel ist das Schreiben eines Computerprogrammes. Dabei arbeiten Novizen und Experten zugleich rückwärts gerichtet, da vorgegebene Größen nicht existieren. Es stellte sich jedoch heraus, dass der Experte erst die gesamte Breite des Problems auf einer Hierarchieebene ausarbeitete, während der Novize erst ein Problem in der Tiefe verfolgte. Hierbei hatte der Novize mit Konflikten und Interaktionen von Teilzielen zu kämpfen.

Schlußfolgernd entsteht die Strategie des Experten durch Übung und Erfahrung und bietet immer die effektivere Lösung.

8. Repräsentation von Problemen

Wie unterscheidet sich die Repräsentation von Problemen bei Novizen und Experten? Eine wichtige Dimension zunehmender Expertenschaft besteht in der Herausbildung einer Menge neuer Konstrukte, mit denen sich die zentralen Aspekte eines Problems repräsentieren lassen. Man lernt Probleme so zu repräsentieren, dass die Anwendung effektiver Problemlöse-Prozeduren möglich wird. Chi, Feltovich und Glaser haben 1981 anhand einer Aufgabe zur Klassifizierung von Physikaufgaben nach Ähnlichkeitskategorien einen Vergleich zwischen Novizen und Experten angestellt.

Demnach benutzen die Novizen oberflächliche Ähnlichkeitsmerkmale zur Klassifizierung. Experten klassifizieren nach den zu Grunde liegenden Prinzipien der Probleme, die nicht an der Oberfläche erkennbar sind. Diese Vorgehensweise bietet bessere Anhaltspunkte für den geeigneten Lösungsweg. Ähnliche Ergebnisse ergaben sich für Mathematik, Computerprogrammierung und medizinische Diagnostik. Außerdem besaßen die Experten ein größeres Fachvokabular. Dadurch waren sie in der Lage durch kurze Ausdrücke komplexe Konstrukte zu repräsentieren.

9. Vorteile des Experten beim Erkennen von Mustern

Experten können bei Problemen zusammenhängende Chunks erkennen. Chunks sind Muster aus Elementen, die über verschiedene Probleme hinweg immer wieder vorkommen.

De Groot verglich 1966 die Reproduktion von Schachstellungen bei Meistern und Amateuren. Dabei wurden die Schachstellungen nur ca. 5 sec. gezeigt. Unter den dargebotenen Schachstellungen waren zum Teil auch unsinnige Stellungen, welche so in einem Spiel nicht vorkommen können.

Dabei waren bei den unsinnigen Stellungen die Meister verwirrt. Dennoch war die Leistung bei beiden Gruppen gleich gut. Bei den sinnvollen Stellungen ist die Reproduktionsleistung bei den Meistern fünf mal so hoch wie bei den Amateuren.

Diese erkannten nur vier von 20 Figuren. Das entsprach in etwa der Kapazität des Arbeitsgedächtnisses.

Chase und Simon stellten 1973 fest, dass Gruppen von Figuren, die in Relationen zu einander stehen, am leichtesten reproduziert werden können. Diese wurden als Chunks bezeichnet.

Dabei liegt der Vorteil der Experten nicht allein im Arbeitsgedächtnis sondern auch im Langzeitgedächtnis. Charness machte 1976 ein Experiment zum Wiedergeben von Schachmustern, welche nach einer Pause von 30 sec. mit einer anderen Aufgabe ausgefüllt war. Die Meister zeigten keine Verschlechterung des Abrufs gegenüber dem direktem Abruf. Die Amateure verschlechterten sich stark.

Experten können sich sowohl an umfangreicheren als auch an mehr Muster erinnern.

Chase und Ericson fanden bei einer Untersuchung an Langstreckenläufern 1982 heraus, das diese sich an 81 zufälligen Ziffern erinnern konnten. Normalerweise kann man sich nur an die 7 – 8 Ziffern (Kapazität des Arbeitsgedächtnisses) merken. Die Langstreckenläufer gruppieren jeweils 4 Ziffern zu einem Chunk mit einer speziellen Bedeutung. Zusätzlich entwickelten sie eine Abrufstruktur. Damit konnten sie bis zu 22 Chunks wiedergeben. Somit lässt sich vermuten, das der Unterschied zwischen Novizen und Experten in der Herausbildung einer Abrufstruktur liegt.

10. Transfer von Fähigkeiten

Die Doktrin der formalen Disziplinen gehen davon aus, dass das Gedächtnis aus einzelnen Geisteskräften bzw. Fähigkeiten besteht, deren Leistung transferiert werden können. Dabei gelingt oft nur der Transfer auf ähnliche Bereiche. Beispielsweise konnten brasilianische Straßenhändler im Kopf Warenpreise berechnen. Unter Laborbedingungen versagten sie jedoch. Als man ihnen die Aufgaben als Textaufgaben gab, verbesserten sich die Ergebnisse leicht. Dabei stellte Thorndike fest, das es kein Zusammenhang zwischen dem Gedächtnis für Zahlen und Buchstaben gibt. Nach Thorndike 1906 setzt sich der menschliche

Geist nicht aus den allgemeinen Geisteskräften sondern aus speziellen Gewohnheiten und Assoziationen zusammen. Der Verstand besteht aus zahllosen speziellen Operationen und Funktionen. Der Transfer zwischen Fähigkeiten tritt nur dann auf, wenn an diesen Fähigkeiten dieselben abstrakten Wissens Elemente beteiligt sind. So erhöhen Lateinkenntnisse die Fähigkeit Französisch zu erlernen.

Ein negativer Transfer von Fähigkeiten wurde nicht beobachtet. Polson machte 1987 ein Experiment zum Umgang mit zwei Texteditoren. Dabei wurden Befehle vertauscht. Es hatte keinen Einfluss auf die Transferleistung, weil es nur Unterschiede an der Bedienoberfläche, nicht aber in der Funktionsweise gab.

11. Implikationen für pädagogische Kontexte

Die Fähigkeiten können erstens durch den Einsatz von Komponentialanalysen verbessert werden. Dabei wird analysiert, welches die zu Grunde liegenden Wissens Elemente sind. Durch deren Identifikation können diese dann besser trainiert werden. Die Anwendung von beherrschungsorientiertes Lernen (mastery learning) wird zweitens sichergestellt, dass die zu erlernende Fähigkeit (der Stoff) auch wirklich beherrscht wird, bevor aufbauender Stoff vermittelt wird. Damit wird ein Schneeballeffekt vermieden.

Der Einsatz von Computersystemen, die mit den Studenten beim Lernen interagieren, können sich als nützlich bei der Erlangung von Fähigkeiten erweisen. Sie dienen der Rückmeldung beim Erlernen komplexer Fähigkeiten und beim Aufdecken von Lernschwächen.

Dabei hat sich herausgestellt, dass bei der Erlernung einer neuen Programmiersprache andere bereits vorhandene Fähigkeiten nur einen Vorteil in der Geschwindigkeit des Erlernens des neuen Stoffes mit sich brachte. Am Ende des Kurses brachten alle Studenten unabhängig von ihren Vorkenntnissen in einer Programmiersprache gleich gute Ergebnisse in der Programmiersprache LISP.

13. Zusammenfassung

Schüler erwerben Sachkenntnis in Geometrie durch Umwandlung geometrischer Schlußregeln in mentale Prozeduren. Diese Prozeduren dienen als Muster für Problemlösungen.

Physikexperten haben gelernt, bei einem Problem von den gegebenen physikalischen Größen auszugehen. Die Lösung wird durch Vorwärtsschließen abgeleitet. Experten können eine Physikaufgabe in Form abstrakter Konzepte repräsentieren, die die jeweiligen Lösungsmethoden bereits vorgeben.

Programmierexperten haben gelernt, Probleme in Form von abstrakten Konstruktionen zu repräsentieren. Die planen ein Programm erst in der Breite und dann in der Tiefe. Dabei entwickeln sie ein besseres Gedächtnis für Programme, Muster und Strukturen von Programmen.

Schachmeister sind im allgemeinen nicht intelligenter als durchschnittliche Schachspieler. Sie sind vielmehr durch Übung zum Experten geworden. Sie haben ein besseres Gedächtnis für Spielstellungen. Für eine Vielzahl davon haben sie passende Analysen und Zugangsmöglichkeiten im Gedächtnis gespeichert.

Generell scheint die Entwicklung von Sachkenntnis darauf zu beruhen, dass man Probleme nicht mehr primär auf der Grundlage von serieller Verarbeitung und Deduktion löst. Vielmehr nutzt man im Gedächtnis gespeicherte Lösungsmuster zur Problemlösung.

Durch Sachkenntnis wird man mitsprachefähig und ist in der Lage, sachgerecht zu argumentieren. Es gibt gleichzeitig ein Gefühl der Sicherheit, hilft Angst zu überwinden und zeitweilige Isolation zu überstehen.

15. Literaturangaben:

John R. Anderson

Spektrum Verlag

„Kognitive Psychologie,“

Jucks, R.

Münster Verlag

„Was verstehen Laien?,“

Reimann, P

Hogrefe Verlag

Novizen- und Expertenwissen