

Computerwissenschaften

Von Niklaus Wirth

Im vergangenen August wurden an der Universität Zürich eine Professur für Computerwissenschaften und an der ETH deren drei geschaffen, die unter der Bezeichnung «Fachgruppe Computerwissenschaften» in der Abteilung für Mathematik und Physik ihren Platz innerhalb der bestehenden akademischen Struktur fanden. Angesichts der ständig wachsenden Bedeutung dieses Wissenschaftszweiges haben wir uns entschlossen, die Antrittsvorlesung von Prof. Niklaus Wirth in drei thematisch getrennten Teilen zu veröffentlichen. Die Rede, am 14. Dezember in der Aula der Universität Zürich gehalten, befaßt sich zunächst mit der Charakterisierung des neuen Faches, um im abschließenden Teil den Stand und die an der ETH geplante Ausbildung im Bereich der Computerwissenschaften darzulegen.

Technik oder Wissenschaft?

Die größten Schwierigkeiten bereitet bei der Institutionalisierung eines neuen Fachgebietes jeweils die Festlegung eines bezeichnenden Namens. So wurde der eigentlich treffendste Ausdruck *Datenverarbeitung* erwogen, wegen einer bestimmten kommerziellen Konnotation jedoch verworfen. Im französischen Sprachgebiet hat sich das Wort *Informatique* durchgesetzt, in Dänemark wurde die Bezeichnung *Datalogi* erfunden, und im Land, welches diese Sparte unrivalisiert dominiert, ist heute *Computing Sciences* oder *Computer Science* allgemein angenommen. Was versteht man unter diesen Namen? Führende Leute sind manchenorts bemüht, eine klare Definition zu finden. Die auseinanderstrebenden Vorschläge lassen bereits auf die Vielfalt des neuen Wissensgebietes schließen; eine kleine Auswahl sei hier mitgeteilt:

Die Kunst oder Wissenschaft, Probleme mit Hilfe des Computers zu lösen.

Die Technik oder Wissenschaft, Systeme zu ermitteln, welche gegebene Probleme algorithmisch lösen.

Das Studium der Computer.

Ohne Zweifel paßt «Computerwissenschaft» ausgezeichnet zur letzten Definition.

Zuerst stellt sich offenbar die Frage, ob die Bezeichnung «Wissenschaft» überhaupt gerechtfertigt ist und ob dieses Fach als eigene Disziplin zu betrachten sei. Letztere Frage ist in Anbetracht der Schaffung einer eigenen *Fachgruppe an der ETH* besonders relevant. Es fehlt denn auch nicht an kritischen Stimmen, welche diesen Themenkreis aufgegriffen und negativ beantwortet haben. Wir wollen uns hier gleich einige von ihnen anhören:

1. Das Entstehen von «Computer Science Departments» an Universitäten ist ein Beispiel dafür, wie eine *Art von Maschine* in den Rang einer *akademischen Disziplin* erhoben wird. In gleicher Weise könnten Abteilungen eingeführt werden für Eisenbahnen, Automobile und Television, alle drei technische Neuerungen, die ebenfalls die Welt revolutionierten.

2. Der Computer ist nur ein *Werkzeug wissenschaftlicher Arbeitsmethoden*. Analog dazu gibt es zum Beispiel die Elektronenmikroskopie, die Röntgenstrahlenbrechung und die Dampfphasenchromatographie, für die es keine akademischen Abteilungen gibt.

3. Eine akademische Disziplin basiert auf einer *zusammenhängenden und widerspruchsfreien Theorie*, welche vervollständigt wird durch eine Sammlung von analytischen Werkzeugen zu ihrer Anwendung. Die Computerwissenschaften stellen aber nur eine Technik ohne dazugehörige geschlossene Theorie dar. Sie sind eine heterogene Anhäufung von Rezepten und Faustregeln, entliehen aus der Mathematik, der Logik, der Elektronik usw.

4. Die Ausbildung von Computerbenutzern sollte von den Fachleuten der einzelnen Anwendungsgebiete vorgenommen werden und nicht einem Kader von Spezialisten überlassen bleiben.

aufzufassen. Die pragmatische Seite der Computerwissenschaft befaßt sich mit der Frage, wie Systeme mit Vorteil organisiert sein sollen, um durch bestehende Computer experimentell ausgewertet zu werden, und umgekehrt, wie Computer organisiert sein sollen, um Systeme von besonderem Interesse effizient zu verarbeiten. Die Computerwissenschaft teilt mit der Mathematik das Bestreben, eine vereinheitlichende, weit herum anwendbare Theorie zu entwickeln, und sie ist einer vielleicht noch verbreiteteren Anwendung als die der statischen Mathematik sicher. Darin unterscheidet sie sich von den erwähnten Gebieten wie Elektronenmikroskopie und Dampfphasenchromatographie. Die Ausarbeitung einer solchen vereinheitlichenden *Theorie der Symbolmanipulation oder Datenverarbeitung* gestaltet sich schwierig, ist heute aber in vollem Gang. Sie ist zudem, man darf dies ohne Übertreibung sagen, hochaktuell. Forsythe, Vorstand der Abteilung für Computerwissenschaften an der Stanford Universität, hat dies in seiner Einführungsrede zum IFIP-Kongreß 1968 in Edinburg wie folgt formuliert:

«Die Mathematik, welche in den nächsten zehn Jahren praktisch angewendet wird, ist mit vernachlässigbaren Ausnahmen seit mindestens 50 Jahren bekannt. Daher sind die mathematischen Erkenntnisse, welche in der nächsten Dekade erarbeitet werden, von geringem Wert für die Anwendungsgebiete in der näheren Zukunft. Im Gegensatz dazu schätze ich, daß die Erkenntnisse der Computerwissenschaft, welche in zehn Jahren weitherum angewendet werden, heute erst zur Hälfte bekannt sind.»

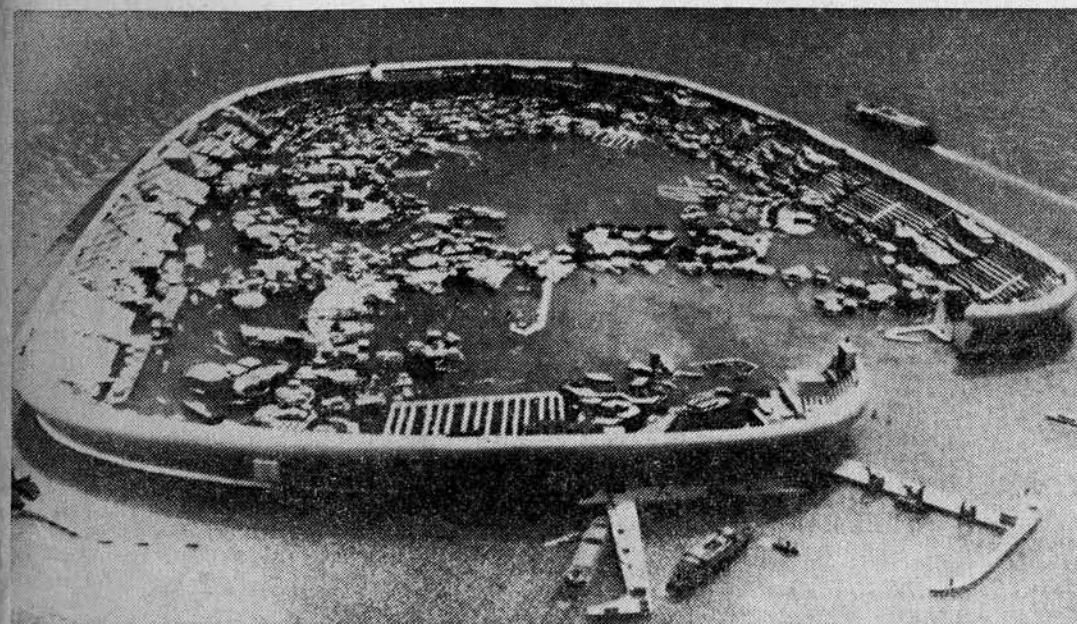
Damit ist das Argument, den Computerwissenschaften liege noch keine zusammenhängende Theorie zugrunde, zwar anerkannt, das Argument, die Existenz einer solchen Theorie sei Vorbedingung für die Anerkennung des Fachgebietes als akademische Disziplin, aber scharf kritisiert. Vor 50 Jahren waren schließlich weder Mathematik noch Medizin ein wohlfundiertes Wissensgebiet; man anerkannte damals in akademischen Kreisen nur Theologie und Latein.

Im weiteren ist damit auch auf den Einwand geantwortet worden, Computerwissenschaft solle nicht von einem Kader von Spezialisten, sondern von den Praktikern der einzelnen Anwendungsgebiete gelehrt werden. Es wäre unangebracht, die weitere Entwicklung und die Lehre eines Fachgebietes mit einer Anwendbarkeit, die so weit reicht wie die der Mathematik, einzig seinen Benutzern anheimzustellen. Hätte man die Entwicklung der Mathematik allein den Praktikern überlassen, so wäre sie heute in einen Wirrwarr von inkongruenten Methodologien ohne zusammenfassende Konzepte und Prinzipien ausgeartet. Dasselbe gilt für die Computerwissenschaften.

Teilgebiete der Computerwissenschaften

Statt der Zukunft wollen wir uns vorerst der Vergangenheit und der Gegenwart zuwenden. Inwiefern hat sich bereits eine Computerwissenschaft

Zukunftsstadt auf dem Meer



Die Aufnahme zeigt das Modell einer Meeresstadt, die von britischen Architekten und Ingenieuren bis in alle Einzelheiten entworfen wurde. Die «Sea City» wird 30 000 Menschen Wohn- und Arbeitsplatz bieten. Sie soll auf Pfeilern und Pontons im wenig tiefen Wasser vor der Küste errichtet werden. Die Länge der Siedlung beträgt 1400, die Breite 1000 Meter; nach außen wird das amphitheaterähnliche Bauwerk durch einen 55 Meter hohen Wall gegen Wind und Wellen geschützt. Die Verwirklichung des Projektes wird allerdings noch einige Zeit auf sich warten lassen.

von (in gewissem Sinne) einfacheren Automaten und die Schaffung weiterer Modelle (Automatentypen), welche bestimmte Probleme, die als wichtig oder typisch aus der Praxis herauswachsen, übersichtlicher oder unmittelbarer reflektieren.

Als Folge der letzteren Bemühungen gelang ein interessanter «Brückenschlag» zur *Theorie der formalen Sprachen*: Gewisse Klassen von Sprachen mit bestimmten Aufbaueigenschaften ihrer Grammatik konnten mit gewissen Typen von Automaten identifiziert werden, die Sprachen der entsprechenden Klasse zu erzeugen oder zu analysieren vermögen.

Es ist aber unverkennbar, daß sich die Automatentheorie in einer Periode der Umschau und der Besinnung nach neuen Zielen befindet. Die Stimmen werden zahlreicher, welche behaupten, die Automatentheorie befinde sich auf dem Wege, eine Theorie um ihrer selbst willen zu werden, und daß sich ihre Theoretiker darauf spezialisierten, Akrobatik mit Formalismen zu betreiben. Und dies zu einer Zeit, da die Praxis mit realen, brennenden Problemen kämpft!

Computerentwicklung

Die Computerentwicklung gilt wohl zu Recht als eines der wichtigsten Teilgebiete der Computerwissenschaften. Während die zwei bis jetzt erwähnten Gebiete «Auswüchse» der Mathematik sind, stammt die Computerentwicklung, historisch gesehen, aus dem *Elektroingenieurwesen*. Selbstverständlich übt auch hier die Mathematik, mittelbar, einen starken Einfluß aus; dominant bleibt aber das *konstruktive, pragmatische Wissen* und Können. Die heutigen Computersysteme sind derart komplex, daß allgemeine mathematische Modelle und Gesetze nur beschränkt nützlich sind. In der Tat kommt heute dem Computerbauer dort, wo die reine Mathematik versagt, die Computerwissenschaft selbst zu Hilfe: vor seiner Verwirklichung wird ein neues System heute nicht berechnet (wie zum Beispiel eine Brücke), sondern in seinem Verhalten bis ins kleinste Detail durch

ja sie ist sogar die einzige Art von Entwicklung, die er selbst anhand von Spezifikationsänderungen zur Kenntnis nehmen muß. In Tat und Wahrheit aber ist der benützte Uebersetzer selbst auch ein *Programm*. Die Entwicklung der Sprachen, ihrer Uebersetzer und der dazu gehörenden Betriebssysteme kann daher nicht in das Kapitel «Hardware Design» eingereiht werden. Zur Unterscheidung wurde ein Gebiet mit dem Namen «Software Design» geschaffen. *Software* ist also jener Teil des Computersystems, mit dem der Benutzer wohl in engen Kontakt tritt, das aber nicht aus konkreten Maschinenteilen besteht, sondern in Form von residenten Programmen (das heißt von *weicher*, nicht anfaßbarer Ware) implementiert ist.

Die strenge Unterscheidung zwischen Hardware- und Software-Entwicklung ist historisch bedingt. Sie ist aber durchaus nicht angebracht, denn beide Teile arbeiten aufs engste miteinander und müssen zur Erzielung des optimalen Effektes aufeinander abgestimmt sein. Die Computerindustrie hat begonnen, die katastrophalen Folgen dieser Trennung zu erkennen: Die Lücke ist aber wegen des Mangels an Fachleuten, die in beiden Sektoren bewandert sind, nicht ohne weiteres zu schließen. Es ist deshalb um so bedauerlicher, wenn in den meisten für die Ausbildung verantwortlichen Kreisen diese Trennung weiterhin beibehalten wird.

Beiläufig sei hier auf eine leidige Tatsache hingewiesen, welche den sehr nötigen Fortschritt auf dem Gebiet der *Entwicklung von Programmiersprachen*, das heißt des Aspektes der Computeranlagen, den der Benutzer zu Gesicht bekommt, in stärkstem Maße behindert. Es handelt sich um den Trend zur *Sprachenstandardisierung*. Er ist zwar begründet und verständlich, weil große Mengen an Arbeit und Geld in das Erlernen einer Sprache und in die Erstellung von Programmen investiert werden. Der Programmierer fordert, daß das Erlernete bis ins Detail für immer Gültigkeit behalt und daß seine Programme, einmal erstellt, von Maschine zu Maschine über Generationen hinaus verwendbar bleiben. Als Folge davon ver-

Medikamentenabhängigkeit – ein aktuelles Problem

Ergebnisse einer gesamtschweizerischen Erhebung

Im Auftrag der Sanitätsdirektorenkonferenz hat eine neutrale wissenschaftliche Kommission unter ihrem Präsidenten, Prof. Paul Kielholz, Direktor der Psychiatrischen Universitätsklinik in Basel, den heutigen Stand des Medikamentenmißbrauches in den verschiedenen Regionen der Schweiz abgeklärt. Es liegt nahe, die Ergebnisse dieser gesamtschweizerischen Erhebung einem breiteren Leserkreis zugänglich zu machen, einmal um zu informieren, zum anderen um präventiv-medizinischen Maßnahmen einen fruchtbaren Nährboden zu bereiten.

Begriffsbestimmung

Wenn wir über Medikamentensucht sprechen, so müssen wir zunächst vorausschicken, daß das Wort Sucht, abgeleitet von *siech*, ein recht *vieldeutiger Begriff* ist. Geläufig ist uns das Wort Sucht in Gelbsucht oder Schwind-, Mager-, Sammel-, Nasch-, Spiel- und Putzsucht; schließlich begegnet es uns in Trunk- und Medikamentensucht. Um eine Begriffsverzerrung mit dem Terminus Sucht, beziehungsweise eine solche mit dem im Englischen gebräuchlichen Terminus *Addiction* zu vermeiden, hat das Expertenkomitee für *Addiction Producing Drugs* der Weltgesundheitsorganisation 1963 beschlossen, daß anstelle von Sucht in Zukunft von *Abhängigkeit, Medikamentenabhängigkeit, beziehungsweise Abhängigkeit von Alkohol* gesprochen werden sollte. Diese tritt nach einer *Gewöhnungsphase* ein und ist durch ein «*Nicht-mehr-aufhören-Können*» sowie gelegentlich durch *Abstinenzerscheinungen* charakterisierbar. Die *Gewöhnung* basiert auf der allgemein menschlichen *Tendenz nach Wiederholung und Steigerung* einmal erlebter Lust, verhüteter Unlust oder erreichter Leistungssteigerung. Um die psychodynamischen Effekte verschiedener Medikamentengruppen, aber auch die *Abhängigkeitsformen* und insbesondere die *Abstinenzerscheinungen* deutlicher zu charakterisieren, unterscheiden wir entsprechend den Empfehlungen der Weltgesundheitsorganisation *acht Typen der Medikamentenabhängigkeit*: *Abhängigkeit vom Morphin (Betäubungsmittel)-, Barbiturat- (Schlafmittel)-, Alkohol-, Kokain-, Amphetamin- (Stimulantien)-, Cannabis (Haschisch/Marihuana)-, Halluzinogen- und Khattyp*. Eine süchtige Fehlentwicklung ist nicht nur in Richtung einer *Medikamenten-Alkohol-Abhängigkeit*, sondern auch in Richtung einer *süchtigen Triebentartung* sowie des *süchtigen Rauchens* möglich. *Heredität, Konstitution, Grundcharakter* sowie die *Lebensgeschichte* mit der *persönlichen Umgebungssituation* und *allgemein-soziokulturellen Bedingungen*, aber auch die *Zugänglichkeit eines Suchtmittels* bestimmen diese *Entwicklung*.

Um *Zunahme, Art und Ausmaß* der *Medikamentenabhängigkeit* zu untersuchen, wandte sich die Kommission nach konsultierenden Gesprächen mit in- und ausländischen Experten an alle psychiatrischen Kliniken und Polikliniken, Aerzte, medizinischen Kliniken und Polikliniken, pathologisch-anatomischen Institute, Apotheken und Drogerien der Schweiz. Alle Fragebogen wurden zunächst durch eine «*Pilot-Study*» auf ihre *Zuverlässigkeit* geprüft. Die *endgültigen Angaben* wurden mit Hilfe *elektronischer Datenverarbeitung* ausgewertet.

Ueber das Jahrzehnt 1955 bis 1964 fand sich eine *kontinuierliche Zunahme* *Medikamentenabhängiger*. Diese zeichnet sich deutlich bei den *Schlafmittelabhängigen* ab, deren Zahl von 1955 bis 1964 auf das *Vierfache* anstieg. Deutlich ist gleichfalls die *Zunahme des Schmerzmittel- und Stimulanzienabusus*. Es handelt sich bei den *Schlaf- und Schmerzmittelabhängigen* überwiegend um *weibliche Patienten*. Bei der erwähnten Zunahme *Medikamentenabhängiger* handelt es sich nur um Pa-

Kennzeichnung und Therapie

Welche äußeren Charakteristika weisen unsere *Medikamentenabhängigen* auf? Wenn sie am häufigsten gegen das vierzigste Lebensjahr erkranken, so weist dies darauf hin, wie in den besten Jahren *umfanglicher Leistungsentfaltung* die *Uebernahme einer verantwortlichen Stellung* gefährdet wird. Bei der neuerlich zu beobachtenden *Verlagerung des Suchtbeginns* auf *jüngere Altersgruppen* wird das *Hineinwachsen in eine Erwachsenenrolle* innerhalb von *Familie und Gesellschaft* unmöglich. *Medikamentenabhängige* bleiben gegenüber der *Normalpopulation* seltener ledig und werden später häufiger *geschieden*. Wir wissen, daß *Süchtige* oft *anlehungsbedürftig* sind, aber infolge ihrer *Empfindsamkeit und Kontaktschwäche* *beziehungs-gestört* sind und *Gefahr* laufen, durch die *Lebensprobleme*, die sich ihnen aus einer *Partnerbeziehung* ergeben, *überfordert* zu werden. Betrachten wir die *Berufe* *Medikamentenabhängiger*, so fällt auf, daß über die *Hälfte aller Patienten Hausfrauen* sind; einige von ihnen üben einen *zusätzlichen Beruf* aus. Bei einer *Untersuchung*, welche *Medikamententypen* von welchen *Berufsgruppen* häufiger *mißbraucht* werden, wurde unter anderem festgestellt, daß *Hausfrauen, Arbeiter und Facharbeiter* *Kopfe-tabletten* mißbräuchlich verwenden, *Angestellte und leitende Angestellte* in beiden *Geschlechtern* häufiger *schlafmittelabhängig* werden. Es gibt bestimmte *Konfliktsituationen*, die sich bei den *einerseits passiv anlehungsbedürftigen*, andererseits *aktiv leistungsstrebigen*, späteren *Medikamentenabhängigen* finden. Diese zeichnen sich grundsätzlich im *Bereich der Liebe, Ehe und Familie* ab. Dort entstehen *emotionale Spannungen* und führen zu *psychosomatischen Störungen* mannigfacher Art, wobei vielen *gemeinsam Kopfschmerz und Schlafstörungen* sind. Damit werden *Motive der Entspannung-Beruhigung, Distanzierung-Betäubung oder Leistungssteigerung* geweckt, die zur *Bindung an das Medikament* führen. Im *Verlaufe der Medikamentenabhängigkeit* kommt es zu *erheblichen psychischen und körperlichen Schädigungen*. Letztere sind besonders bei den *Kopfe-tabletten* als *Blut- und Nierenschäden* bekannt, die in einem *hohen Prozentsatz* auftreten. Ein *letzter Ausweg* erscheint dem *Toxikomanen* der *Selbstmord* (Suizid). Dabei ist der *Anteil des weiblichen Geschlechts* und der *jüngeren Jahrgänge* relativ groß.

Die *Behandlung der Medikamentenabhängigen* sollte nur in einer *Klinik* erfolgen, in der *geschulte Aerzte und Schwestern* zur *Verfügung* stehen. Die *Entziehungs- und Entsuchtungsbehandlung*, während der die *Drogenabhängigen* somatisch intensiv *behandelt* werden, dient zum *Aufbau eines Vertrauensverhältnisses* mit den im *allgemeinen zurückhaltenden, sensitiven und anfänglich oft recht mißtrauischen Patienten*. Bei den *sozialen Anpassungsschwierigkeiten* der *Drogenabhängigen* ist es angezeigt, sie *gruppenpsychotherapeutisch* anzugehen. Der *Rahmen einer psychotherapeutischen Gruppe* erleichtert es diesen *Kranken*, sich an die *soziale Realität* anzupassen, in der *Identifikation* mit den *übrigen Mitwirkenden* aus ihrer *Reserve* *herauszutreten* und sich den *psychotherapeutischen Bemühungen* zu *öffnen*. Der *Medikamentenabhängige* bedarf nach *Spitalentlassung* weiterhin *seines Arztes*, mit dem er seine *Lebensprobleme* immer wieder *besprechen* und *durcharbeiten* kann. Die *Zunahme der Medikamentenabhängigkeit* macht *intensivierte vorbeugende Maßnahmen* notwendig, die von den *kantonalen Gesundheitsbehörden* ausgehen, die den *Rezeptur- und Heilmittelverkehr* kontrollieren. Ferner ist die *Bevölkerung* laufend

zeugung besonders produktiver, klima- und krankheitsresistenter Formen durch Kreuzung von zwei verschiedenen Inzuchtlinien (Hybridisierung, die den «Heterosis-Effekt», das heißt die gesuchte Leistungssteigerung) möglich machen. Zurzeit ist die *Kulturkartoffel heterozygot*, und zwar tetraploid; sie enthält also vier Chromosomensätze. Um aber den *Grad der Homozygotie* entscheidend zu steigern, müssen in einem *ersten Schritt haploide Formen* erzeugt werden, die durch *Parthenogenese (Jungfernzeugung)* nur noch die *Hälfte der Chromosomensätze* der tetraploiden enthalten, bei der *Kartoffel* also *diploid* sind. Diese Möglichkeit wurde zuerst in den *USA* nachgewiesen. Bei der *Vermehrung der Kartoffel* scheint stets eine *kleine Anzahl (bis zu 10 Prozent)* der *Sämlinge* *parthenogenetisch* zu entstehen, also auch *haploid* zu sein. Erkennbar wird dieser *Sachverhalt*, wenn man zur *Befruchtung Pollen* verwendet, die ein *Markierungs-Gen für rote Stengelfarbe* enthalten: Die nicht durch *Befruchtung* entstandenen, *haploiden Nachkommen* weisen das *Rotstengelfarben-Gen* nicht auf, haben also *grüne Stengel*. Mit Hilfe dieses *Verfahrens* sind im *Kölner Institut* vor allem durch *Frandsen* schon mehr als *rund 3000 Kartoffel-Haploide* gezüchtet worden, die nur noch *zwei statt der vier Chromosomensätze* enthalten und daher *weit weniger «mischerbig» (heterozygot)* sind als ihre *Vorfahren*. Ein *großer Teil der Haploiden* wirkt *krank*; ein *Teil dieser «chromosomenhalbierten» Kartoffeln* ist aber *gesund und fortpflanzungsfähig*.

Man versucht nun, durch *Zellteilungsgifte*, wie *Colehicin*, daraus wieder *Tetraploide* zu züchten — diese *künstliche Polyploidisierung* kann zu *Formen mit hoher Wüchsigkeit* und *stark erhöhten Erträgen* führen, also zu *wirtschaftlich höchst*

wertvollen Ergebnissen. Noch *aussichtsreicher* ist die *Weiterzüchtung der Haploiden* zu *voll homozygoten Formen*. Aus *zytologischen Gründen* ist das für die *tetraploide Kulturkartoffel* nicht möglich. Es müssen daher die *selbstfruchtenden Haploiden selbstfertil* gemacht werden. Den *Weg zur Selbstfertilität* fand man, nachdem man die *entsprechende genetische Konstitution* in gewissen *Wildkartoffelarten* (wie *Solanum verrucosum*) festgestellt hatte. Nach der *Einkreuzung* dieser *Wildformen* entstanden *voll homozygote Elternlinien*. Ihre *Nachkommenschaft* wäre *stets reinerbig*. Man könnte also diese *Kartoffeln über Samen* ziehen, während die *Verwendung von Samen* der *heutigen Kulturkartoffel* wegen der *hohen Mischerbigkeit* auf den *Feldern* eine *unvorstellbare Fülle von Kräutern* mit den *verschiedensten Knollensorten* wachsen ließe. Zum *anderen* wäre mit den *Homozygoten Heterosiszüchtung* zu betreiben, das heißt *Züchtung von Hybridkartoffeln* mit *entsprechender Steigerung* in der *Leistung* und *anderer wichtiger Eigenschaften*. Gleichzeitig wäre auch das *Virusproblem* gelöst, weil sich *Viren* nicht in den *Samen*, sondern in den *Knollen* übertragen. Die *Möglichkeit völlig virusfreien Kartoffelsaatgutes* wäre gegeben und damit die *Viruskrankheiten* bei der *Kartoffel* ausgerottet.

Die *planmäßige Züchtung von Kulturkartoffeln* mit *ganz neuen Erbeigenschaften* ist, wie *Prof. Ross* zeigte, *bereits weit gediehen*. Ob und wann wir die «*Samenhybridkartoffel*» bekommen werden, ist *noch nicht abzusehen*. Der *Versuch eines völligen genetischen Umbaus* einer *Kulturpflanze* läßt aber erkennen, wie *groß die Möglichkeiten* der *modernen Züchtungsforschung* bei der *Schöpfung einer neuen, dem Menschen angepaßten Pflanzenwelt* sind.

Harald Steinert

Computerwissenschaften

Von Niklaus Wirth

II.*

Numerische Mathematik

Als nächstes Teilgebiet führen wir die *numerische Mathematik* an. Der Name selbst, obwohl vermeintlich klar und eindeutig, bedarf einer *näheren Erläuterung*. Das *Charakteristikum*, daß jedes *Problem*, dessen *Lösung* im *Sinne eines Rezeptes, Programmes oder Algorithmus* angegeben wird, von der *Realität* in eine *Darstellung* durch *Symbole* übersetzt wurde, teilen wir *ohnehin* mit der *Mathematik*. Daß ferner die *Symbole* bei der *Benützung von Computern* auf die *Menge der ganzen Zahlen* abgebildet werden, ist dem *Praktiker* ebenfalls bekannt. In diesem *Sinne* sollte also jedes mit *Hilfe des Computers* gelöste *Problem* zur *numerischen Mathematik* gehören. Der Name «*numerische Mathematik*» bezeichnet aber im *üblichen Sprachgebrauch* die *Wissenschaft*, die sich mit den *mathematischen Fragen der Analyse* und der *konstruktiven Lösung jener Probleme* befaßt, bei denen die *auffretenden Größen* im *allgemeinen* nicht nur *ganze*, sondern *reelle* (oder *komplexe*) *Zahlenwerte* annehmen. *Typische Probleme* sind die *Interpolation* von *reellen* (oder *komplexen*) *Funktionen*, die *Ermittlung der Nullstellen* von *Polynomen*, die *Integration* von *Funktionen*, die *Lösung* von *Differentialgleichungen* und *Gleichungssystemen*, die *Lösung* von *linearen Gleichungssystemen* (*Matrizenkalkül*) und die *Ermittlung ihrer Eigenwerte*. Das *allen Problemen* mit *reellen Zahlenwerten* gemeinsame *Grundproblem* besteht darin, die *Folgen der Ersetzung* des *reellen Zahlenkontinuums* durch ein *diskretes* und *endliches Zahlenspektrum* abzuschätzen und zu *minimieren*. Es ist ja klar, daß im *digitalen Computer* keine *reellen Zahlen* beliebig *genau* dargestellt werden können; eine *endliche Reihe von Ziffern* (*Dezimalstellen*) muß *genügen*, *genau*

beruhen auf seiner *Fähigkeit*, je nach *Programm* völlig *verschiedene Transformationen* auszuführen. Er ist *sogar imstande*, nicht nur *jederzeit unverzüglich* ein *neues Programm* anzunehmen und auszuführen, sondern es können auch *Programme* geschrieben werden, die den *Computer* anweisen, *selbst neue Programme* zu erzeugen. Man sollte aber nicht *übersehen*, daß diese *Flexibilität* nur eine *latente Fähigkeit* ist; sie tritt nur *zutage*, wenn für *jede Aufgabe* ein *eigens dafür bestimmtes Programm* konzipiert wurde. Die *Schlüsselstellung* des dazu *ausgebildeten Programmierers* wird daraus *ersichtlich*. Ohne ihn ist die *beste Anlage* nichts wert: mit seinen *Fähigkeiten* steht und fällt die *Nützlichkeit* des *Computers*.

Nun sollte man meinen, daß die *mathematischen Wissenschaften* sich mit *Gier* auf dieses *neue*, an *theoretischen Problemen* und *praktischen Anwendungen* reiche *Gebiet* gestürzt hätten. Nichts dergleichen geschah. Im *Gegenteil*: die *Programmierung* wurde seit ihrer *Geburt* als ein *Kind* der *untersten Kaste* betrachtet, mit dem sich kein *Mathematiker* mit *minimaler Selbstachtung* befaßt. Diese *Tatsache* erklärt sich daraus, daß die *Computer* von jeher *stark auf zur Verfügung stehende Techniken* ausgerichtet sind und *äußerst kostspielige* Geräte darstellen, bei deren *Konstruktion* keine *Mühe* gespart wird, um mit einem *Minimum* von *Bauelementen* die *gewünschten Effekte* zu erzielen. Als *Konsequenz* dieser *rein ökonomisch bedingten Lage* entstanden *Monstren* mit *derart inkonsequenten Strukturprinzipien* und einem *Satz* von *Befehlsregeln* mit *mindestens ebenso vielen Ausnahmeregeln*, daß das *Interesse* eines *systematisch denkenden Wissenschaftlers* dafür *kaum* zu *wecken* war. Die *verzwickte Programmierung* dieser *Maschinen* zog *hauptsächlich* Leute mit *Vorliebe* für

Abstinenzerscheinungen deutlich zu charakterisieren, unterscheiden wir entsprechend den Empfindungen der Weltgesundheitsorganisation acht Typen der Medikamentenabhängigkeit: Abhängigkeit vom Morphin (Betäubungsmittel)-, Barbiturat- (Schlafmittel)-, Alkohol-, Kokain-, Amphetamin- (Stimulantien)-, Cannabis (Haschisch/Marihuana)-, Halluzinogen- und Khattyp. Eine süchtige Fehlentwicklung ist nicht nur in Richtung einer Medikamenten-Alkohol-Abhängigkeit, sondern auch in Richtung einer süchtigen Triebentartung sowie des süchtigen Rauchens möglich. Heredität, Konstitution, Grundcharakter sowie die Lebensgeschichte mit der persönlichen Umgebungssituation und allgmein-soziokulturellen Bedingungen, aber auch die Zugänglichkeit eines Suchtmittels bestimmen diese Entwicklung.

Um Zunahme, Art und Ausmaß der Medikamentenabhängigkeit zu untersuchen, wandte sich die Kommission nach konsultierenden Gesprächen mit in- und ausländischen Experten an alle psychiatrischen Kliniken und Polikliniken, Aerzte, medizinischen Kliniken und Polikliniken, pathologisch-anatomischen Institute, Apotheken und Drogerien der Schweiz. Alle Fragebogen wurden zunächst durch eine «Pilot-Study» auf ihre Zuverlässigkeit geprüft. Die endgültigen Angaben wurden mit Hilfe elektronischer Datenverarbeitung ausgewertet.

Über das Jahrzehnt 1955 bis 1964 fand sich eine kontinuierliche Zunahme Medikamentenabhängiger. Diese zeichnet sich deutlich bei den Schlafmittelabhängigen ab, deren Zahl von 1955 bis 1964 auf das Vierfache anstieg. Deutlich ist gleichfalls die Zunahme des Schmerzmittel- und Stimulanzienabusus. Es handelt sich bei den Schlaf- und Schmerzmittelabhängigen überwiegend um weibliche Patienten. Bei der erwähnten Zunahme Medikamentenabhängiger handelt es sich nur um Patienten, die sich erstmals in ihrem Leben wegen einer Medikamentenabhängigkeit einer Behandlung unterziehen mußten. Die Anzahl der Neuerkrankungen, die durch die psychiatrischen und medizinischen Kliniken und Polikliniken erfaßt wurden, betrug im Jahre 1964 gegen 800, die durch die praktizierenden Aerzte im Jahre 1966 festgestellte Anzahl Neuerkrankungen ergab eine vergleichsweise ähnlich hohe Zahl.

Auf dem Weg zur Samenkartoffel

Ertragssteigerung durch Inzucht

Seit einiger Zeit bemüht sich die Züchtungsforschung intensiv um eine «Samenhybridkartoffel», die auf Grund der Hybridisierung — ähnlich dem Hybridmais — gesteigerte Erträge liefern könnte. Dazu sind aber reinerbige homozygote «Eltern» nötig, die nur aus komplizierten genetisch-züchterischen Versuchen zu gewinnen sind. Sollten sie gelingen, hätten sie für die Landwirtschaft geradezu umwälzende Bedeutung. Einen Einblick in derartige Forschungsarbeiten gab kürzlich auf der Tagung der Gesellschaft für Pflanzenbau-Wissenschaften in Kiel Prof. Ross vom Max Planck-Institut für Pflanzenzüchtung in Köln-Vogelsang.

Die Kartoffelzüchtung ist seit Jahren mit der Virenresistenz-Züchtung beschäftigt. Sie arbeitet mit den Methoden der Einkreuzung von Resistenzträgern in die Kulturkartoffel. Nach der Entdeckung eines unendlich reichen und nur zu einem Bruchteil ausgeschöpften Genreservoirs in den rund 150 Wildkartoffelarten und primitiven Kulturkartoffelformen Süd- und Mittelamerikas wurde die einfache Einkreuzung und Selektion intensiviert. Man bringt jetzt die ganze genetische Variabilität in die europäische Kartoffel, weil ihre «genetische Basis ungewöhnlich schmal war». Seit der ersten Einfuhr von 1570 lassen sich nur sechs weitere Einfuhren von Kartoffelzuchtmaterial urkundlich nachweisen (was allerdings weitere Lieferungen nicht ausschließt). Si-

schmerz und Schlafstörungen sind. Damit werden Motive der Entspannung-Beruhigung, Distanzierung-Betäubung oder Leistungssteigerung geweckt, die zur Bindung an das Medikament führen. Im Verlaufe der Medikamentenabhängigkeit kommt es zu erheblichen psychischen und körperlichen Schädigungen. Letztere sind besonders bei den Kopfwehtabletten als Blut- und Nierenschäden bekannt, die in einem hohen Prozentsatz auftreten. Ein letzter Ausweg erscheint dem Toxikomanen der Selbstmord (Suizid). Dabei ist der Anteil des weiblichen Geschlechts und der jüngeren Jahrgänge relativ groß.

Die Behandlung der Medikamentenabhängigen sollte nur in einer Klinik erfolgen, in der geschulte Aerzte und Schwestern zur Verfügung stehen. Die Entziehungs- und Entsuchtungsbehandlung, während der die Drogenabhängigen somatisch intensiv behandelt werden, dient zum Aufbau eines Vertrauensverhältnisses mit den im allgemeinen zurückhaltenden, sensitiven und anfänglich oft recht mißtrauischen Patienten. Bei den sozialen Anpassungsschwierigkeiten der Drogenabhängigen ist es angezeigt, sie gruppenpsychotherapeutisch anzugehen. Der Rahmen einer psychotherapeutischen Gruppe erleichtert es diesen Kranken, sich an die soziale Realität anzupassen, in der Identifikation mit den übrigen Mitwirkenden aus ihrer Reserve herauszutreten und sich den psychotherapeutischen Bemühungen zu öffnen. Der Medikamentenabhängige bedarf nach Spitalentlassung weiterhin seines Arztes, mit dem er seine Lebensprobleme immer wieder besprechen und durcharbeiten kann. Die Zunahme der Medikamentenabhängigkeit macht intensiviertere vorbeugende Maßnahmen notwendig, die von den kantonalen Gesundheitsbehörden ausgehen, die den Rezeptur- und Heilmittelverkehr kontrollieren. Ferner ist die Bevölkerung laufend mit allen zur Verfügung stehenden Mitteln über die Gefahren der Drogenabhängigkeit aufzuklären, wobei die Bevölkerung selbst bereits verschiedenorts eine sehr positive Initiative gezeigt hat. Fortgesetzte medizinische und soziologische Untersuchungen zur Erfassung der Entwicklung von verschiedenen Arten von Medikamentenabhängigkeit sind schließlich unerlässlich, um rechtzeitig vorbeugende Maßnahmen zielgerichtet einsetzen zu können.

Dieter Ladewig

cher ist, daß nur ein winziger Bruchteil der genetischen Mannigfaltigkeit der Kartoffel aus ihrer Urheimat nach Europa übertragen wurde. Das Versäumnis will man jetzt nachholen, damit die Kartoffel den modernen Anforderungen der Landwirtschaft und der Ernährung genüge.

In der Mobilisierung der Genreserven hat man schon beträchtliche Fortschritte gemacht. Durch die Einkreuzung wurde eine gewisse Widerstandskraft gegen die Kraut- und Knollenfäule (Phytophthora) erzielt, die von den beiden Wildformen *Solanum demissum* und *Solanum andigena* mitgebracht worden war. Rund 70 Prozent aller deutschen Kartoffeln enthalten heute solches «Wildblut».

Doch die Zahl der die Kartoffel bedrohenden Viren nimmt zu, und zwar schneller als das Züchtungstempo. Nach den «klassischen» Viren (A, X, Y und Blattrollvirus) wurde 1952 das S-Virus entdeckt. Das mit diesem verwandte M-Virus hat sich in jüngster Zeit bedrohlich bemerkbar gemacht. Das auch von anderen Pflanzen her bekannte Rattle-Virus wird gefährlich. Vor zwei Jahren wurde zudem in Schottland ein völlig neues Virus (Moptop-Virus) gefunden, das zwar auf dem Kontinent noch unbekannt ist.

Die Züchtungsforschung arbeitet jetzt mit völlig neuen Verfahren, um entscheidende Fortschritte bei der Kartoffel zu erzielen. Es geht um die Züchtung homozygoter Stämme, die erst die Er-

Numerische Mathematik

Als nächstes Teilgebiet führen wir die numerische Mathematik an. Der Name selbst, obwohl vermeintlich klar und eindeutig, bedarf einer näheren Erläuterung. Das Charakteristikum, daß jedes Problem, dessen Lösung im Sinne eines Rezeptes, Programmes oder Algorithmus angegeben wird, von der Realität in eine Darstellung durch Symbole übersetzt wurde, teilen wir ohnehin mit der Mathematik. Daß ferner die Symbole bei der Benutzung von Computern auf die Menge der ganzen Zahlen abgebildet werden, ist dem Praktiker ebenfalls bekannt. In diesem Sinne sollte also jedes mit Hilfe des Computers gelöste Problem zur numerischen Mathematik gehören. Der Name «numerische Mathematik» bezeichnet aber im üblichen Sprachgebrauch die Wissenschaft, die sich mit den mathematischen Fragen der Analyse und der konstruktiven Lösung jener Probleme befaßt, bei denen die auftretenden Größen im allgemeinen nicht nur ganze, sondern reelle (oder komplexe) Zahlenwerte annehmen. Typische Probleme sind die Interpolation von reellen (oder komplexen) Funktionen, die Ermittlung der Nullstellen von Polynomen, die Integration von Funktionen, die Lösung von Differentialgleichungen und Gleichungssystemen, die Lösung von linearen Gleichungssystemen (Matrizenkalkül) und die Ermittlung ihrer Eigenwerte. Das allen Problemen mit reellen Zahlenwerten gemeinsame Grundproblem besteht darin, die Folgen der Ersetzung des reellen Zahlenkontinuums durch ein diskretes und endliches Zahlenspektrum abzuschätzen und zu minimieren. Es ist ja klar, daß im digitalen Computer keine reellen Zahlen beliebig genau dargestellt werden können; eine endliche Reihe von Ziffern (Dezimalstellen) muß genügen, genau gleich, wie dies beim Rechnen von Hand der Fall ist, wo man sich auf das Mitführen einer bestimmten Anzahl von Stellen beschränken muß. Im allgemeinen treten also Rundungs- und Abschneidefehler auf, und ihre Auswirkung auf den Ablauf des Programmes und die Genauigkeit der Resultate sollte im voraus bekannt sein, das heißt aus theoretischen Betrachtungen und Analysen des Problems ableitbar sein. Dies ist ein Hauptanliegen der sogenannten numerischen Mathematik. Im weiteren gilt es, für die numerischen Probleme effiziente Lösungsmethoden zu entwickeln. Darin unterscheidet sich der Numeriker vom sogenannten reinen Mathematiker: letzterer ergreift Hut und Mantel, wenn er bewiesen hat, daß eine Lösung existiert; für den ersteren beginnt in diesem Moment die Arbeit.

Obwohl der Ruf nach dem Computer als Werkzeug zuerst von den Numerikern ausging, wird heute die numerische Mathematik eher als ein Randgebiet der Computerwissenschaften betrachtet. Nach Forsythe (selbst ein Numeriker) hat der numerische Mathematiker vom Außenseiter unter den Mathematikern zum Außenseiter bei den Computerwissenschaftlern übergewechselt (wobei ich «Außenseiter» als milde Uebersetzung für den Ausdruck «queer people» wähle). Die numerische Mathematik zählt in gewissem Sinne bereits als Anwendungsgebiet der Computer; die Numeriker tragen heute nur noch am Rande zur eigentlichen Weiterentwicklung der Rechner bei.

Programme und Programmierung

Das nächste Teilgebiet der Computerwissenschaften betrachte ich als deren Kern: die Programmierung. Mit Programmieren wird die Tätigkeit bezeichnet, Befehlssequenzen zusammenzustellen, die, von einem Computer ausgeführt, eine bestimmte Transformation von Symbolen, auch Daten genannt, vollbringen. Zu dieser Arbeit benötigt man nur Bleistift, Papier, Lochkarten oder ähnliche, von einem Computer lesbare Medien als Werkzeug. Die Vielseitigkeit und Flexibilität des Computers — sonst bei einer Maschine unbekannte Eigen-

* Vgl. Nr. 10, S. 5 (Fernausgabe Nr. 7, S. 39).

schaften — beruhen auf seiner Fähigkeit, je nach Programm völlig verschiedene Transformationen auszuführen. Er ist sogar imstande, nicht nur jederzeit unverzüglich ein neues Programm anzunehmen und auszuführen, sondern es können auch Programme geschrieben werden, die den Computer anweisen, selbst neue Programme zu erzeugen. Man sollte aber nicht übersehen, daß diese Flexibilität nur eine latente Fähigkeit ist; sie tritt nur zutage, wenn für jede Aufgabe ein eigens dafür bestimmtes Programm konzipiert wurde. Die Schlüsselstellung des dazu ausgebildeten Programmierers wird daraus ersichtlich. Ohne ihn ist die beste Anlage nichts wert: mit seinen Fähigkeiten steht und fällt die Nützlichkeit des Computers.

Nun sollte man meinen, daß die mathematischen Wissenschaften sich mit Gier auf dieses neue, an theoretischen Problemen und praktischen Anwendungen reiche Gebiet gestürzt hätten. Nichts dergleichen geschah. Im Gegenteil: die Programmierung wurde seit ihrer Geburt als ein Kind der untersten Kaste betrachtet, mit dem sich kein Mathematiker mit minimaler Selbstachtung befaßt. Diese Tatsache erklärt sich daraus, daß die Computer von jeher stark auf zur Verfügung stehende Techniken ausgerichtet sind und äußerst kostspielige Geräte darstellen, bei deren Konstruktion keine Mühe gespart wird, um mit einem Minimum von Bauelementen die gewünschten Effekte zu erzielen. Als Konsequenz dieser rein ökonomisch bedingten Lage entstanden Monstren mit derart inkonsequenter Strukturprinzipien und einem Satz von Befehlsregeln mit mindestens ebenso vielen Ausnahmeregeln, daß das Interesse eines systematisch denkenden Wissenschaftlers dafür kaum zu wecken war. Die verzwickte Programmierung dieser Maschinen zog hauptsächlich Leute mit Vorliebe für Rätsel, Denksportaufgaben und Zauberei an. Programmierung hatte nichts Gemeinsames mit sauberem, logisch aufbauendem Denken, sondern prosperierte durch Intuition und Geistesblitze.

Die wachsenden Anforderungen an Programme und Programmierer lassen aber nicht mehr daran zweifeln, daß sich die vorhin genannte Situation ändern muß. Nach den Anfängen des Computers wurden bald Anwendungen erschlossen, die immer kompliziertere Programme erforderten. Heutige Betriebssysteme zum Beispiel erreichen einen Umfang von Zehntausenden von Instruktionen. Ihre Entscheidungsstruktur ist derart komplex, daß es Jahrhunderte dauern würde, bis alle ihre möglichen Verhaltensweisen geprüft wären. Wie kann in diesem Fall garantiert werden, daß ein solches Programm sich auf jede mögliche Folge von Eingabedaten hin gemäß den gegebenen Spezifikationen verhält? Nur durch sauberen Programmaufbau, der gestattet, das Verhalten des Programms entweder einleuchtend zu demonstrieren oder sogar mit Hilfe lückenloser mathematischer Beweismethoden abzuleiten. Diese Denkart mit Betonung der Systematik ist relativ neu, und die erforderlichen mathematischen Beweismethoden sind erst noch zu entwickeln. Eine höchst wichtige und interessante Aufgabe stellt sich hiermit den Computerwissenschaftlern, nämlich die Erstellung einer kohärenten, wohlfundierten Theorie der Programmierung, der Konstruktion von Algorithmen. Vom Erfolg dieser Bemühungen wird es abhängen, ob die Programmierung eine Technik bleibt oder eine Wissenschaft wird.

Es ist die erste Aufgabe des Programmierers, für ein gestelltes Problem der realen Welt eine Charakterisierung der Gegebenheiten in Form von abstrakten Symbolen (Daten) zu finden. Dann folgt als zweiter Schritt die Wiedergabe der realen Begebenheiten in der Form eines Algorithmus, das heißt einer Transformation der Daten. Die Transformation muß in eine — möglicherweise sehr lange — Reihe von Einzelschritten zerlegt werden, welche im Befehlsrepertoire der zur Verfügung stehenden Programmiersprache vorhanden sind. Am Schluß, nach der Ausführung der Datentransformation durch den Computer, müssen die Resultate

interpretiert werden: es müssen ihnen die Bedeutungen des Problems in der realen Welt wieder zugeordnet werden. Die Theorie der Programmierung — ob man sie nun Kunst, Technik oder Wissenschaft nennen will, bleibe dahingestellt — sucht möglichst allgemeingültige Prinzipien zu entwickeln für die Auswahl der *Datenrepräsentation* einerseits und die sukzessive Zerlegung der *Datentransformation* in immer elementarere Schritte andererseits. Dies wird ermöglicht durch die Erkenntnis einiger allen Computern gemeinsamen Charakteristiken und durch die spezielle Behandlung von häufig vorkommenden repräsentativen Elementarprogrammen, wie zum Beispiel Operationen des Sortierens, Klassifizierens, Suchens usw.

Die genannten Elementaroperationen sind beinahe die einzigen Aktivitäten, die in der sogenannten *kommerziellen Datenverarbeitung* (Buchhaltung, Lohnabrechnung, Registerführung usw.) auftreten, sie sind aber auch in fast allen andern Sparten der Computerprogrammierung häufig anzutreffen. In gewissem Sinne ist also die sogenannte *kommerzielle Datenverarbeitung* eine *Vorstufe* oder Unterklasse der Datenverarbeitung im allgemeinen. Man sollte annehmen können, daß sich diese Tatsache auch im Ausbildungsgang der Computerprogrammierer widerspiegelt. Leider trifft dies nicht zu. Im Gegenteil besteht sogar zwischen der Denkweise sogenannter kommerzieller und sogenannter wissenschaftlicher Programmierer ein mehr als nur subtiler Unterschied, der hier nicht näher erläutert werden soll. Immerhin sei erwähnt, daß sein Ursprung auf dieses *Grundübel*, das *Ueberhandnehmen zu früh standardisierter Sprachen*, zurückzuführen ist. Den Wissenschaftlern wurden nämlich die Sprachen *Algol* und *Fortran* nahegelegt, den kommerziellen Leuten *Cobol* (*Common Business Oriented Language*) verabfolgt, die einer sehr andersgearteten Philosophie huldigt. Und die Erkenntnis, daß die verwendete Sprache auf die Formung der Denkgangart des Menschen einen entscheidenden Einfluß ausübt, hat sich auch auf dem Gebiet der künstlichen Programmiersprachen glänzend bewährt.

Führende Theoretiker der Programmierung haben aber eingesehen, daß die grundlegenden Prinzipien der Programmierung sowohl für wissenschaftliche als auch kommerzielle, numerische als auch nichtnumerische Probleme Gültigkeit behalten, daß es nur eine Theorie und nur eine Schule des Programmierens gibt. Diese Erkenntnis dürfte auf die Didaktik des Programmierunterrichtes einen starken Einfluß haben; bis sie in die Praxis durchgedrungen ist, wird es eine Weile dauern.

Process Control

In den meisten Fällen lesen Computer die Eingabedaten als Symbolfolgen ein (wobei die Sym-

bole als Lochkombinationen auf Karten oder Papierstreifen codiert sind) und präsentieren die errechneten Resultate wiederum in Form von Symbolreihen, entweder auf Papier gedruckt oder auf Bildschirme projiziert. Ich bezeichne diese Betriebsart als die *konventionelle Datenverarbeitung*. Immer häufiger aber werden in der Praxis die Anwendungen, wo die Ausgabedaten nicht lesbare Zeichen, sondern Signale sind, die direkt Maschinen steuern. Der Fachausdruck dafür lautet *Process Control*. Als Beispiele sind die *Steuerung von Fließbandprozessen* in Fabriken, die *Lenkung von Flugzeugen und Raketen* und die *Bedienung von Verkehrssignalanlagen* bekannt. Die Flexibilität des Computers wirkt sich bei dieser Anwendung besonders günstig aus, indem vom gesteuerten System durch Sensoren erhaltene Signale wiederum als Eingabedaten verwendet werden können, um darauf den weiteren Ablauf des Programmes zu beeinflussen und den momentanen Gegebenheiten anzupassen. Man bezeichnet diese Betriebsart als *Echtzeitbetrieb*, weil der Ablauf des Computerprogramms mit dem Ablauf eines Prozesses in der echten, wirklichen Zeit gekoppelt ist und weil der Zeitpunkt des Anfallens von Ein- und Ausgabedaten eine zentrale Rolle spielt. Dies steht im Gegensatz zur konventionellen Datenverarbeitung, wo es nicht darauf ankommt, zu welchem Zeitpunkt die Resultate auf dem Papier erscheinen, wo der Kundenwunsch «möglichst bald» die einzige zeitliche Randbedingung darstellt.

Die Verwendung von Computern im Echtzeitbetrieb nimmt enorm rasch zu. Dabei sind die Schwierigkeiten zur Erstellung solcher Anlagen noch weit größer als in der konventionellen Verwendung, gilt es doch nicht nur einen einzigen Prozeß mit strikte zeitlich aufeinanderfolgenden Schritten zu spezifizieren, sondern mehrere Prozesse darzustellen, die miteinander dadurch verknüpft sind, daß sie zu wohlbestimmten Zeitpunkten Informationen austauschen. In der konventionellen Datenverarbeitung sprechen wir vom *Uniprocessing*, hier vom *Multiprocessing*. Der Wunsch nach einer zusammenfassenden Theorie des Multiprocessing und nach einer konsequenten Lehre des Multiprogrammings ist besonders aktuell im Blick auf die Forderung nach Zuverlässigkeit von Programmen. Diese Forderung ist einerseits deshalb besonders angebracht, weil hier die üblichen pragmatischen Programmierungstechniken nicht ausreichen. In der konventionellen Datenverarbeitung wird ein Programm durch Anwendung von *Testdatensätzen* geprüft, bei denen das Resultat zum voraus bekannt ist. Ein Versagen kann daher festgestellt und der Aufbau des Programms neu überdacht werden, wobei die bis zum Zeitpunkt des Versagens errechneten Daten zur Analyse behilflich sind. Im Fall von Echtzeitbetrieb mit mehreren Prozessen, welche gleichzeitig ablaufen, kann

aber der genaue, zeitlich synchrone Ablauf nicht exakt reproduziert werden. Die Richtigkeit eines Programms kann daher nie auf Grund von Experimenten garantiert werden; befriedigen kann nur der auf einer Theorie basierende mathematische Beweis.

Andererseits ist hier der Ruf nach Zuverlässigkeit der Programme besonders begründet im Hinblick auf die möglichen Folgen von Fehlern. Das Schlimmste, was beim fehlerhaften Funktionieren eines Programms in der konventionellen Datenverarbeitung passieren kann, ist neben der unökonomischen Ausnutzung der Anlage «lediglich» ein falsches Resultat auf Papier, so zum Beispiel ein Führerausweis für die falsche Fahrzeugkategorie oder eine falsche Steuerabrechnung (ein Rechenfehler ist dabei weniger wahrscheinlich als der Irrtum, daß einem die Daten des reichen Nachbarn eingesetzt werden!).

Ein Fehler in einem Process-Control-Programm kann aber leicht katastrophale Folgen haben, wie zum Beispiel das Erscheinen des grünen Lichtes in beiden Fahrrichtungen bei einer Verkehrssignalanlage oder eine falsche Auslösung oder Lenkung eines Raketen-systems. Wiederum fällt es hier den Computerwissenschaftlern zu, eine feste theoretische Basis zu bauen und sie als Werkzeug den kommenden Generationen von verantwortlichen Programmierern zu vermitteln.

Künstliche Intelligenz

Als letzte Disziplin, die sich in den vergangenen Jahren als Teil der Computerwissenschaften etabliert hat, sei die *künstliche Intelligenz* angeführt. Diese Bezeichnung, aus dem englischen Sprachgebrauch direkt übernommen, erheischt eine Erklärung.

Der Computer wurde in erster Linie zur maschinellen Ausführung von festen Rechenplänen konstruiert. Die Idee, ihn zu befähigen, sein Programm je nach den Resultaten vorangehender Rechenschritte zu verändern, wurde von *John von Neumann* um 1945 konzipiert. Es wurde bald erkannt, daß der Computer nicht nur als Rechner, sondern vor allem auch als Automat verwendet werden kann, der Entscheidungen trifft und sich damit eine wichtige, bisher dem Menschen vorbehalten Fähigkeit angeeignet hat. Durch Verkettung komplizierter *Entscheidungsstrukturen* kann denn auch relativ leicht ein Benehmen oder Verhalten programmiert werden, das verblüffende «Intelligenz» aufweist. Arbeiten, die sich mit der Erstellung solcher *heuristisch* ermittelter Entscheidungsstrukturen befassen und dabei in weitem Sinne menschliches Verhalten zu simulieren versuchen, wurden unter dem Kapitel *Artificial Intelligence* zusammengefaßt. Diese Sparte hat sich mit einigen spektakulären Erfolgen rasch einen Namen ge-

schaffen und auch zu weitreichenden Spekulationen über die zukünftigen Computeranwendungen geführt, ja sogar zu einer Ueberprüfung des Begriffs der Intelligenz angeregt.

Als Schulbeispiel für eine einschlägige Arbeit sei die Erstellung eines Programms erwähnt, das einen Computer befähigt, *Schach* zu spielen. Das Programm wurde bereits derart verfeinert, daß es gute Turnierteilnehmer matt setzt und sogar aus den eigenen und des Gegners Mißerfolgen zu lernen weiß. Ein weiteres Beispiel ist ein Programm, welches in englischer Sprache stellt, Antworten aufnimmt und deren Sinn zu «verstehen», das heißt in einen Zusammenhang zu bringen versucht. Der «Gesprächspartner» wird dabei als psychiatrischer Patient behandelt! Beachtenswert ist dabei wiederum, daß der Psychiater — in Person des Computers — mit den erhaltenen Antworten sein Wissen anreichert und danach seine weiteren Fragen in ihm sinnvoll erscheinende Richtungen leitet. Diese Beispiele sind in der Tat spektakulär, aber es ist nicht übertrieben zu behaupten, daß sich das Gebiet der künstlichen Intelligenz nach anfänglichen Großereifolgen im Stadium der Stagnation befindet. Einzelne interessante Experimente stellen noch keine Wissenschaft dar; es geht darum, aus ihnen allgemein verwendbare Prinzipien abzuleiten. Und dies ist bisher nur sporadisch gelungen.

Es gibt zwei Probleme im Bereich der künstlichen Intelligenz, die ich hier noch besonders erwähnen möchte, weil es mir scheint, daß sie sehr wichtig und zugleich charakteristisch sind für die Schwierigkeiten, mit denen dieses Gebiet kämpft. Das erste ist das Problem der *Bildmustererkennung* (*pattern recognition*). Hier ist der heutige Computer ein reiner Versager. Während jedes Kind seine Mutter selbst aus einer großen Ansammlung von Menschen heraus sofort und mit absoluter Bestimmtheit zu erkennen weiß, fällt es heute jedoch dem leistungsfähigsten Computer schwer, ein handgeschriebenes X von einem U zu unterscheiden. Die Fähigkeit der raschen Bildmustererkennung würde dem Computer auf Antrieb weiteste Anwendungsgebiete erschließen — man denke nur an die Postsortierung —, und es wird daher hart an diesem Problem gearbeitet.

Das zweite Problem ist die *Führung von logischen Beweisen* oder allgemein das *Manipulieren mit formalen Systemen*. In einem weiteren Sinn läßt sich dieses wiederum auf das Mustererkennen — diesmal sind es Formelmuster — zurückführen. Erfolge auf diesem Forschungsgebiet könnten weitreichende Folgen auf die Praxis des Programmierens selbst haben: Es wäre denkbar, daß damit automatisch verifiziert werden könnte, ob erstellte Programme ihre Spezifikationen erfüllen oder ob sie unter gewissen Umständen versagen.

(Schluß folgt)

LIEGENSCHAFTEN

Generalunternehmer mit besten Referenzen erstellt für Sie im Werkvertrag

in Rüslikon

an prächtiger Aussichtslage

Doppeleinfamilienhaus

mit gepflegtem Innenausbau. Erforderliches Eigenkapital ca. Fr. 200 000.—
Anfragen sind erbeten u. Chiffre PB 900001-40 an Publicitas, 8021 Zürich.

Wegen Abreise zu verkaufen

6 1/2-Zimmer-Einfamilienhaus in Dietlikon

Konkursamtliche Liegenschaftensteigerung

In Spezialliquidationsverfahren gemäß VZG Art. 134 über die Firma

Artus AG, mit Sitz 5400 Baden, Weite Gasse 34, gelangt im Auftrag des Konkursamtes Baden AG, **Donnerstag, den 30. Januar 1969, 15 Uhr**, im Hotel Krone Untersträß, Schaffhauserstr. 1, 8006 Zürich, folgende Liegenschaft inklusive Zugehör auf öffentliche Versteigerung:

**Grundbuch Untersträß Blatt 1874
Plan 25, Kat. Nr. 1472**

Das Wohnhaus (Hotel Argovia mit Tea-Room) Schaffhauserstr. 137 in Zürich 6, unter Vers.-Nr. 1382 für Fr. 882 000.— versichert, Schätzung 1965, mit

5 Aren 01 3 m² Gebäudergrundfläche Hofraum und Garten.

Eckhaus mit Ladenlokal

große Schaufensterfront, beste Geschäftslage, an der Langstraße zu verkaufen.

Vermittler verbeten.

Anfragen an Chiffre B 527 B, Annoncenabteilung NZZ, 8021 Zürich.

Architekt verkauft an bester, sehr sonniger Lage in Wattwil SG

12-Familien-Haus

im Werkvertrag. Anzahlung Fr. 310 000.— Rendite 6,53 %.

Anfragen unter Chiffre 46677-44 an Publicitas, 8021 Zürich.

ZUR FLUH
VERWALTUNGS AG

Badenerstraße 681
8048 Zürich
Tel. (051) 62 58 57

vermietet

verwaltet

vermittelt

Ihre Liegenschaft zuverlässig und zu kulantem Bedingungen.

Für sämtliche

Maler-,
Tapezierer-

Computerwissenschaften

III.* (Schluß)

Die Ausbildung
in Computerwissenschaften

Wir haben nun eine Uebersicht über die wichtigsten Teile der Computerwissenschaften gegeben, ohne Anspruch auf Vollständigkeit zu erheben. Zum Beispiel wurden Anwendungsgebiete nicht erwähnt, die durch die Verfügbarkeit von großen Rechenanlagen erst richtig zu Bedeutung gelangten, wie die Gebiete des *Operations Research* und der *Simulation diskreter Systeme*, und die daher manchenorts als den Computer-Wissenschaften zugehörig angesehen werden. Als kennzeichnend für das neue Fachgebiet muß die starke Bindung mit Anwendungen bezeichnet werden sowie das Bemühen, für die Anwendungen relativ allgemein gültige Gesetze und Arbeitsmethoden herzustellen.

Ohne Zweifel erschließen sich dem Computer in Wirtschaft und Technik immer mehr Anwendungsgebiete; dementsprechend steigt die Nachfrage nach qualifizierten Arbeitskräften, deren Ausbildung an unseren Schulen nicht mehr länger ignoriert werden kann. Damit stellt sich die Frage, wo und auf welcher Schulstufe Computerwissenschaften zweckmäßig gelehrt werden sollen. Bevor wir darauf antworten, wollen wir die bisherige Entwicklung im Ausland kurz darstellen.

Die Entwicklung in den USA

Jede neue wissenschaftliche Disziplin entsteht heute als ein Spezialgebiet aus schon bestehenden Disziplinen. Es ist daher natürlich, daß sie dort zuerst Beachtung findet, wo die Spezialisierung am weitesten fortgeschritten ist: in der Forschung und im Studium nach dem Diplom. Im Fall Computerwissenschaften bildeten sich zuerst *Spezialistengruppen* in den Abteilungen für *Mathematik* und für *Elektronik* einiger weniger Hochschulen. Die von den Studenten, welche sich im neuen, aufstrebenden Gebiet auszubilden wünschten, zu erlernenden Kenntnisse nahmen rasch zu. Das Vertiefungsstudium wurde zusätzlich dadurch erschwert, daß all jener Stoff mitzulernen war, der in den Prüfungselementen der bestehenden Abteilungen für Mathematik oder Elektronik verankert ist. Manchen für das Spezialgebiet begabten Leuten wurde der Zutritt verweigert oder zumindest erschwert, weil sie entweder als Ingenieure ungenügende Fähigkeiten für abstrakte Mathematik besaßen oder weil sie als Mathematiker keine Ausbildung in praktischen Ingenieurwissenschaften (z. B. dem Zeichnen von Maschinenelementen) genossen hatten. Überall und immer haben die Vertreter von interdisziplinären Interessen Mühe, bei etablierten Abteilungen Anerkennung und Förderung zu erhalten. Die Tatsache, daß sich dennoch aus diesen unzufriedenstellenden Verhältnissen an einigen angesehenen Universitäten der USA eigene Abteilungen für «Computing Sciences» zu bilden vermochten, spricht eindeutig für das *flexible amerikanische Hochschulsystem*. Im Gegensatz zum bequemen Hang zur Tradition liegt sein Hauptvorteil gegenüber der europäischen Institution in der viel ausgesprochenen Dezentralisierung der Entscheidungsgewalten, in dem größeren Vertrauen, das man Leuten mit neuen Ideen und neuen Interessen zu schenken gewillt ist, und im vitalen Wagemut und an der Freude am Experimentieren. Auch hier besteht zwischen den beiden Welten weniger ein «technological gap» als ein «managerial gap».

Die ersten *Computer Science Departments* entstanden in den Jahren 1963 und 1964, und zwar am (damals) Carnegie Institute of Technology in Pittsburgh und an der Stanford University in Kalifornien. Seither haben sich Dutzende solcher Abteilungen etabliert, die man kann in letzter Zeit

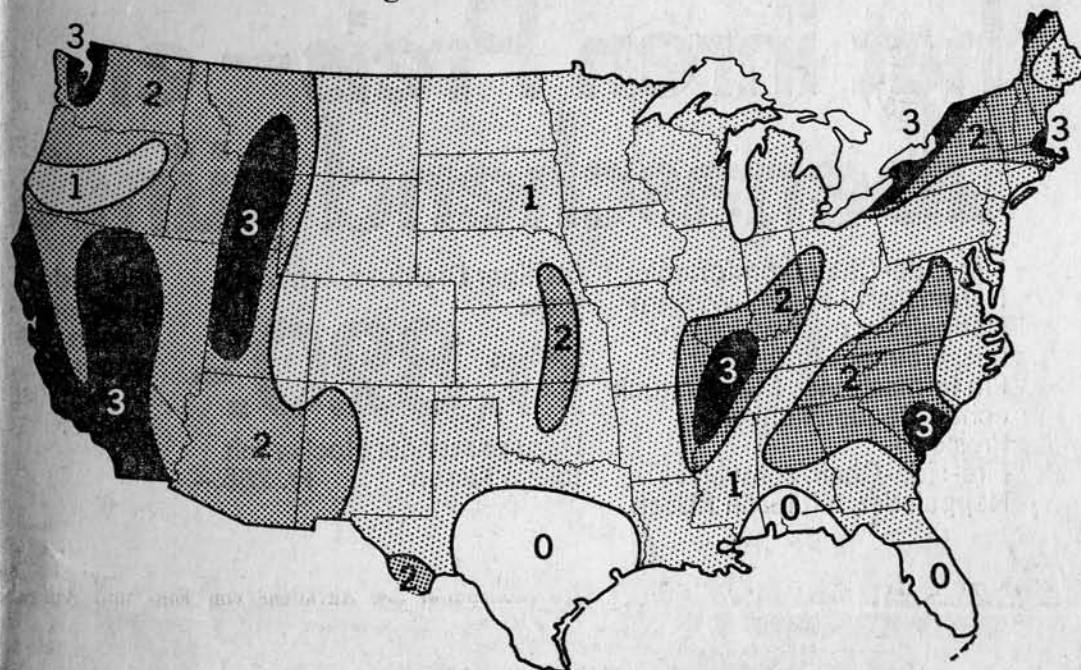
Die Institution des *Nachdiplomstudiums* (post graduate school) erleichterte die Einführung von Computerwissenschaftens-Abteilungen ganz wesentlich, entstanden doch die meisten als «Graduate Departments», welche nur Master- und Doktorgrade verleihen. Bereits macht sich aber ein Trend bemerkbar, diese Einschränkung aufzuheben und auch Bachelor-Diplome in Computerwissenschaften zu erteilen. Dabei werden die ersten Studienjahre sehr stark, aber nicht ausschließlich, mit Mathematik dotiert. Dieser Trend macht nicht halt an der unteren Grenze des Hochschulstudiums; vielmehr hat das Fachgebiet auch an den amerikanischen *Mittelschulen* seinen raschen Einzug gehalten. Die Bezeichnung «Computerwissenschaft» ist dabei allerdings kaum mehr angebracht. Von den vorhin aufgezählten Teilgebieten ist es vor allem das von mir als zentral bezeichnete, die Programmierung, für das sich die Mittelschulen interessieren. Es handelt sich denn auch nicht in erster Linie um das Arbeiten mit Computern, sondern vielmehr um die *Erziehung zum algorithmischen Denken*. Darunter verstehen wir die Betonung des konstruktiven vor dem rein kontemplativen Denken; oder konkreter ausgedrückt: die Erziehung dazu, Lösungsmethoden als schrittweise Rezepte zu konzipieren und exakt zu formulieren (z. B. mit Hilfe von Flußdiagrammen oder Programmiersprachen). Weil diese Fähigkeit heute auch in nichtakademischen Kreisen an Bedeutung rasch zunimmt, erscheint es als sinnvoll, auch die Mittelschuldidaktik danach zu orientieren. Eine Kommission von Mittelschullehrern hat zu diesem Zweck einen Lehrplan verfaßt mit dem Titel «Algorithms, Computation & Mathematics» (School Mathematics Study Group; A. C. Vroman Inc., Pasadena, CA 91105). Der Einwand, der Lehrstoff werde dadurch nochmals vergrößert, ist damit zu beantworten, daß durch die Einführung des algorithmischen Konstruierens als Grundelement viele andere Teilprobleme des üblichen Mathematikunterrichtes im Gegenteil rascher behandelt und erfaßt werden könnten. Daß im weiteren diese Ideen durch *Anschauungsunterricht* mit Hilfe eines kleinen Computers rascher zugänglich gemacht werden, ist selbstverständlich. Viele amerikanische Highschools haben daher nicht gezögert, ein solches Gerät anzuschaffen.

Die Situation in der Schweiz

In *Europa* — jedenfalls auf dem Kontinent — ist die Entwicklung in dieser Richtung weit zurückgeblieben. Selbst an unseren Hochschulen fassen die Computerwissenschaften nur zögernd Fuß. Im «Sonderfall Schweiz» ist dies aus zwei Gründen besonders erstaunlich: Erstens weil die Schweiz nach den Vereinigten Staaten die *höchste Anzahl Computer pro Arbeitskraft* besitzt (anfangs 1967 630 Computer je Million Arbeitskräfte in Amerika, 205 in der Schweiz), und zweitens weil die *ETH*, neben *Princeton* und *Harvard*, eine der ersten Hochschulen war, welche einen Computer betrieb (1950, Zuse Z-4), und wenig später sogar einen solchen selbst konstruierte (1954 ERMETH). Danach aber begann eine langandauernde Stagnation; ein rasch aufstrebendes Fachgebiet wurde vernachlässigt, die seltene Chance, mit bescheidenen Mitteln grundlegende Arbeiten beizutragen, wurde verpaßt. Die Gründe wurden bereits erwähnt.

Mit der Schaffung einer Fachgruppe Computerwissenschaften wurde von seiten der Behörden und der Fakultäten der Wille kundgetan, die Existenz des neuen Fachgebietes anzuerkennen. Traditionsgemäß wurde Belustigung der Großzügigkeit allerdings vorgezogen, kann doch

Erdbebengefährdete Zonen in den USA



Die 1969 erschienene Karte der von Erdbeben gefährdeten Zonen in den USA basiert auf gleichen Darstellungen aus den Jahren 1948 und 1951. Zone 0: keine Schäden zu erwarten; Zone 1: wenig gefährdet; Zone 2: mäßiges Risiko; Zone 3: Erdbeben mit schweren Zerstörungen.

E. Bdt. Eine von der Environmental Services Administration des US Coast and Geodetic Survey veröffentlichte Karte teilt die *Vereinigten Staaten* (ausgenommen Hawaii und Alaska) nach der Wahrscheinlichkeit auftretender *Erdbebenschäden* in vier Zonen ein. In Zone 0, welche die Anschwemmen des Südens umfaßt, ist aller Wahrscheinlichkeit nach mit keinen Erdbebenschäden zu rechnen. Ein geringes Schadenrisiko besteht in Zone 1, die fast den ganzen mittleren Westen und große Gebiete der östlichen Bundesstaaten umfaßt (eventuelle Schäden dürften hier geringfügig sein). Mäßige («moderate») Erdbebenschäden könnten in Zone 2 auftreten. Erdbeben, die von schweren Zerstörungen begleitet sind, können Siedlungen und Landschaften in der Zone 3 heimsuchen (vor allem in Kalifornien und anderen Teilen im Westen der USA, aber auch an der Atlantikküste und im Norden der Staaten New York und Maine).

Die Karte sagt nichts über das wahrscheinliche Auftreten von Erdschütterungen aus; sie will allein auf *mögliche* Schäden hinweisen. Einer ihrer Hauptzwecke liegt darin, den Behörden *Unterlagen für baupolizeiliche Vorschriften* zu geben. So müssen *Gebäude, Brücken und Dämme* in Zone 3 erdbebensicher konstruiert werden. In Zone 0 hingegen können solche Maßnahmen außer acht gelassen werden.

Daß auch der *mittlere Westen* erdbebengefährdet ist, ist selbst in den USA nur wenigen bekannt. Tatsächlich ereignete sich aber eines der schwersten Beben des letzten Jahrhunderts in der Gegend von *New Madrid (Missouri)*. Die Erdstöße begannen im Dezember 1811 und dauerten mit Unterbrechungen bis zum Februar 1812. Im benachbarten Tennessee bildete sich damals ein größerer See — der *Reelfoot Lake* —, der noch heute besteht.

wesentlich von der baldigen personellen Erweiterung dieser Gruppe abhängt.

Selbstverständlich teilt sich die zu leistende Arbeit in *Forschung und Lehre* auf. Dabei ist es mit den beschränkten Mitteln unumgänglich, sich auf bestimmte Teilgebiete zu konzentrieren. Dies ist allerdings in der Forschung leichter möglich als in der Lehre, jedenfalls wenn angestrebt wird, dem Studenten einen Gesamtüberblick — eine Allgemeinbildung innerhalb des Spezialgebietes — zu vermitteln. Es soll daher in erster Linie dargelegt werden, wie der entworfene Spezialstudienplan innerhalb der Computerwissenschaften strukturiert ist und wo die Schwerpunkte gesetzt sind.

Entwurf für einen Studienplan

Vorbedingung für jedes Studium in Computerwissenschaften ist ein *Einführungskurs für das Programmieren* mit einer Formelsprache. Dieser Kurs, vierstündig mit Übungen, ist für das erste Semester bestimmt und für Studenten der Abteilungen für Mathematik, Physik und Ingenieurwesen obligatorisch. Diese bereits in Kraft stehende und sicher sinnvolle Bestimmung stempelt diesen Einführungskurs zum *Servicekurs*. Er wird

Hardwaresysteme ist die Errichtung eines *Computer-Labors* geplant. Dieses soll mit einem Kleincomputer und den dazu erforderlichen peripheren Geräten ausgerüstet sein und es den Studenten ermöglichen, sowohl in den Übungen zu Vorlesungen wie auch für *selbständige Arbeiten* unmittelbar Hand an ein komplettes Hardware-System zu legen.

Es ist unumgänglich, diesem Lehrplan auch ein Prüfungsreglement anzuschließen und die Computerwissenschaften in das Diplomregulativ aufzunehmen. Als Uebergangslösung wird die Schaffung eines Wahlfachs innerhalb des Mathematikstudiums, als Ziel die Schaffung einer eigentlichen Diplomrichtung Computerwissenschaften angestrebt.

Der dargelegte Plan mag in Anbetracht der beschränkten Kräfte der neuen Fachgruppe als ambitioniert angesehen werden. Im Vergleich mit bereits bestehenden Abteilungen dieses Faches an führenden amerikanischen Universitäten fällt er hingegen bescheiden aus. Er stellt tatsächlich das Minimum dar, das zur Rechtfertigung der Behauptung notwendig ist, an unseren Hochschulen sei eine seriöse Ausbildung in Computerwissenschaften möglich. Und diese Behauptung möchten

thematik und für *Elektronik* einiger weniger Hochschulen. Die von den Studenten, welche sich im neuen, aufstrebenden Gebiet auszubilden wünschten, zu erlernenden Kenntnisse nahmen rasch zu. Das Vertiefungsstudium wurde zusätzlich dadurch erschwert, daß all jener Stoff mitzulernen war, der in den Prüfungselementen der bestehenden Abteilungen für Mathematik oder Elektronik verankert ist. Manchen für das Spezialgebiet begabten Leuten wurde der Zutritt verwehrt oder zumindest erschwert, weil sie entweder als Ingenieure ungenügende Fähigkeiten für abstrakte Mathematik besaßen oder weil sie als Mathematiker keine Ausbildung in praktischen Ingenieurfächern (z.B. dem Zeichnen von Maschinenelementen) genossen hatten. Ueberall und immer haben die Vertreter von interdisziplinären Interessen Mühe, bei etablierten Abteilungen Anerkennung und Förderung zu erhalten. Die Tatsache, daß sich dennoch aus diesen unzufriedenstellenden Verhältnissen an einigen angesehenen Universitäten der USA eigene Abteilungen für «Computing Sciences» zu bilden vermochten, spricht eindeutig für das *flexible amerikanische Hochschulsystem*. Im Gegensatz zum bequemeren Hang zur Tradition liegt sein Hauptvorteil gegenüber der europäischen Institution in der viel ausgesprochenen Dezentralisierung der Entscheidungsgewalten, in dem größeren Vertrauen, das man Leuten mit neuen Ideen und neuen Interessen zu schenken gewillt ist, und im vitalen Wagemut und an der Freude am Experimentieren. Auch hier besteht zwischen den beiden Welten weniger ein «technological gap» als ein «managerial gap».

Die ersten *Computer Science Departments* entstanden in den Jahren 1963 und 1964, und zwar am (damals) Carnegie Institute of Technology in Pittsburgh und an der Stanford University in Kalifornien. Seither haben sich Dutzende solcher Abteilungen etabliert, ja man kann in letzter Zeit direkt von einem «Computer Science Rush» sprechen; es scheint geradezu, daß eine Universität, die etwas auf sich hält, es sich nicht mehr versagen kann, eine solche Abteilung zu besitzen. Der stürmische Andrang der Studenten scheint die Eile zwar zu rechtfertigen, doch tritt plötzlich die Beschaffung qualifizierter Lehrkräfte als ein äußerst schwieriges Problem auf.

* Vgl. Nr. 10, S. 5 (Fernaussgabe Nr. 7, S. 39) und Nr. 26, S. 5 (Fernaussgabe Nr. 14, S. 26).

mit zu beantworten, daß durch die Einführung des algorithmischen Konstruierens als Grundelement viele andere Teilprobleme des üblichen Mathematikunterrichtes im Gegenteil rascher behandelt und erfaßt werden könnten. Daß im weiteren diese Ideen durch *Anschauungsunterricht* mit Hilfe eines kleinen Computers rascher zugänglich gemacht werden, ist selbstverständlich. Viele amerikanische Highschools haben daher nicht gezögert, ein solches Gerät anzuschaffen.

Die Situation in der Schweiz

In *Europa* — jedenfalls auf dem Kontinent — ist die Entwicklung in dieser Richtung weit zurückgeblieben. Selbst an unseren Hochschulen fassen die Computerwissenschaften nur zögernd Fuß. Im «Sonderfall Schweiz» ist dies aus zwei Gründen besonders erstaunlich: Erstens weil die Schweiz nach den Vereinigten Staaten die *höchste Anzahl Computer pro Arbeitskraft* besitzt (anfangs 1967 630 Computer je Million Arbeitskräfte in Amerika, 205 in der Schweiz), und zweitens weil die *ETH*, neben *Princeton* und *Harvard*, eine der ersten Hochschulen war, welche einen Computer betrieb (1950, Zuse Z-4), und wenig später sogar einen solchen selbst konstruierte (1954 ERMETH). Danach aber begann eine langandauernde Stagnation; ein rasch aufstrebendes Fachgebiet wurde vernachlässigt, die seltene Chance, mit bescheidenen Mitteln grundlegende Arbeiten beizutragen, wurde verpaßt. Die Gründe wurden bereits erwähnt.

Mit der Schaffung einer Fachgruppe Computerwissenschaften wurde von seiten der Behörden und der Fakultäten der Wille kundgetan, die Existenz des neuen Fachgebietes anzuerkennen. Traditionsgemäß wurde Behutsamkeit der Großzügigkeit allerdings vorgezogen, kann doch die Erstellung einer Fachgruppe mit drei Lehrkräften durch Umbenennung zweier bestehender Mathematikprofessuren und Neuernennung eines einzigen — dazu noch zwischen Universität und *ETH* halbierten — Professors eher als diplomatischer Kunstgriff denn als überzeugte Tat nach besserer Einsicht ausgelegt werden. Vielleicht bietet sich aber doch die Gelegenheit, Versäumtes nachzuholen, und ich möchte daher die Pläne der neuen Fachgruppe kurz erläutern. Es wird dabei leicht erkennbar sein, daß deren Gelingen ganz

wesentlich von der baldigen personellen Erweiterung dieser Gruppe abhängt.

Selbstverständlich teilt sich die zu leistende Arbeit in *Forschung und Lehre* auf. Dabei ist es mit den beschränkten Mitteln unumgänglich, sich auf bestimmte Teilgebiete zu konzentrieren. Dies ist allerdings in der Forschung leichter möglich als in der Lehre, jedenfalls wenn angestrebt wird, dem Studenten einen Gesamtüberblick — eine Allgemeinbildung innerhalb des Spezialgebietes — zu vermitteln. Es soll daher in erster Linie dargelegt werden, wie der entworfenen Spezialstudienplan innerhalb der Computerwissenschaften strukturiert ist und wo die Schwerpunkte gesetzt sind.

Entwurf für einen Studienplan

Vorbedingung für jedes Studium in Computerwissenschaften ist ein *Einführungskurs für das Programmieren* mit einer Formelsprache. Dieser Kurs, vierstündig mit Übungen, ist für das erste Semester bestimmt und für Studenten der Abteilungen für Mathematik, Physik und Ingenieurwesen obligatorisch. Diese bereits in Kraft stehende und sicher sinnvolle Bestimmung stempelt diesen Einführungskurs zum *Servicekurs*. Er wird bereits jedes Semester von etwa 300 bis 400 Studenten besucht, was für die neue Fachgruppe eine erhebliche Vorbelastung mit sich bringt. Weil bei der Programmierung die Praxis eine große Rolle spielt, wird den Studenten die Möglichkeit geboten, sich in den folgenden Semestern durch Teilnahme an einem *Praktikum* weiter zu üben.

Das eigentliche Vertiefungsstudium soll ungefähr im fünften Semester beginnen. Der Lehrplan weist die Struktur eines Baumes mit drei Hauptstämmen auf: *Programmierung und Systemaufbau*, *Numerische Mathematik*, *Automatentheorie*.

Im ersten Stamm sollen in einer Sequenz von zwei *Grundvorlesungen* mit Übungen die systematische Programmierung, die Analyse von Programmen, die Prinzipien von Computersystemen und die Theorie der Datenstrukturen behandelt werden. An den ersten Teil der Sequenz soll ein Kurs über die *Technik der Datenverarbeitung* mit Betonung der in kommerziellen Aufgaben auftretenden Probleme und Techniken anschließen. Der zweite Teil liefert die nötigen Vorkenntnisse für Spezialvorlesungen über *Programmiersprachen* und deren *Uebersetzer* einerseits, von *Computer-Betriebssystemen* andererseits.

Der zweite Stamm besteht aus einer Sequenz von drei Kursen über *Numerische Methoden*, ergänzt durch ein *Numerisches Praktikum*. Voraussetzung für diese Kurse sind die üblichen Grundlagenvorlesungen in Mathematik, vor allem Analysis.

Im dritten Stamm wird in zwei Vorlesungen die *Theorie der Automaten, der formalen Sprachen und der Berechenbarkeit* behandelt. Ein zurzeit noch nicht existierender, einsemestriger Kurs über die Grundlagen der mathematischen Logik, der Mengenlehre und der Kombinatorik erscheint als dringend erwünscht für die notwendige mathematische Vorbildung.

Als Werkzeug und Hilfe zum Anschauungsunterricht in den Fächern über Software- und

Daß auch der *mittlere Westen* erdbebengefährdet ist, ist selbst in den USA nur wenigen bekannt. Tatsächlich ereignete sich aber eines der schwersten Beben des letzten Jahrhunderts in der Gegend von *New Madrid (Missouri)*. Die Erdstöße begannen im Dezember 1811 und dauerten mit Unterbrechungen bis zum Februar 1812. Im benachbarten Tennessee bildete sich damals ein größerer See — der *Reelfoot Lake* —, der noch heute besteht.

Hardwaresysteme ist die Errichtung eines *Computer-Labors* geplant. Dieses soll mit einem Kleincomputer und den dazu erforderlichen peripheren Geräten ausgerüstet sein und es den Studenten ermöglichen, sowohl in den Übungen zu Vorlesungen wie auch für selbständige Arbeiten unmittelbar Hand an ein komplettes Hardware-System zu legen.

Es ist unumgänglich, diesem Lehrplan auch ein Prüfungsreglement anzuschließen und die Computerwissenschaften in das Diplomregulativ aufzunehmen. Als Uebergangslösung wird die Schaffung eines Wahlfaches innerhalb des Mathematikstudiums, als Ziel die Schaffung einer eigentlichen Diplomrichtung Computerwissenschaften angestrebt.

Der dargelegte Plan mag in Anbetracht der beschränkten Kräfte der neuen Fachgruppe als ambitiös angesehen werden. Im Vergleich mit bereits bestehenden Abteilungen dieses Faches an führenden amerikanischen Universitäten fällt er hingegen bescheiden aus. Er stellt tatsächlich das Minimum dar, das zur Rechtfertigung der Behauptung notwendig ist, an unseren Hochschulen sei eine seriöse Ausbildung in Computerwissenschaften möglich. Und diese Behauptung möchten wir so bald wie möglich mit gutem Gewissen aussprechen können. Es liegt viel Arbeit vor der neuen Fachgruppe, für deren Erfolg die großzügige Unterstützung durch die Behörden und das tolerante Verständnis der Fakultätsorgane unumgängliche Voraussetzungen sind.

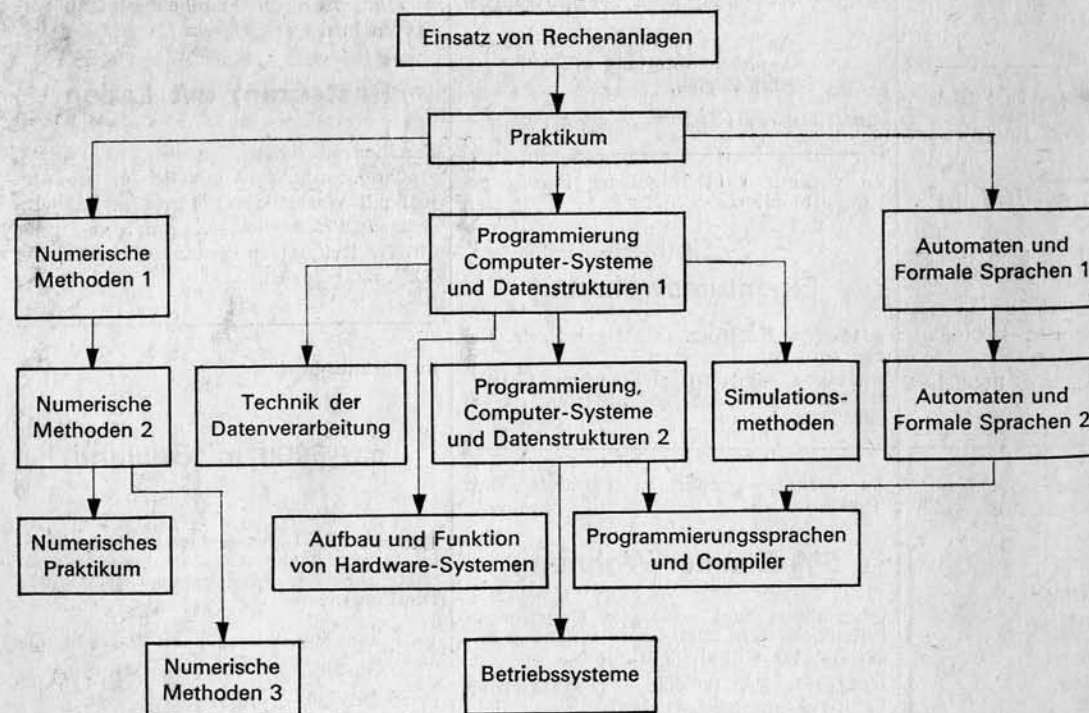
Niklaus Wirth

Professor für Computerwissenschaften
an der ETH und an der Universität Zürich

Erfolg des Weltraumobservatoriums OAO 2

-yer. Das am 7. Dezember 1968 auf eine Erdumlaufbahn gebrachte Weltraumobservatorium OAO 2 (Orbiting Astronomical Observatory) arbeitet nach einer Mitteilung der amerikanischen Weltraumbehörde NASA zufriedenstellend. Die «fliegende Sternwarte» hat bis jetzt zwanzigmal mehr Informationen gesammelt als die seit 15 Jahren verwendeten Höhenforschungsraketen zusammen. OAO 2 nimmt vor allem Messungen der *ultravioletten Strahlung* junger, heißer Sterne vor, die wegen der störenden Atmosphäre von der Erde aus nicht gemessen werden kann.

OAO 2 führt *elf Teleskope* mit sich. Die sieben von der *Universität Wisconsin* betreuten Instrumente haben bis jetzt Daten über 98 Himmelsobjekte übermittelt (eingeschlossen den Planeten Saturn). Vier vom *Smithsonian Astrophysical Observatory* bediente Beobachtungsvorrichtungen fotografieren außerdem mehr als hundert Sterne pro Tag. Einer der Vorteile des Satelliten ist es, daß er unabhängig von den Wetterbedingungen arbeiten kann. An den Beobachtungssatelliten wurden mehr als 40 000 Informationen von der Erde aus gesandt; er selbst gab 4 Millionen an die Erde zurück. Nach der Meinung vieler Astronomen kommt OAO 2 dieselbe Bedeutung zu wie der Erfindung des Teleskops.



Vorschlag für einen Studienplan in Computerwissenschaften