

KOMPLEXE SYSTEME

EINE FUNDAMENTALE IDEE

IM INFORMATIK -UNTERRICHT

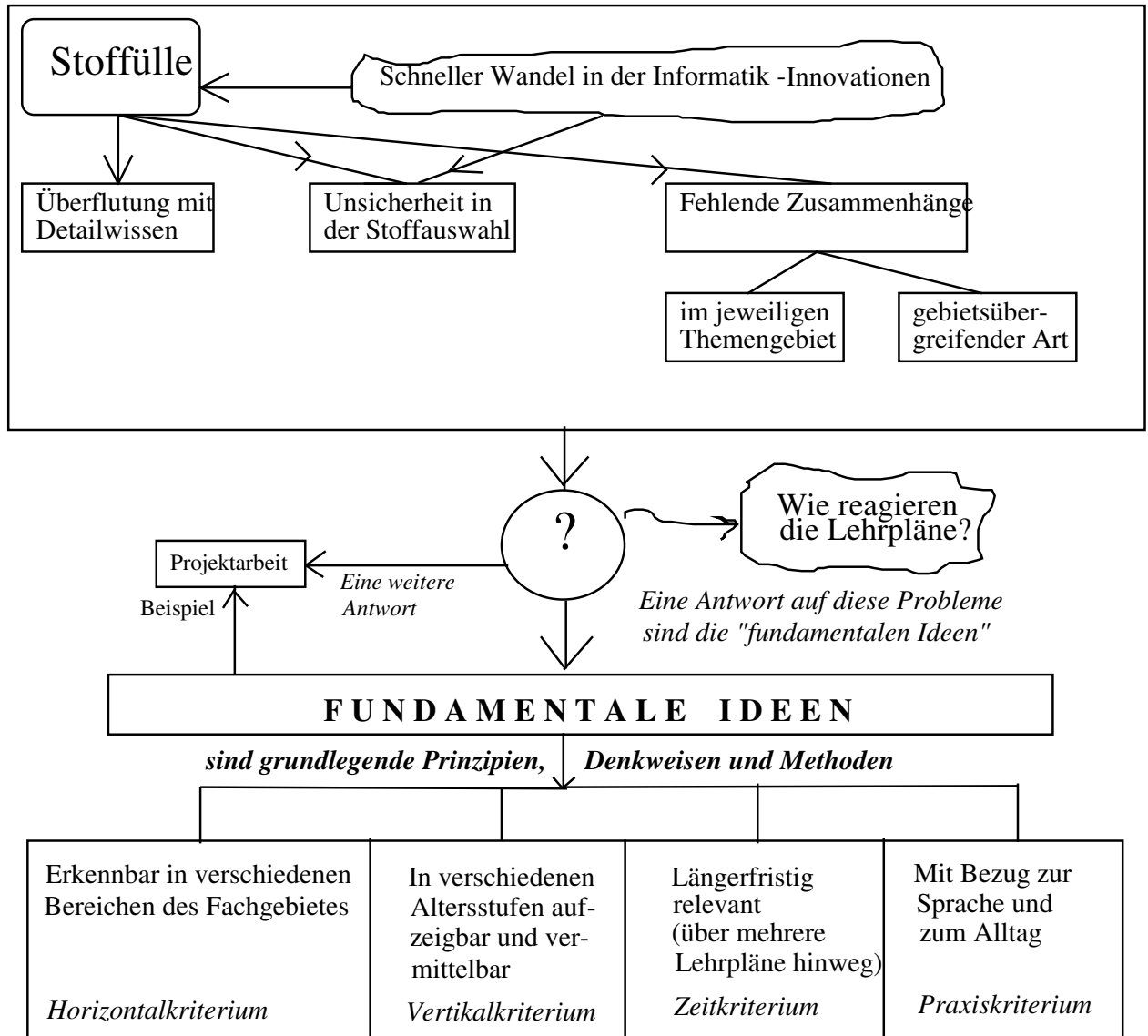
(Eberhard Lehmann - Berlin)

EINLEITUNG

Die Probleme in Zusammenhang mit der Stofffülle haben in der Mathematik schon vor Jahren unter anderem dazu geführt, sich näher mit den fundamentalen Ideen des Faches zu beschäftigen. So wurde vielen Lehrplänen bewußt das Spiralprinzip berücksichtigt, leicht ablesbar beispielsweise bei der Behandlung linearer Gleichungssysteme in verschiedenen Klassenstufen oder beim Funktionsbegriff und den diversen Funktionsklassen, die im Verlauf des Mathematikunterrichts behandelt werden.

Die Informatik muß sich mit ähnlichen Problemen auseinandersetzen, allerdings in stärkerem Maße als die Mathematik, denn in kurzer Zeit haben sich aufgrund des breiten Anwendungsbereichs der Informatik viele neue Gebiete entwickelt; die Innovationszyklen sind bekanntlich außerordentlich kurz.

1. Informatikunterricht auf der Suche nach seinen fundamentalen Ideen



(angelehnt an A.Schwill: Fundamentale Ideen der Informatik, ZDM 93/1, S.20f.)

Abb.1: Fundamentale Idee

Abbildung 1 zeigt Anforderungen die sich aus der Situation des Informatikunterrichts ergeben. Der Ruf nach fundamentalen Ideen hat bereits zu einigen Antworten geführt - sie müßten insbesondere in der Lehrplänen für die informatische Bildung deutlich werden! Aber noch gilt:

In keinem Schulfach sind die Lehrpläne in den verschiedenen Bundesländern so unterschiedlich wie im Fach Informatik - die unterschiedliche Ausbildung der Lehrer verstärkt

diese Situation, so daß der Informatikunterricht in voneinander stark abweichender Form abläuft.

Wenn es gelänge, sich auf einige fundamentale Ideen des Informatikunterrichts zu einigen,

- würde mehr Sicherheit bei der Stoffauswahl entstehen,
 - würden die Lehrpläne ähnlicher werden,
 - hätten Lehrbuchautoren deutlichere Vorgaben,
 - würden Unterrichtsschwerpunkte für Lehrer und Schüler deutlicher werden,
 - würde sich die Unterrichtsqualität steigern
-
- was insgesamt dazu führen könnte, daß die großen Unterschiede im Informatikunterricht ausgeglichen würden.

Eine solcher fundamentalen Idee kann die Arbeit mit komplexen Systemen sein. Auf diesen Ansatz soll im folgenden näher eingegangen werden.

2. Komplexe Systeme

Nach einem einführenden Beispiel werden einige allgemeine Ausführungen zum Systemdenken und zur Modellbildung dargeboten.

Das folgende Beispiel zeigt, wie man im Informatikunterricht oder im Unterricht in informationstechnischer Grundbildung komplexe Systeme einführen und in Ausschnitten bearbeiten kann.

Der Lebenslauf eines Lottoscheins

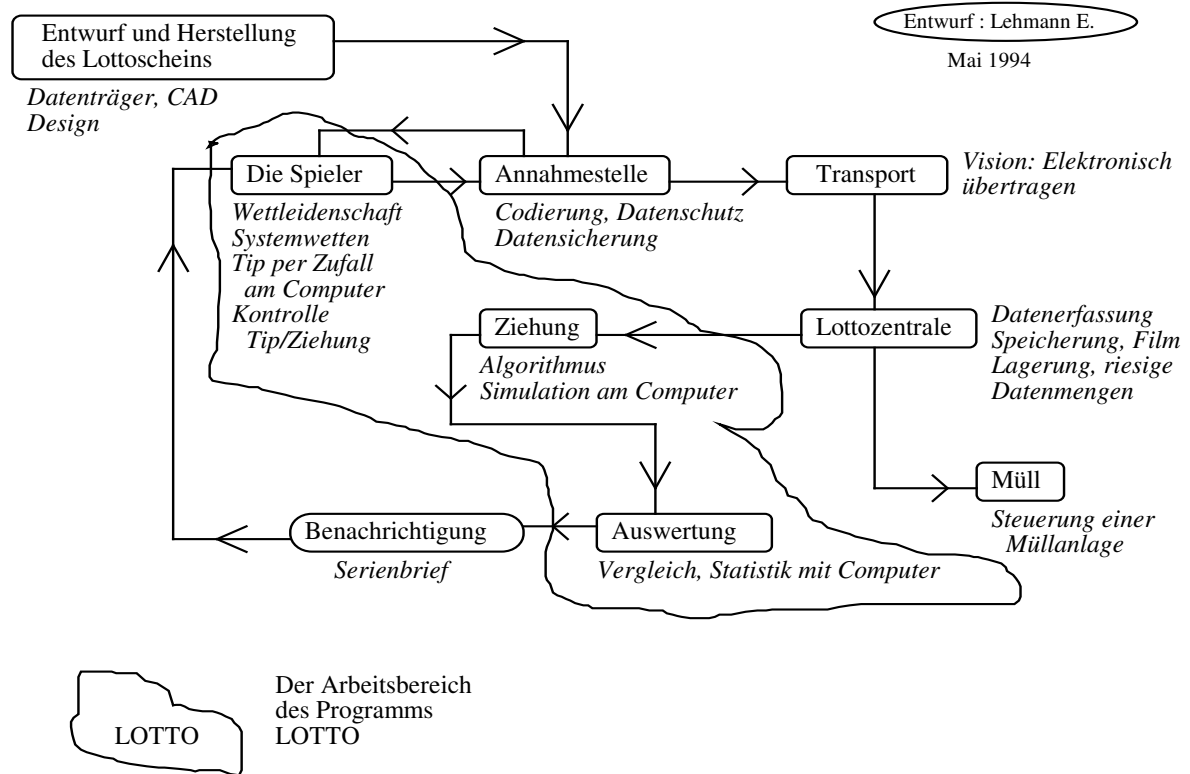


Abb.2: LOTTO als Beispiel eines komplexen Systems

Abbildung 2 wurde in einem Kurs zu informationstechnischen Grundbildung (ITG, Klasse 9) erarbeitet. Der auslösende Impuls "Der Lebenslauf eines Lottoscheins" führte zu viel Interaktion und ergab schließlich eine ähnliches Tafelbild, wie in Abbildung 2 vorgestellt. Der Übergang zur Datenverarbeitung wurde durch die Frage nach einer möglichen Rolle des Computers an den einzelnen Lottoschein-Stationen initiiert. In die Abbildung wurde außerdem ein früher von einem Informatikkurs in Projektarbeit entworfenes Produkt LOTTO aufgenommen, das nun in der ITG eingesetzt wird.

Derartige Softwaresysteme können unter verschiedenen Gesichtspunkten betrachtet werden:

- Benutzung (Blick auf das System),
- Analyse (Blick in das System) und
- Änderung (Wartung des Systems).

Abbildung 3 veranschaulicht die Sichtweisen und Zusammenhänge.

- Wir sehen die Systemoberfläche,
- wir erkennen seine Funktionen
- wir erfassen die Schnittstellen
- wir bemerken Teilsysteme

- Wir erkennen die Bausteine des Systems,
- wir erkennen die Verwendung vorgefertigter
Programmbausteine
- wir sehen programmtechnische Details

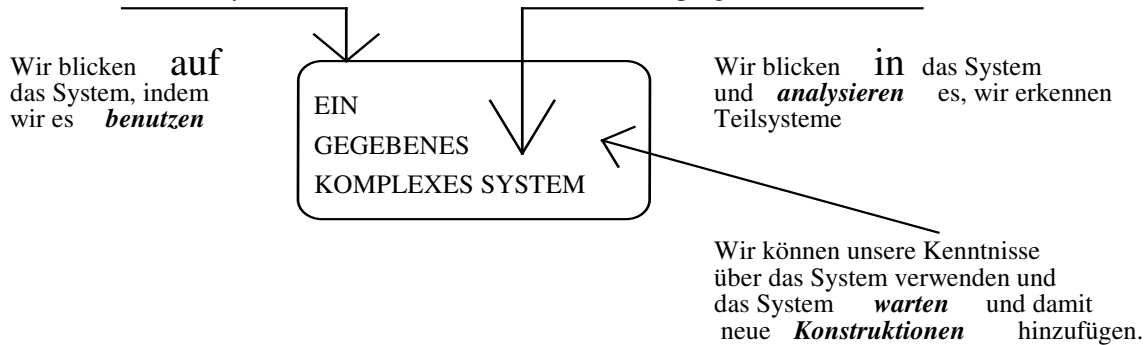
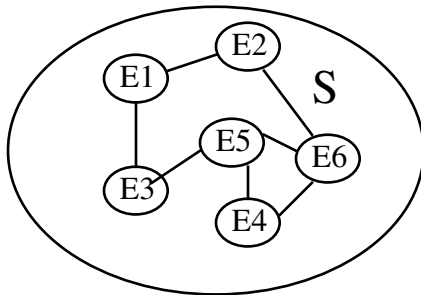


Abb.3: Sichtweisen für komplexe Systeme

Bevor näher auf die Rolle komplexer Systeme im Informatikunterricht eingegangen wird, sollen noch einige Hintergrundinformationen zum Systemdenken und zur Modellbildungen dargestellt werden.

Systemdenken und Modellbildung

Ein System S ist eine Menge von Elementen E_j , die durch Beziehungen miteinander verbunden sind und gemeinsam einen bestimmten Zweck erfüllen.



Das System S besteht aus den Teilsystemen E1 bis E6. Diese sind durch Beziehungen miteinander verbunden.

Abb 4.: System und Teilsysteme

Ein Problem ist die Differenz zwischen dem, was vorhanden ist (dem IST), und einer Vorstellung von der Lösung des Problems (dem SOLL).

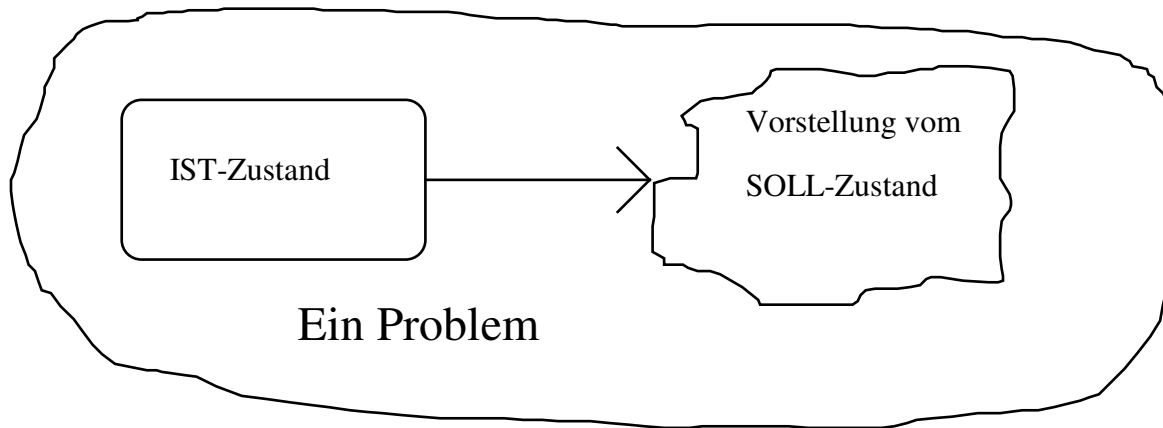


Abb.4

Das Systemdenken ist eine Denkweise, um komplexe Probleme einer Lösung zuzuführen.

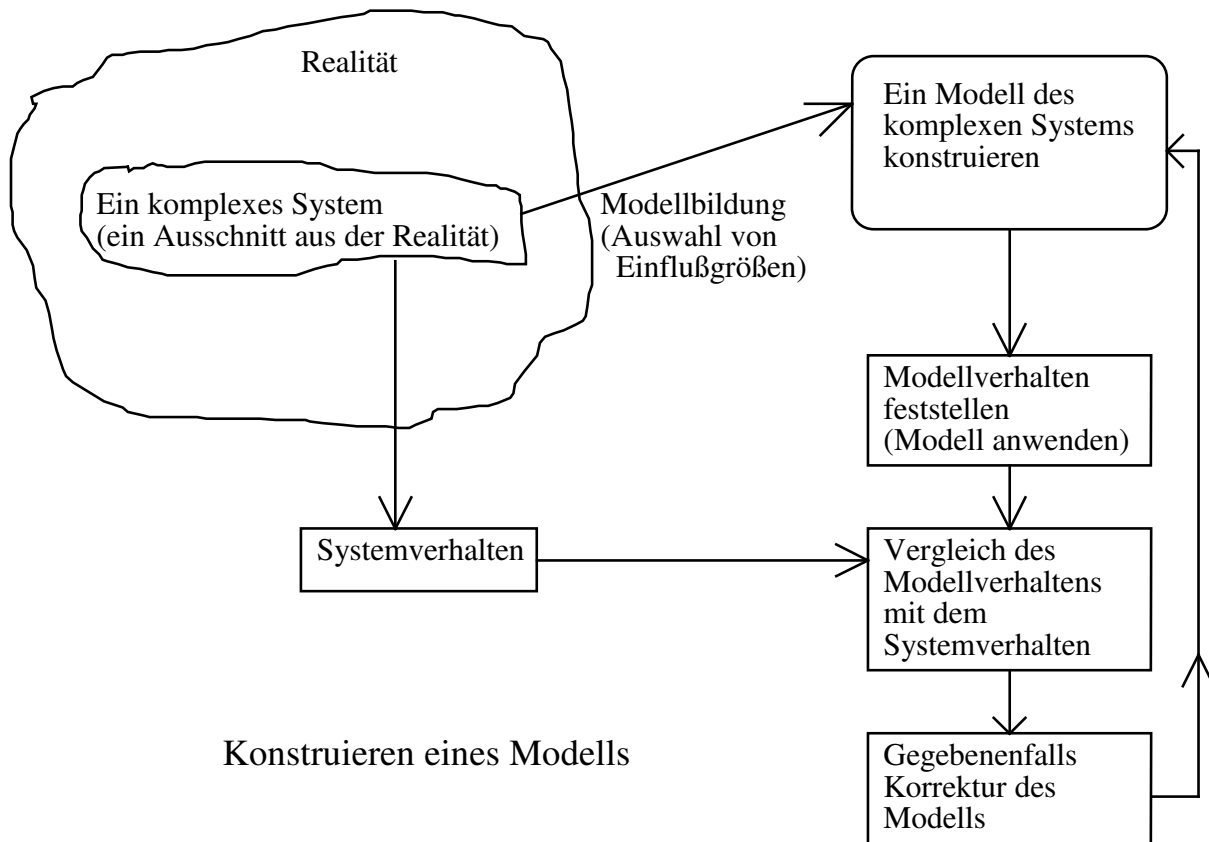
Ein System bearbeitet eine wohldefinierte Menge von Aufgaben. Man kann ein solches System in der Regel charakterisieren durch

- sein von außen sichtbares Verhalten
- seine innere Struktur
- seine Eigenschaften

Bei geschlossenen Systemen wird sein Verhalten nicht von außen beeinflusst. Ist das der Fall, spricht man von offenen Systemen.

Ausschnitte aus der Realität beschreiben

In den Naturwissenschaften und der Technik dienen häufig Experimente dazu, Informationen zur Bestätigung oder Widerlegung von Hypothesen zu gewinnen. Modelle werden dagegen oft zur Lösung von Aufgaben eingesetzt, deren Durchführung am Original selbst nicht möglich oder zu aufwendig ist. Auch der Erstellung des Systems LOTTO ging eine Modellbildung voraus.



Konstruieren eines Modells

Abb.6: Modellieren

In den Naturwissenschaften und der Technik dienen häufig Experimente dazu, Informationen zur Bestätigung oder Widerlegung von Hypothesen zu gewinnen. Modelle werden dagegen oft zur Lösung von Aufgaben eingesetzt, deren Durchführung am Original selbst nicht möglich oder zu aufwendig ist. Auch der Erstellung des Systems LOTTO ging eine Modellbildung voraus.

Wir kehren zu Abbildung 2 zurück, zur Gedankensammlung, die das komplexe System "ZAHLENLOTTO" beschreibt. Für einen Ausschnitt aus dem System steht ein in Turbo-Pascal 6 programmiertes (und auch schon recht komplexes) Teilsystem LOTTO zur Verfügung, das die Bereiche *Tippen*, *Ziehung*, *Auswertung* umfaßt.

Das Programm LOTTO beschreibt damit ein Teilsystem. Es faßt mehrere Komponenten zu einem Ganzen zusammen. Die Komponenten bearbeiten wohlbestimmte Aufgaben, die u.a. im Menü des Programmsystems deutlich werden.

Im Informatikunterricht interessieren uns an komplexen Systemen die Aspekte

- **benutzen, anwenden (die Sicht von außen auf das System)**
- **analysieren (der Blick in das System)**
- **konstruieren (der Bau eines neuen Systems)**
- **warten (die Anpassung eines vorhandenen Systems an neue Aufgaben)**

Der Zweck eines Softwareprodukts besteht in seiner Anwendung für von ihm verlangte Aufgaben. Schon die Anwendung und die Dokumentation verraten uns viel von dem Leistungsumfang des Systems, so daß wir damit schon den Anfang einer Systemanalyse vollzogen haben. Durch das Hineinsehen in das System (aus welchen Bausteinen besteht es, wie sind die Datenstrukturen, wie wurden die Teilprobleme programmiert ...?) setzen wir die Analyse fort. Diese Kenntnisse können wir nutzen, um das System an möglicherweise veränderte Gegebenheiten anzupassen, es zu warten.

Als Beispiel betrachten wir einige Menüs des Programms LOTTO.

<table border="1"> <tr> <td>H A U P T M E N U E</td> </tr> </table>	H A U P T M E N U E
H A U P T M E N U E	
<pre> 1 Tippen, von Hand oder Computer 2 Ziehung u. Vergleich mit Tip 3 Statistik..... 4 Anleitung, Hilfen..... 5 Abbruch (Quit)..... </pre>	
<p>Bitte mit dem Cursor auswählen!</p>	

An dem Hauptmenü des Lottosystems erkennen wir die hauptsächlichen Funktionen Tippen, Ziehung, Auswertung (Statistik). Nach Aufruf von Option 1 können wir u.a. Tips von Hand eingeben:

Eine Option mit der Cursor (auf/ab)-Taste wählen und die RETURN-Taste drücken!				
HILFE	COMPUTERTIPS	HANDEINGABE	TIPS ANSEHEN	ZUM HAUPTMENÜ

<table border="1"> <tr> <td>L O T T O</td> </tr> <tr> <td>6 aus 49</td> </tr> </table>	L O T T O	6 aus 49																																																										
L O T T O																																																												
6 aus 49																																																												
<table border="1"> <tr> <td colspan="10">L O T T O S C H E I N</td> </tr> <tr> <td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td> </tr> <tr> <td>11</td><td>12</td><td>13</td><td>14</td><td>15</td><td>16</td><td>17</td><td>18</td><td>19</td><td>20</td> </tr> <tr> <td>21</td><td>22</td><td>23</td><td>24</td><td>25</td><td>26</td><td>27</td><td>28</td><td>29</td><td>30</td> </tr> <tr> <td>31</td><td>32</td><td>33</td><td>34</td><td>35</td><td>36</td><td>37</td><td>38</td><td>39</td><td>40</td> </tr> <tr> <td>41</td><td>42</td><td>43</td><td>44</td><td>45</td><td>46</td><td>47</td><td>48</td><td>49</td><td></td> </tr> </table>	L O T T O S C H E I N										1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	
L O T T O S C H E I N																																																												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10																																																			
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20																																																			
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30																																																			
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40																																																			
41	42	43	44	45	46	47	48	49																																																				
<p>Beenden mit "*" ! Name :</p>																																																												

Ausgehend vom Hauptmenü können wir auch das Hilfemenü aktivieren.

<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">H I L F E - M E N U E</div>	
1.....Allgemeine Lottoregeln	
2.....Tippen	
3.....Ziehung	
4.....Statistik / Auswertung	
5.....Hauptmenue	
Geben Sie Ihre Wahl ein :	?

Damit dürfte deutlich geworden sein, daß bereits ein Blick auf die Benutzeroberfläche viel vom Aufbau des Systems verrät und eine nachfolgende Detailanalyse erleichtert.

3. Komplexe Systeme als fundamentale Idee im Informatik-Lehrplan

Die möglicherweise wichtigste fundamentale Idee in dem neuen Berliner Rahmenplan zum Fach Informatik (1994 in Kraft getreten) ist die der komplexen Systeme.

Überblick über die Struktur des Rahmenplans - Grundkurs 3 Std./Wo. (die Zahlen in Klammern geben die in etwa vorgesehene Stundenanzahl an)

1. Unterrichtsjahr: EINFÜHRUNG IN DIE INFORMATIK

Komplexe Systeme benutzen, analysieren,	Weitere Inhalte,
konstruieren	möglichst integra-
	tiv unterrichten
+-----+	+-----+
1.1 Analyse eines dokumentierten Systems	2. Anwendungen und
(10)	Auswirkungen der
- Systemstruktur erkennen	Datenverarbeitung
- Programmstruktur erkennen	(Bürokommuni-
- Arbeitsweise im Editor lernen	kation) (20)
- wiederverwendbare Tools finden	
- kleine Wartungsarbeiten mit Lehrerhilfe	
* Komplexes System benutzen, analysieren	3. Rechner-
	organisation (10)
1.2 Konstruktion von Teilalgorithmen zu	
Anwendungsfällen (35)	4. Entwicklungsgeschichte
- mäßig komplexe Anwendungsfälle	der Datenver-
- Verwendung von Tools	arbeitung (5)
- starke Lehrerhilfe	
- weitere Grundlagen der	
Programmiersprache erlernen	
* Konstruieren mit starker Lehrerhilfe	
+-----+	+-----+

2. Unterrichtsjahr: GRUNDLAGEN GROßER PROGRAMMSYSTEME

1. Konstruktion eines Programmsystems zur Dateiverwaltung (30) - "Kurzprojekt", Lehrerhilfe - "Mini-Software-Lifecycle" - arbeitsteilige Konstruktion - Verwendung von Tools * Ein komplexes System mit Lehrerhilfe konstruieren	2. Anwendung eines relationalen Datenbanksystems (10) 3. Auswirkung des Einsatzes von Datenverarbei- tungsanlagen (10) 4. Spezielle Algo- rithmen in typi- schen Anwendungs- situationen (30)
--	--

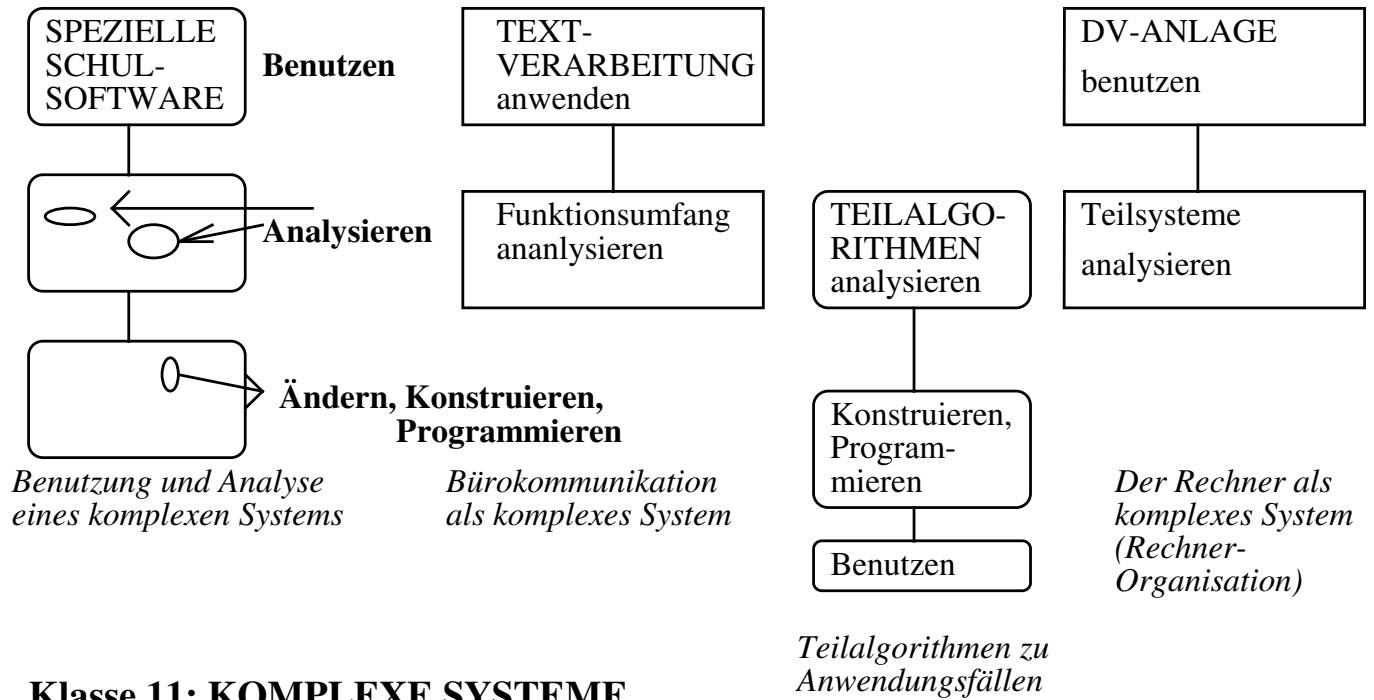
3. Unterrichtsjahr: SOFTWARE-PROJEKT	VERTIEFUNGSGEBIET
A Neues Projektthema B Fortführung eines früheren Projektes C Wartung eines Softwareprodukts - Methoden und Probleme des Software-Engineering (-Reengineering) - Software-Lifecycle - Verwendung von Tools * Ein komplexes System weitgehend selbständig konstruieren (40)	A Theoretische Informatik (Automaten) B Deklarative Konzepte C Datenbanken D Computergrafik (Rest)

Eine detailliertere Untersuchung zeigt, wie die Idee der komplexen Systeme in den verschiedenen Unterrichtsjahren im Lehrplan wiederkehrt.

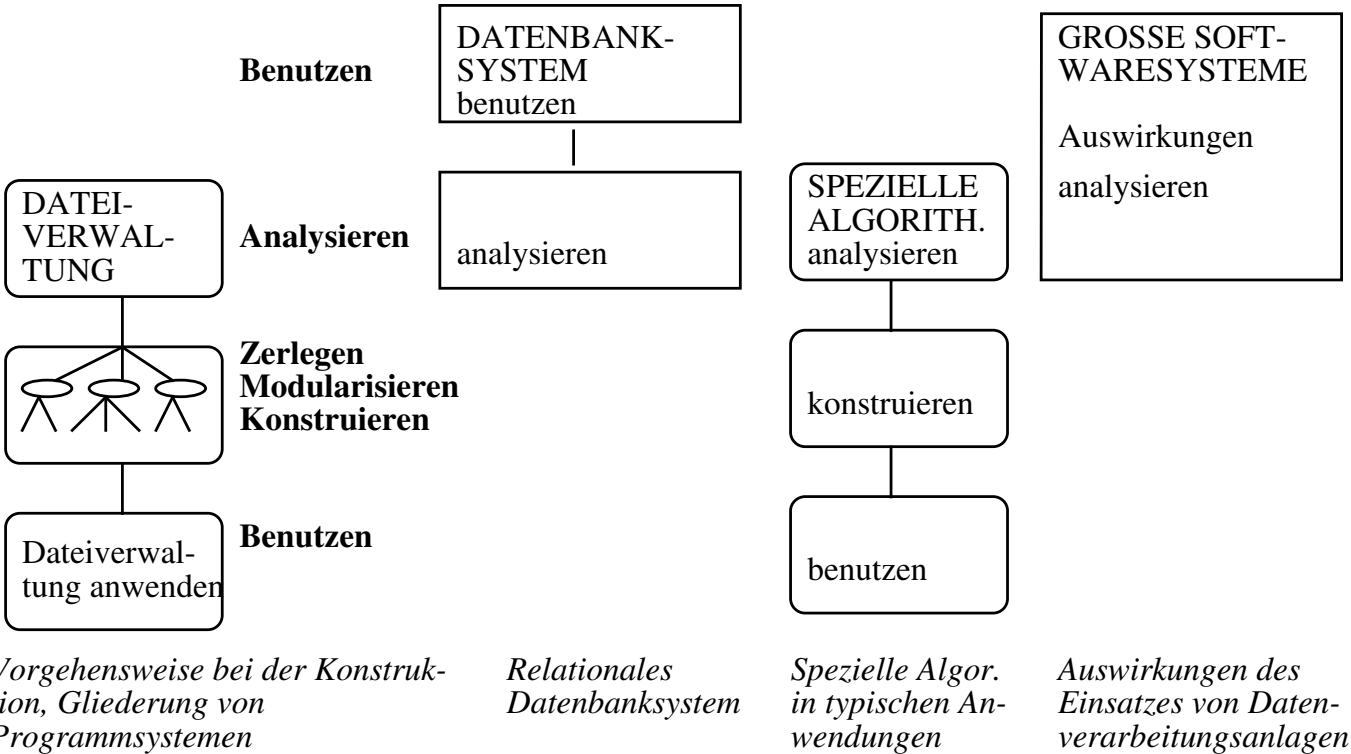
In Klasse 11 kann man die Lerninhalte gemäß der Leitlinie "Benutzen - Analysieren - (Ändern)" wie in Abbildung 7 dargestellt interpretieren. Dabei lassen sich auch die Bürokommunikation und der Computer selbst als komplexe Systeme auffassen.

In Klasse 12 wird die Leitlinie besonders bei der Konstruktion eines Programmsystems zur Dateiverwaltung, aber auch in der Unterrichtseinheit über Datenbanksysteme und deutlich. Die häufigen Hinweise auf die Einbettung von zu betrachtenden Algorithmen in Anwendersysteme sollen vermeiden, daß kleine Programme erstellt werden, die für sich gesehen, fast nutzlos sind. Vielmehr sollen die Algorithmen im Prinzip auch immer in größeren Systemen eine Rolle spielen können.

Das in Klasse 13 vorgesehene Projekts ruft von vornherein nach einem komplexen Anwendungsfall, um die typischen Arbeitsweisen im Projektverlauf verwirklichen zu können.

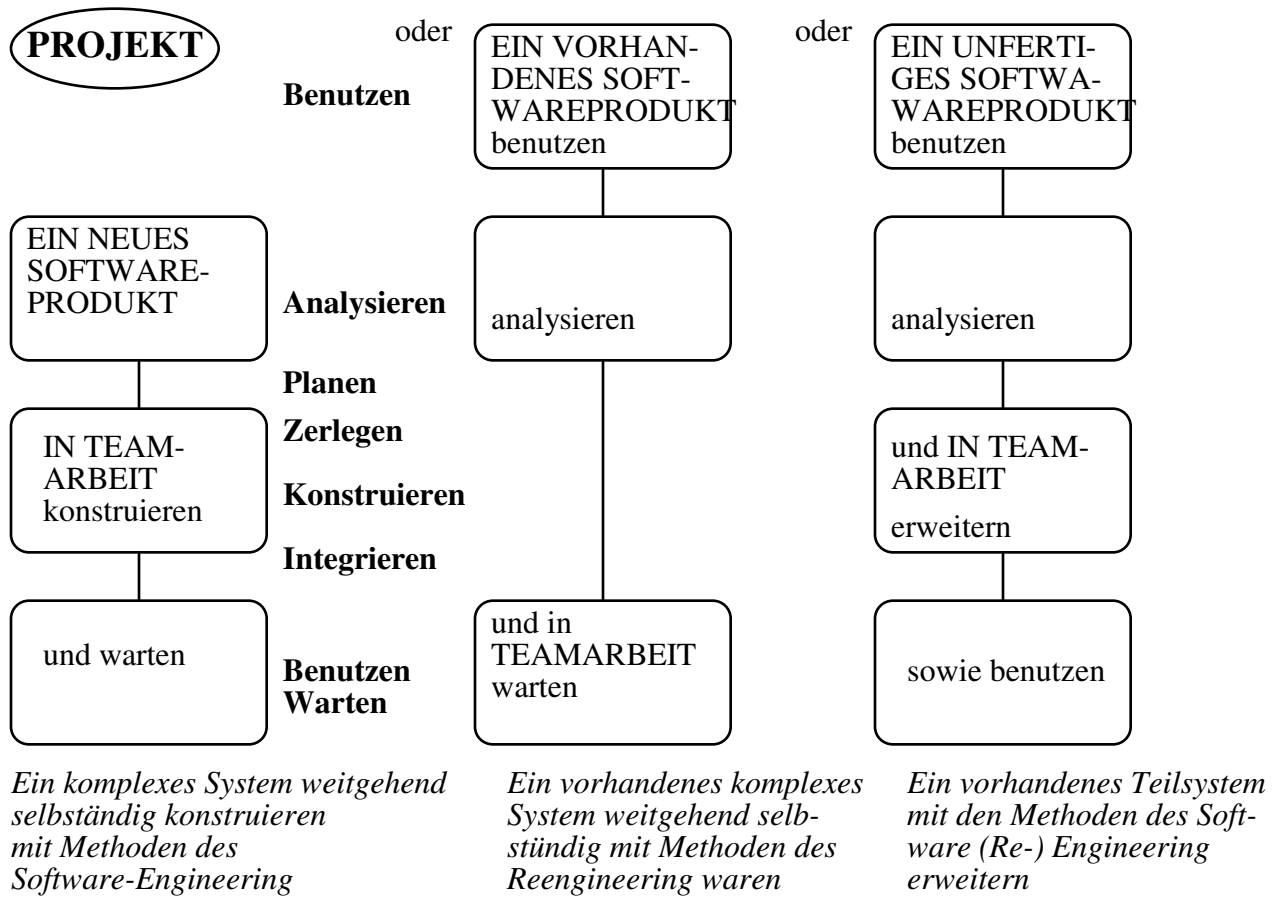


Klasse 11: KOMPLEXE SYSTEME als fundamentale Idee



KLASSE 12: KOMPLEXE SYSTEME als fundamentale Idee

Abb.7: Komplexe Systeme im Informatik-Lehrplan Klasse 11 und 12



KLASSE 13: KOMPLEXE SYSTEME als fundamentale Idee

KOMPLEXE SOFTWARESYSTEME mit ingenieurmäßigen Methoden konstruieren oder warten

Abbildung 8: Komplexe Systeme in Klasse 13

Ein Beispiel für die Realisierung der fundamentalen Idee

Die "Spirale" in Abbildung 9 zeigt, wie im Verlauf des Informatikunterrichts immer wieder die Idee der komplexen Systeme zurückgegriffen wurde.

Anfangsunterricht (Klasse 11)

Die erste Unterrichtseinheit von ca. 10 Stunden bestand aus der Benutzung und Analyse sowie geringfügigen Änderungen des fertig programmiert vorliegenden Spiels GOBANG (abwechselnd Steine setzen, 5 Steine nebeneinander in einer Reihe - Zeile, Spalte, Diagonale - bringen den Gewinn). Vom Umfang und den Funktionen her erscheint den Schülern dieses Spiel durchaus als ein komplexes System, zumal es zwei Spielversionen gibt. Gleichzeitig werden die Schüler beim Analysieren von Spieloberfläche und Programm in Prinzipien des strukturierten Programmierens eingeführt. Das Spiel - programmiert in Projektarbeit von einem früheren Informatikkurs- benutzt fertige Bausteine und Hilfsprogramme für die Oberflächengestaltung.

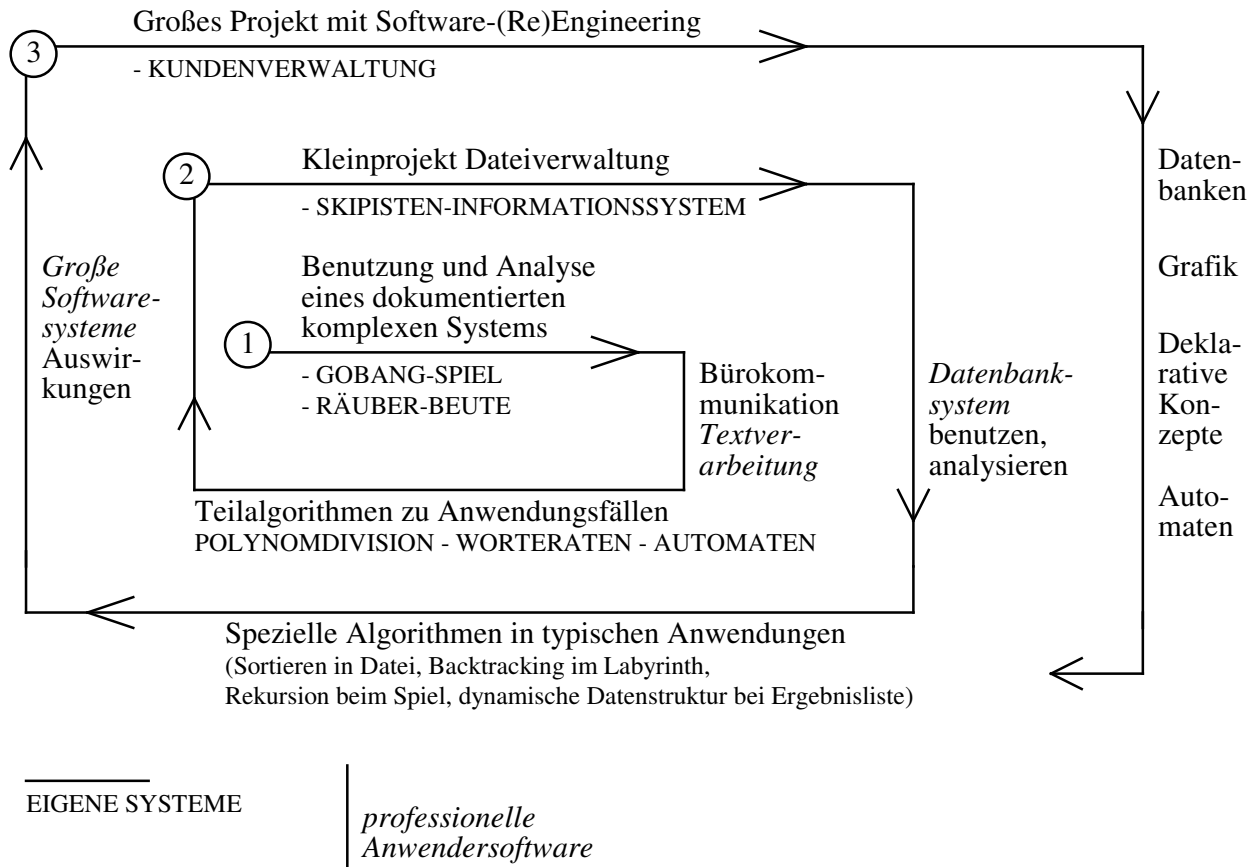


Abb.9: Komplexe Systeme und Spiralprinzip

Auf diese Erfahrungen aufsetzend, werden Teilalgorithmen zu weiteren Anwendungsfällen (ca. drei Fälle) konstruiert, wobei stets geachtet wird auf

- ein Vertrautmachen mit dem Anwendungsfall,
- die mögliche Einbettung solcher Algorithmen in den komplexen Anwendungsfall,
- die Verwendung schon bekannter oder auch neuer Bausteine.

Damit wird erreicht, daß die Schüler die Informatik nicht in isolierten Häppchen kennenlernen, sondern stets einen Bezug zu übergeordneten Fragestellungen sehen.

Quasi nebenbei erlernen die Schüler den Umgang mit dem Editor und Grundlagen der Programmiersprache, häufig durch "Nachmachen" von Ideen aus vorhergehenden Anwendungsfällen.

Auch die Unterrichtseinheit "Bürokommunikation" kann unter dem System-Gesichtspunkt betrachtet werden. Man stelle sich hier etwa eine ähnliche Fragestellung und Darstellung vor wie für das obige Lotto-System. In Zeitungen und Zeitschriften finden sich gerade zum Thema "Büro" häufig Ausführungen, die den Systemcharakter hervortreten lassen.

Das zweite Unterrichtsjahr (Klasse 12)

Ein kleines Projekt, bei dem der Lehrer noch häufig Hilfestellung leistet, dient der ersten Erarbeitung von Projektmethoden und der Bereitstellung von Konzepten für die Konstruktion umfangreicherer Systeme (Prozedurkonzept, Modulkonzept, Bausteinverwendung, Qualitätsanforderungen usw.). Durch die Anbindung an das Thema "Dateiverwaltung" wird der Anwendungsbezug erneut gesichert, zumal Zusammenhänge mit der außerdem vorgesehenen Unterrichtseinheit "Datenbanken" genutzt werden können. Das Thema "Auswirkungen großer Softwaresysteme" leitet über zur eigentlichen Projektarbeit.

Das dritte Unterrichtsjahr (Klasse 13) - Projektarbeit

Die Bearbeitung komplexer Systeme ist nur in Team möglich, so daß nun folgerichtig Projektarbeit eingesetzt wird. Dabei kann es sich um die Konstruktion eines neuen Produkts (Software-Engineering) oder um die Wartung eines vorhandenen Produkts (Reengineering) jeweils unter Zugrundelegung des Software-Lifecycle, angereichert mit der Methode des Prototyping, handeln.

Hierbei wird deutlich:

Komplexe Probleme erfordern die Arbeit im Team. Die Vermittlung von Projekt-Methoden von der Anforderungsdefinition bis hin zu den Aufgaben des Projektmanagements wird nun zu einem wesentlichen Ziel des Unterrichts. Dieses Ziel leistet gleichzeitig einen Beitrag zu den für die spätere Berufspraxis wichtigen Schlüsselqualifikationen.

Auf die Idee der Projektarbeit im Informatikunterricht kann in diesem Beitrag nicht weiter eingegangen werden. Über die guten Erfahrungen mit dieser Arbeitsform wird in verschiedenen Aufsätzen in der Informatik-Zeitschrift LOGIN berichtet. Weiterhin wird verwiesen auf das Buch "Projektarbeit im Informatik-Unterricht" (E.Lehmann, Teubner-Verlag 1985).

4. Komplexe Systeme beherrschen

Komplexe Systeme sind in der Regel schwer durchschaubar und erfordern vernetztes Denken. Wir benötigen daher für die Schule besondere Vorgehensweisen, die das Eindringen in die Zusammenhänge erleichtern. Es kommt darauf an

- den vorliegenden Anwendungsfall zu verstehen,
- ggf. den Umfang des betrachteten Systems zu verringern,
- das System in Teilsysteme zu zerlegen,
- das System zu strukturieren,
- den Schwierigkeitsgrad zu verringern,
- geeignete Organisationsformen anzuwenden,
- vernetztes Denken zu trainieren.

Beispielsweise ergeben sich bei der Betrachtung des Lottoschein-Systems von Abbildung 2 zahlreiche Ansatzpunkte für die **Zerlegung in Teilsysteme** und damit auch für die Initialisierung von Projekten - übrigens nicht nur informatorischer, sondern auch

mathematischer, gesellschaftswissenschaftlicher oder noch anderer Natur -, die immer noch eine nicht geringe Komplexität aufweisen. Hierzu einige Ansätze:

Projekte, abgeleitet aus dem komplexen System LOTTO (Abb.2)

- Statistische Untersuchungen zum Zahlenlotto (Mathematik)
- Erfassung personenbezogener Daten beim Zahlenlotto (Gesellschaftswissenschaft)
- Datenschutz und Datensicherheit beim Zahlenlotto (Informatik)
- Lottoziehung und Datenauswertung (Informatik)
- Gewinnwahrscheinlichkeiten (Mathematik)
- Gesellschaftliche Relevanz von Zahlenlotos und anderen Lotterien (Gesellschaftswissenschaft)
- Codierungsverfahren am Beispiel des Zahlenlotos (Mathematik)
- Bedeutung von Glücksspielen für die öffentliche Hand (Gesellschaftswissenschaft)
- Vergleich des Zahlenlotos mit anderen Lotterien (Mathematik)

Besonders erwünscht sind dabei wegen der fachübergreifenden Aspekte auch Verknüpfungen zwischen den genannten Themen zu weiteren Projekten.

Das Arbeiten mit komplexen Systemen erfordert auch besondere Formen der Ergebnissicherung. Im Verlauf der Arbeit muß an geeigneten Stellen von den Teilnehmern über den jeweiligen **Arbeitsstand** berichtet werden, Inhalte sind lokal zu ordnen. Die wichtigsten **Ergebnisse sind jeweils zusammenzufassen und zu strukturieren sowie ggf. global einzuordnen.** Das gilt insbesondere auch für Inhalte, die zu den Grundlagen der Informatik gehören oder von denen man annehmen kann, daß sie später **wiederverwendbar** (z.B. wiederverwendbare Bausteine) sind.

Unterrichtsansätze über komplexe Systeme ermöglichen eine konsequente Ausnutzung von Schülerkompetenz

Offene Unterrichtseinstiege, etwa über komplexe Problemstellungen, die auch fächerübergreifende Aspekte in Betracht ziehen, erreichen weit mehr Schüler als das bei engen, streng an ein Fach angelehnten Problemen der Fall ist!

Damit ist für den Unterricht zumindest in der Phase des Ideensammelns (brainstorming) mehr Schülerkompetenz vorhanden. Durch geschickte Steuerung des Lehrers geht es nun darum, dieses Anfangsinteresse für die **längerfristige Motivation** und damit auch für die fachlichen Lernziele zu nutzen. Das kann nicht erreicht werden, indem man sich sofort auf die innerfachlichen Aspekte zurückzieht, sondern auch einmal Ideen verfolgt, die fächerübergreifend sind. Dadurch darf man sich erhoffen, mehr Schüler als gewöhnlich auch für den fachspezifischen Anteil am Gesamtproblem zu interessieren.

Bei einem derartigen Ansatz zeigt sich erfahrungsgemäß immer wieder, daß eine breite **Schülerkompetenz für die verschiedensten Bereiche** vorliegt. Diese gilt es auszunutzen, indem man sie im Unterricht allen Beteiligten zur Verfügung stellt. Der Schülerspezialist bringt sein Wissen ein im Unterrichtsgespräch, in Form eines Vortrags, bei der Partnerarbeit, durch Hilfestellung für andere Schüler(gruppen) usw. Der Schülerspezialist wird zum "Hilfslehrer" - in Bereichen, in denen dem Lehrer Kompetenz

fehlt, aber auch in Bereichen, in denen er diese Kompetenz durchaus hat! Der Lehrer muß ja aus pädagogischen Gründen nicht alles von sich geben, was er zu dem Thema weiß! **Steuerung des Unterrichts durch die Schüler bedeutet gleichzeitig mehr Motivation der Schüler!**

Die fundamentale Idee "Arbeiten mit komplexen Systemen" erweist sich als außerordentlich fruchtbar für den Unterricht im Fach Informatik. Komplexe Systeme sind meistens auch fächer- und gebietsübergreifend. Damit können diesbezügliche Ansätze des Informatikunterrichts auch für den Unterricht anderer Schulfächer wichtige Impulse geben.

5. Komplexe Systeme im Unterrichtsfach Mathematik

Die Überlegungen zum Informatikunterricht, insbesondere die Aspekte

- Betrachtung komplexer Systeme
- Modellbildung
- Zerlegung in Teilprobleme
- Projektunterricht

lassen sich auf den Unterricht in anderen naturwissenschaftlichen Fächern und auf den Mathematikunterricht übertragen und führen auch dort zu neuen Ansätzen. Die folgenden Abbildungen zeigen, wie man sich einen Unterricht unter Beachtung der genannten Aspekte vorstellen kann. Dabei beziehen sich die Überlegungen auf das Fach Mathematik.

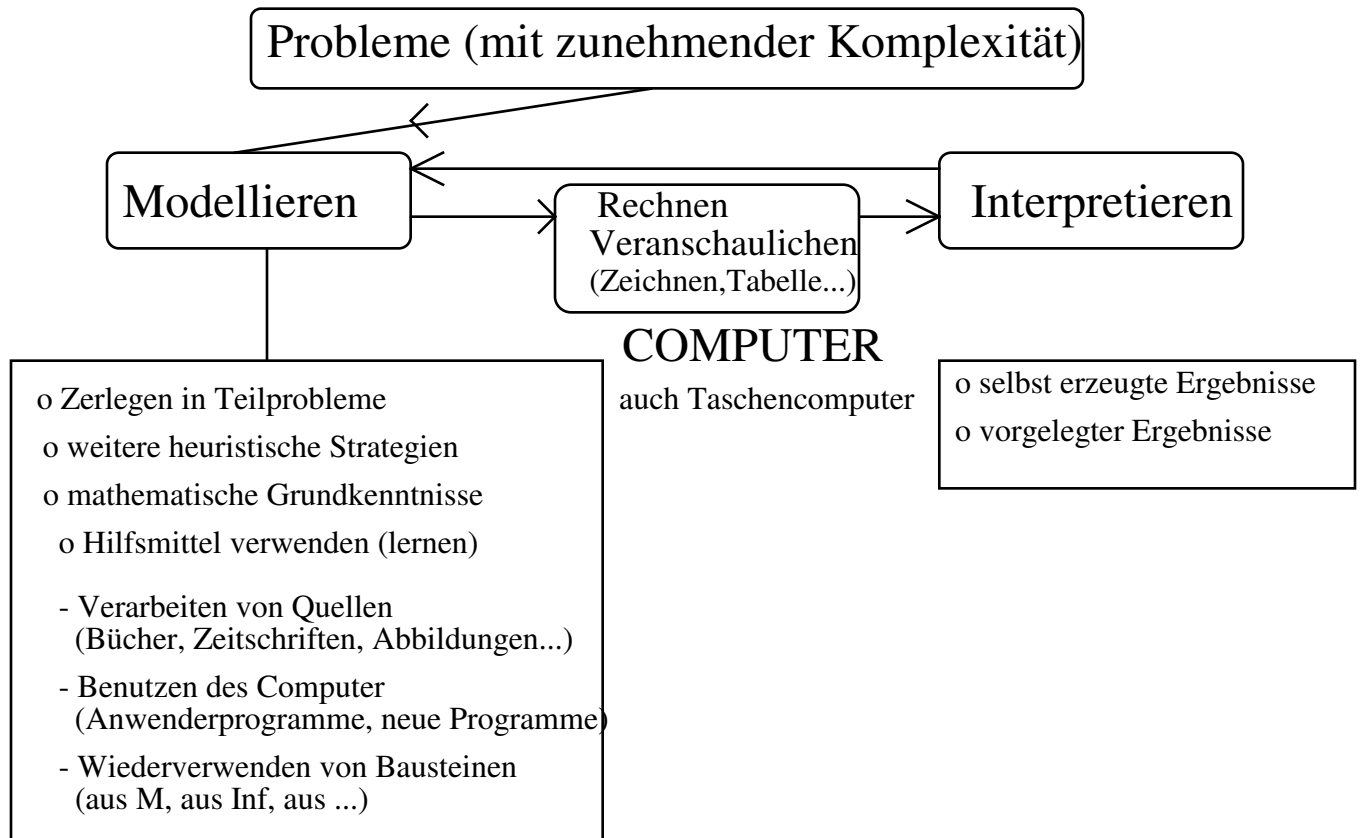


Abb.10: Mathe 2000

Angesichts der immer weiter verbreiteten graphischen Taschencomputer, die bald auch mit Modulen zum symbolischen Rechnen ausgestattet sein werden, und den vielen für Personalcomputer zur Verfügung stehenden Mathematikprogrammen steht der zukünftige Mathematikunterricht vor einer großen Herausforderung.

Die Antwort auf die Herausforderung

Viel weniger rechnen und zeichnen - was nun ?

wird heißen müssen

Mehr modellieren - mehr Material und vom Rechner erzeugte Ergebnisse und Zeichnungen interpretieren - mehr Mathematik verstehen.

Mit zunehmenden Modellbildungsprozessen geraten damit auch im Mathematikunterricht komplexe Systeme immer mehr in den Blickpunkt. Ausschnitte aus diesen Systemen lassen sich modellieren und weiter bearbeiten und führen damit zu einem anderen Mathematikunterricht, der sich nicht mehr in erster Linie an Algorithmen orientiert. Ein Zitat aus einem Schreiben an eine Schulbehörde bezüglich vorzulegender Abituraufgaben verdeutlicht die neuen Ansätze:

"Die in diesen Abiturvorschlägen vorgelegten Aufgaben tragen den neueren Entwicklungen des Mathematikunterrichts Rechnung, so wie es in dem laufenden Unterricht auch geschehen ist. Diese Entwicklungen sind gekennzeichnet durch

Zurückdrängung von Handrechnungen zugunsten

- eines verständnisvollen Computereinsatzes
- stärkerer Berücksichtigung von Modellbildungen bzw. mathematischen Ansätzen
- der Auswertung vorgelegten Materials
- der Interpretation von Ergebnissen
- von Fragen zum Hintergrundverständnis der Mathematik und anderer Sachverhalte

Langweilige Kurvendiskussionen, stumpfsinnige Lösung von Gleichungssystemen, Kaskaden von "Schnittaufgaben" und die anspruchslose Abarbeitung anderer Algorithmen wird man vermissen. Da die Schüler jedoch die oben genannten Aspekte im Unterricht und in vorhergehenden Klausuren erlebt haben, sind sie an die anderen Ansprüche gewöhnt und benötigen keine formalen Handrechnungen, um zu Erfolgen zu gelangen. Damit muß auch manch eine vertraut gewordenen Einschätzung des Anspruchsniveaus bezüglich von **Modellbildung - Rechnung/Zeichnung - Interpretation** neu überdacht werden!"

Für den Unterricht mit komplexen Problemen gilt **Abbildung 11**.

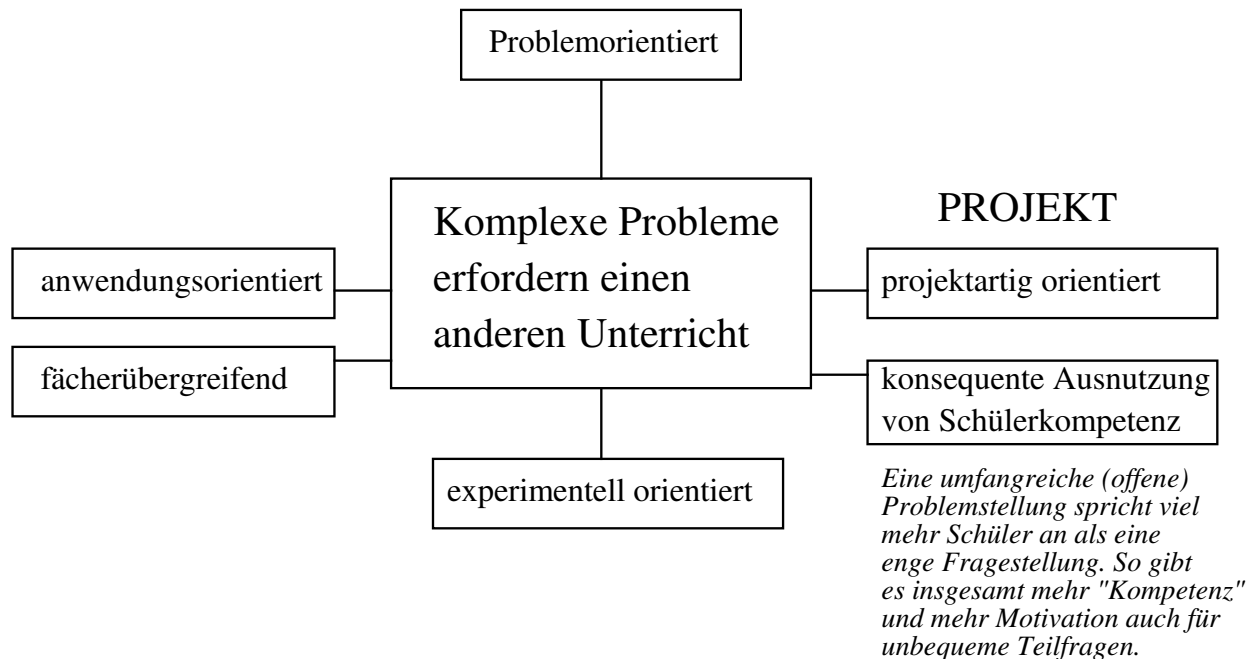
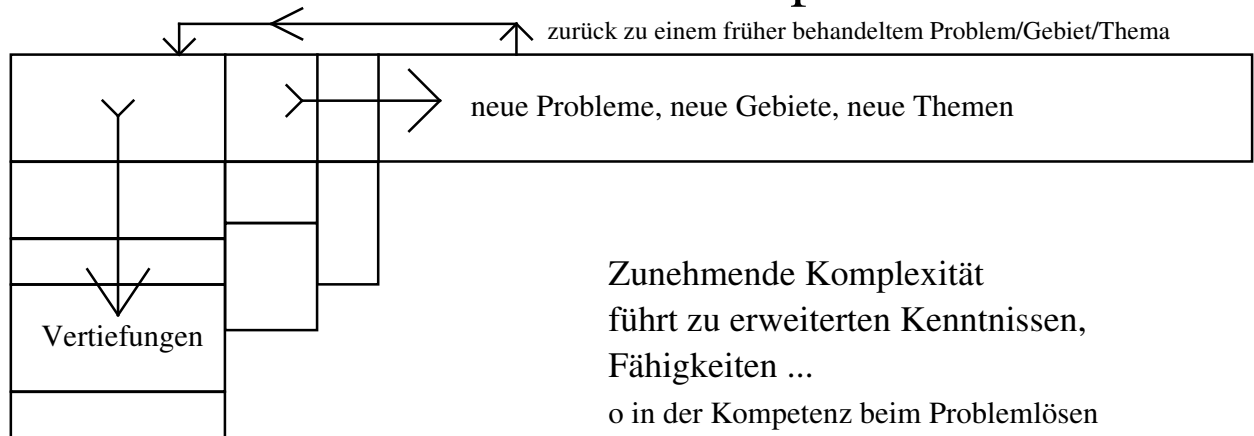


Abb.11: Komplexe Systeme erfordern einen anderen Unterricht

Zunehmende Komplexität



Zunehmende Komplexität

führt zu erweiterten Kenntnissen,
Fähigkeiten ...

o in der Kompetenz beim Problemlösen

o im jeweiligen Unterrichtsfach

o in Computerbenutzung

o ...

o in vielen Sachgebieten

o und zu immer mehr vernetztem Denken

Abb.12: Zunehmende Komplexität

Zur Kompetenz beim Problemlösen gehört auch ein verständiger Computereinsatz!

Verständiger Computereinsatz bedeutet u.a.:

- Auswahl eines geeigneten Anwenderprogramms (oder sogar mehrerer Programme)
- zielgerichtetes Arbeiten
- Durchführen passender Eingaben
- Sinnvolle Reaktion auf die Ausgaben
- planmäßiges Auswählen und Dokumentieren von Ergebnissen
- und möglicherweise auch einmal das Konstruieren eines kleinen Programms (wenn möglich mit Hilfe passender Bausteine!)

Der Computereinsatz im Mathematikunterricht ermöglicht u.a. eine verstärkte Berücksichtigung der Phasen "Modellieren" und "Interpretieren", wodurch sich der Anspruch dieser Phasen an den Schüler allmählich verringert!

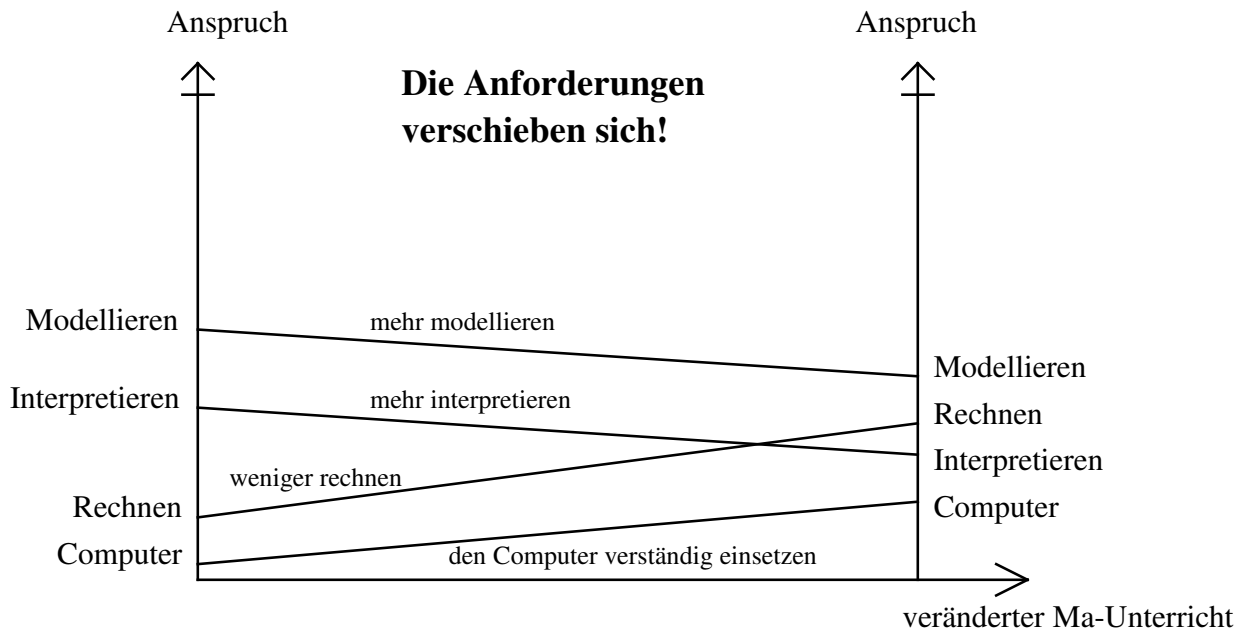


Abb.12: Ansprüche an einen veränderten Mathematikunterricht

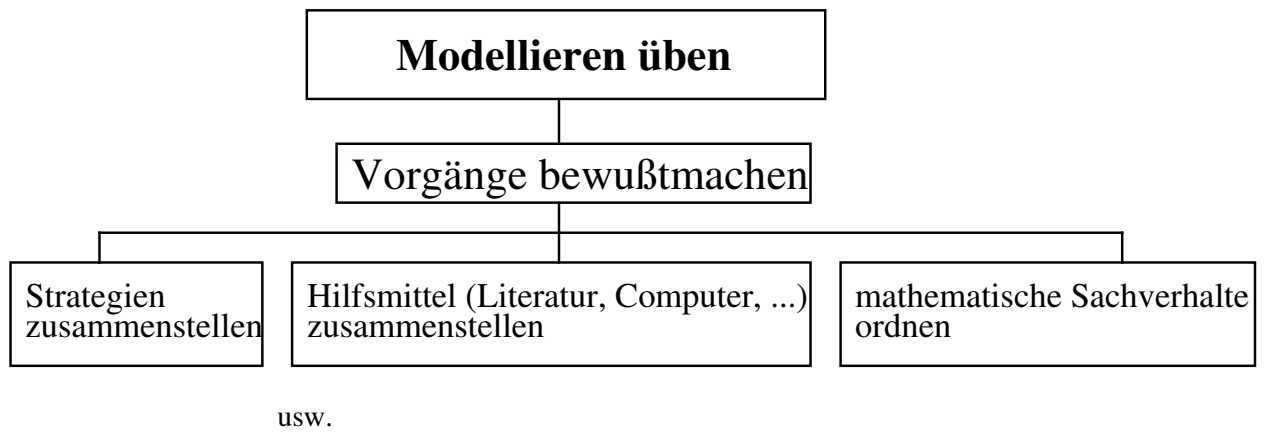


Abb.13: Modellieren üben

Zusammenfassung

Die obigen Überlegungen zum Informatikunterricht und zu einer Neugestaltung des Mathematikunterrichts zeigen, daß das "Arbeiten mit komplexen Systemen" in verschiedenen Fächern eine fundamentale Idee von erheblicher Tragweite sein kann. Für die Informatik erweisen sich diese Ansätze - wie oben nachgewiesen - als besonders tragfähig, sowohl für die Didaktik des Faches, als auch für neu methodische Umsetzungen im Unterricht.

Literatur:

Aus der Reihe "Analyse - Konstruktion- Wartung komplexer Software:

- Lehmann,Eberhard: Projekte im Informatik-Unterricht (Software-Engineering), Dümmler-Verlag, Bonn, Frühjahr 1995
- ders.: Programmieren in Turbo-Pascal mit Bausteinen, Dümmler-Verlag, Bonn 1994