

Was ist so faszinierend an der Informatik?

Nach rückwärts wird in der Informatik der Blick selten gewandt, und auch nach vorwärts nicht so häufig, wie es scheint. Technik und Wissenschaft um den Computer verändern sich so rasend schnell, daß alle genug damit zu tun haben, die Füße auf dem Boden zu halten. Vergangenes ist veraltet und Zukünftiges höchstens in Visionen sichtbar; beides hat keinen echten Bezug zur Gegenwart. Im Projekt Sozialgeschichte der Informatik wollten wir aus der Untersuchung vergangener Entwicklungen die gegenwärtigen verstehen, um sie besser beeinflussen zu können und damit zu den zukünftigen beizutragen.

Ich habe die Arbeit des Projekts als Sprecher begleitet. Zugang zu der Thematik hatte ich von meiner langjährigen Auseinandersetzung mit Formalisierung als einem Hauptwerkzeug informatischen Tuns her. Ein evolutionäres Lernmodell, das ich aus Ansätzen in der Kybernetik gewonnen hatte (Siefkes 1991), erwies sich mir als verlässliches Hilfsmittel, die Entwicklung und die Ergebnisse des Projekts zu verstehen und für weitere theoretische Arbeit zu nutzen; erst dadurch wurde die soziale Komponente des Modells explizit. Vertraut mit *kleinen Systemen* (Siefkes 1992a) rückte ich Geschichten in das Zentrum geistiger Entwicklung (Siefkes 1994) und (kleine) Gruppen in das Zentrum sozialer, insbesondere wissenschaftlicher und technischer, Entwicklung (Siefkes 1998b). Sie sind die Sinneinheiten, in denen wir – getragen und beschränkt von starren Formen in uns und um uns – »lernen, leben und arbeiten« und dadurch diese Bedingungen und Möglichkeiten verändern (Siefkes 1997).

Auch für meine praktische Arbeit als Hochschullehrer hat das Projekt vielfältige Konsequenzen gehabt, die weiterzugeben mir wichtig ist. Die Lehre in der Informatik sehe ich als in ihrem Kanon konservativ und in ihrem aktuellen Angebot modeabhängig – beides, weil eine Standortbestimmung in der Informatik so schwierig erscheint. Eine breitere Sicht ist notwendig. Deswegen arbeite ich in meinen Lehrveranstaltungen die unterschiedlichen Sichtweisen auf den Stoff heraus, ordne ihn insbesondere in die historische Entwicklung ein. Nicht zufällig ist jetzt ein Studienreformprojekt zum Thema *Geschichte als Zugang zur Informatik* bei mir angesiedelt. In der Forschung gibt es eine gewisse Tradition, die Entwicklung nicht nur am jeweiligen technischen und wissenschaftlichen Stand festzumachen, sondern mögliche soziale und kulturelle Folgen einzubeziehen und auch darüber hinaus die Erkenntnisse anderer Disziplinen zu nutzen. Diese Tradition kann durch die Einsicht gestärkt werden, daß die Informatik nicht nur mit anderen Bereichen verflochten ist, sondern in ihrer Entwicklung von kulturellen und sozialen Strömungen getragen wird.

In der vorliegenden Arbeit ordne ich das Konzept der Hybridobjekte in diesen sozial- und erkenntnistheoretischen Rahmen ein. Die Mitarbeiter des Projekts haben es aus der Analyse informatischer Texte gewonnen und zur Rekonstruktion von Orientierungen verwendet, die in der Entwicklung der Informatik eine Rolle gespielt haben und spielen (Eulenhöfer 1998b, Stach 1998b). In Hybridobjekten sind zueinander duale und daher unverträgliche Formen, die nur in Prozessen verschmelzen können, auf versteckte Weise in eins gedacht. Das erlaubt Informatikern, zwischen unterschiedlichen Sichtweisen unversehens hin- und herzuwechseln und so gegensätzliche Weisen des Zugangs zu ihren Objekten zu kombinieren. Darin sehe ich die Faszination informatischen Arbeitens. – Ich schließe direkt an meine Arbeit (Siefkes 1998a) an, in der ich die Dualismen analysiere, die unsere Kulturgeschichte durchziehen und sich auch in der Informatik niedergeschlagen haben.

Faszination an Beweisen und Programmen

Neulich ist mir ein Beweis zusammengebrochen. Turing hat die Unentscheidbarkeit des Halteproblems schon 1936 bewiesen; aber in meiner Darstellung im Skript war ein Fehler. Ein aufmerksamer Mitarbeiter entdeckte ihn, und ich konnte ihn nicht reparieren. Ich bastelte stundenlang, wurde unendlich, meine Familie ging auf Abstand. Am nächsten Morgen unter der kalten Dusche kam mir die rettende Idee. Ich hatte eine Kleinigkeit übersehen, eine Codierung nicht richtig verstanden. Jetzt konnte ich die Stelle berichtigen, den Beweis wieder herstellen; er wurde schöner als vorher.

Was fasziniert uns an einem mathematischen Beweis? Mathematische Gegenstände sind abstrakt, noch abstrakter als Zahlen. Mathematische Beweise sind formal, sie beziehen sich nur auf diese Abstraktionen, haben keinen Bezug zur Realität. Gefühle haben da nichts zu suchen. Der Beweis ist uralte, ich habe ihn nicht selbst geschrieben, nur einen vorgegebenen ein bißchen anders dargestellt.

Trotzdem hat mich die Geschichte so mitgenommen. Der Hinweis auf den Fehler hat mich zunächst nicht beunruhigt. Erstmal sehen. Auch als ich den Fehler selber sah, blieb ich gelassen. Das ist mir, sogar bei diesem Beweis, schon oft passiert; das kriege ich hin. Fehler finden und eliminieren ist der beste Weg zu einem tieferen Verständnis. Erst als das Problem sich als hartnäckig erwies, als alle Versuche immer wieder auf dasselbe Dilemma führten, das auf beiden Seiten nur eine Sackgasse ließ, stieg eine seltsame Mischung aus Wut (über die verlorene Zeit), Angst (»Ich krieg's nicht hin.«), trotziger Freude (»Vielleicht ist der Beweis wirklich falsch. Auch Turing kann sich irren. Dann werden wir berühmt.«) und Verzweiflung (»Ich werde zu alt für Mathematik.«) in mir hoch. Der Beweis sog mich ein, ich verschwand aus der Welt.

Der Beweis wurde mein Baby. Und wie ein krankes Kind nahm er mich ganz gefangen. Schlimmer noch: Ein Kind, das ich pflege, hat seine eigenen Stärken und Schwächen; ein Möbel, das ich baue, hat seine geraden Kanten und krummen Touren. Für meinen Beweis bin ich allein verantwortlich. Den Formalismus hat ein anderer erdacht, sogar den ursprünglichen Beweis; aber ich habe mir beide zu eigen gemacht, die Brücken nach draußen sind abgebrochen, ich habe mich selbst in dem formalen Gemäuer eingesperrt. Der Beweis ist nicht mein Baby, er ist Teil meiner selbst geworden. Der Beweis ist in mir, und ich bin im Beweis.

Programmieren absorbiert noch mehr als Beweisen. Zwar arbeite ich an einer Maschine, am »Rechner«, und diese Maschine empfinde ich als höchst widerständig. Sie übersieht keine Kleinigkeit, macht unerbittlich genau die Schritte, die ich ihr vor-

schreibe. Und wenn ich mir beim Schreiben etwas anderes gedacht habe, kommt es sofort heraus – wenn ich Glück habe; wenn ich Pech habe, erst später bei einer kritischen Anwendung. Aber die Maschine ist nur das Medium, durch das ich das Gedankengebäude kontrolliere, indem sie es realisiert und so Fehler erkennbar macht. Wie beim Beweisen habe ich mich auf einen Formalismus eingelassen, hier eine Programmiersprache, und bin allein verantwortlich, wenn mein geistiges Baby falsch läuft.

Das Laufen macht den Unterschied! Mathematische Gegenstände bewegen sich nicht; mathematische Aussagen stellen formale Sachverhalte auf, mathematische Beweise zurren sie fest. Mathematiker formalisieren; das heißt, sie gießen Flüssiges in feste Formen. Informatiker programmieren; das heißt, sie schreiben vor, wie Programme – früher für Rechnungen, heute für ganze Systeme – ablaufen sollen. Die Aufgaben und die Ergebnisse sind formal wie in der Mathematik, auch die einzelnen Schritte. Aber das Programm soll laufen, nicht stehen.

Natürlich ist das kein Gegensatz, nicht einmal ein klarer Unterschied. Rechenverfahren sind neben Beweisen der eigentliche Gegenstand der Mathematik. Und die ersten »Informatiker« – damals hießen sie nicht so – waren überwiegend Mathematiker, die daran arbeiteten, ihre immer aufwendiger werdenden Berechnungen von Maschinen durchführen zu lassen (Eulenhöfer 1998b). Aber damit entfernten sie sich zunehmend von den »reinen« Mathematikern, die zur gleichen Zeit die »moderne« Mathematik immer stärker auf Strukturen gründeten, also auf Unveränderliches.

Hybridobjekte in der Informatik

Informatiker arbeiten mit formalen Gebilden, die sich schrittweise bewegen. So klingt es zumindest in ihren Beschreibungen. John von Neumanns erster Entwurf eines Elektronenrechners »hat Organe« für Ein- und Ausgabe, für Rechnen und Speichern und für die Steuerung. Die Organe »bestehen aus Neuronen«, bilden also ein Gehirn, das selbständig entscheidet und Befehle ausführt. Gleichzeitig bilden sie eine Maschine; ausführlich diskutiert von Neumann die Probleme der technischen Realisierung. Und schaltet und waltet doch mit der organischen Geistmaschine, als wäre es ein mathematisches Konstrukt. So lese ich Heike Stachs Analyse (Stach 1998b). Von Neumann geht es wie mir, denke ich; er versetzt sich selber, den rechnenden Organismus, in die Maschine, die er entwirft. Er ist in der Maschine und die Maschine in ihm. Ein »Hybridobjekt«.

Von Neumann steht damit in der Tradition Alan Turings, der in seiner Dissertation (1936–37) einen Formalismus, in dem man alle Berechnungen darstellen kann, als eine Maschine beschreibt. Turing fängt an: »Wir können einen Mann, der gerade eine reelle Zahl berechnet, mit einer Maschine vergleichen, die ...«. Und begründet seine Definition aus den Tätigkeiten des Mathematikers und aus den Eigenschaften des menschlichen Gehirns. Die Maschine bleibt auf dem Papier, aber sie bewegt sich wie ein rechnender Mathematiker. Und bewegt damit die Herzen von Mathematikern. Der Logiker Alonzo Church hatte schon vorher die These aufgestellt, durch andere, äquivalente Formalismen seien alle Berechnungen adäquat erfaßt. Davis vermutet, erst Turings Maschine habe Gödel davon überzeugt (Davis 1982). Maschinen,

die wie Mathematiker rechnen, wirken stärker als Formalismen, in denen Rechnen durch Regeln festgelegt wird. In dem Sinn ist Turing der erste Informatiker, obwohl zweifelhaft ist, ob er die Rechenentwicklung wirklich beeinflusst hat (Heintz 1993, Kap. 7).

Hybridobjekte ganz anderer Art entdeckt Eulenhöfer in der Entwicklung von Computern und der Entstehung der Informatik in der Bundesrepublik Deutschland (Eulenhöfer 1998b). Die neuen »Rechenautomaten« wurden als Automatisierungen der damals üblichen Rechenbüros gesehen; sie vereinigten also in sich die Fähigkeiten herkömmlicher Tischrechenmaschinen und ihrer Bedienerinnen. Zur Zähmung dieser faszinierenden Gebilde war eine neue Zunft von Mathematikern nötig, die mit ihnen umgehen konnten. Fünfzehn Jahre später konnten die Verfechter dann argumentieren, daß die Monster nicht nur Zahlen, sondern Information verarbeiteten, also von solcher allgemeinen Bedeutung seien, daß eine neue Disziplin, »Informatik«, geschaffen werden müsse (Eulenhöfer 1998a).

Ökologische Wissenschaft

Welche Vorstellung von Wissenschaft liegt dem zugrunde? Üblicherweise wird wissenschaftliches Arbeiten als Zerlegen, Klassifizieren, Hierarchisieren verstanden (Siefkes 1993b). Ich zerlege vorgefundene Sachverhalte, bis sie unter meine Begriffe passen, und setze sie neu zusammen, wie es meinem angesammelten Wissen entspricht; mache ich das mit genügender Ausdauer, erhalte ich eine Theorie, die weiteres Zerlegen und Zusammensetzen erleichtert und bestimmt. Und so weiter.

Gegenstände und Begriffe, Wissen und Theorien sind aber »Repräsentationen«: Formen, die aus Prozessen entstehen, die in früheren Formen ablaufen, und so weiter. Begriffe sind innere Repräsentationen unseres Denkens, so wie das Leben von Fischen durch die Gene, die sie in sich tragen, repräsentiert wird. Dinge und Lebewesen sind äußere Repräsentationen von Naturvorgängen und menschlichem Handeln, so wie das Leben von Fischen durch die Welt, die sie von außen trägt, repräsentiert wird. Wissen verbindet beides. Von außen betrachtet repräsentiert es unser Denken, von innen betrachtet unser Handeln.

So statisch betrachtet sind *Geist* und *Welt* zwei getrennte Bereiche, die über das Wissen durch Handeln und Wahrnehmen verbunden sind. Kommunizieren ist ein geistiger Vorgang: Mit Hilfe von Zeichen, externalisierten Verweisen auf die Welt, tauschen Geister Botschaften aus; folgen wir den Wegweisern, erfahren wir etwas übereinander und die Welt. Wer »wir« sind, bleibt unklar.

Repräsentationen sind aber dynamisch: Formen entstehen aus Prozessen und ermöglichen und bestimmen neue Prozesse. So gehen Geist und Welt auseinander hervor, aus drinnen wird draußen, aus draußen wird drinnen. Wenn wir kommunizieren, tauschen nicht Geister Repräsentationen aus, sondern verschmelzen geistige Prozesse für einen kreativen Moment. Das habe ich in langen streitbaren Auseinander- und Zusammensetzungen mit meiner Frau gelernt und oft beschrieben (z. B. Siefkes 1995): Beim Zuhören nehme ich nicht ihr Wissen auf, sondern sage lautlos die Frage, die sie gerade beantwortet. Beim Reden schiebt sie nicht Wissen über den Tisch, sondern horcht auf die Frage, die sie mich gerade stellen läßt.

In diesem ökologischen Modell von Lernen und Lehren (Siefkes 1991) sind also die Schüler nicht leere Gefäße und die Lehrer nicht volle Flaschen. (Wer hält bloß den Trichter?) Der Lehrer wird auch nicht auf das Umfeld der Schüler reduziert, dem sie sich anzupassen haben, wenn sie überleben wollen, oder das sich ihnen anzupassen hat, wenn er sein Lehrziel erreichen will. Im ökologischen Modell sind Lehrer und Schüler Menschen, die einen Weg geistig gemeinsam gehen wollen. Eine gute Lehrerin kennt viele Wege und sucht nach solchen, die für die Schüler gangbar sind. Sie weiß aber auch: Die Schüler müssen selber gehen, sehen reicht nicht; sie muß mitgehen, zeigen reicht nicht. Denn den Weg, den sie gehen können, gibt es nicht; er entsteht beim Laufen (Varela et al. 1991, Wagemann 1991, Siefkes 1998a).

Das gilt für die Wissenschaft wie für die Schule. In einer klassisch betriebenen Wissenschaft zerlegen wir das Land in Gebiete, um es dann durch Wege wieder zugänglich zu machen. Dafür müssen wir es schon kennen, es kommt wenig Neues heraus, wir bringen vor allem unsere Vorurteile hinein. In einer ökologischen Wissenschaft (Siefkes 1993a, 1998b) gehen wir von Beziehungen aus und finden dabei unsere Grenzen. Wir lassen Prozesse laufen und schaffen dabei neue Formen. Neues Wissen entsteht durch gemeinsames Suchen von Wegen, die schon unsere Spuren tragen. Wir reduzieren nicht Komplexität, sondern sind kreativ aus der Vielfalt heraus. In dem Sinn ist ökologische Wissenschaft besser als klassische: Sie erhöht die Vielfalt. Diese Wertung ist nicht absolut, aber sie trägt die kleinen Systeme, in denen wir sie betreiben. Praktisch werden wir beide Zugänge kombinieren; aber für einen Trampelpfad muß ich nicht kämpfen.

Die Einheit von Denken, Fühlen, Handeln

Noch fehlen in dem Modell die Gefühle. Unser Denken und Argumentieren ist immer emotional bestimmt. Auch in wissenschaftlichen Diskussionen, ob wir sie in der Runde mit Kollegen oder einsam am Schreibtisch führen, fühlen wir uns streitbar oder gelangweilt, suchen Ausgleich oder Versöhnung, unterwerfen uns oder triumphieren. Emotionen tragen unser Denken und Handeln. Ob wir eine wissenschaftliche Aussage annehmen oder ablehnen, hängt stark davon ab, welchen Wert wir der Entwicklung und den Beteiligten, dem verwendeten Zugang und den zugrundeliegenden Theorien beimessen; die rationale Begründung suchen wir später. Das gilt umso mehr – nicht weniger –, je rationaler der Bereich angelegt ist. Wer Mathematik mit Angst oder Ehrfurcht betrachtet, bleibt mathematisch erfolglos, was die Ehrfurcht oder Angst nur steigert. »How can you do New Math problems with an Old Math mind?« fragt Charlie Brown verzweifelt.

Während Fühlen und Denken in der Psychologie meist getrennt gesehen werden, spielt ihre Integration in der psychotherapeutischen Theorie und Praxis oft eine zentrale Rolle. Nach Basch (1988) wird unser Handeln durch Affekte bestimmt, das Kognitive ist nur (biologisch wie evolutionär wie funktional) die Kappe über den Affekten; es dient, uns vor einem Übermaß an Affekten zu schützen: Wir können Aktionen verzögern, nicht aus dem Affekt handeln, sondern erst andere mögliche Handlungen in der Phantasie durchspielen. Das Kognitive ist evolutionär spät, die Fähigkeit zur Imagination und damit zum individuellen Lernen beginnt erst bei den Säugetieren. Die Fähigkeit zur Phantasie – andere und insbesondere sich selbst in ausgedachten Situ-

ationen agieren zu lassen – zeichnet uns Menschen aus. Dabei erleben wir uns als Lebewesen mit freiem Willen.

Mit den Affekten reagieren wir unmittelbar, physiologisch, durch das limbische System. Bei Gefühlen kommt (mit 18–24 Monaten) das Selbstgefühl hinzu. Aber erst wenn wir die anderen Menschen als eigenständige Partner einbeziehen, werden es Emotionen (Liebe, Haß). Ähnlich entwickeln sich unsere kognitiven Fähigkeiten in Stufen. Dabei wird aber meist nur der einzelne Mensch betrachtet, der soziale Zusammenhang bleibt unberücksichtigt. Intelligenz wird als individuelle Leistung gesehen und gemessen. Noch merkwürdiger ist, daß auch die Emotionen im allgemeinen individualisiert und noch tiefer innen angesiedelt werden.

Sicher liegen die Emotionen, da sie aus den Affekten entstehen, im innersten Kern unserer Persönlichkeit; gleichzeitig spiegeln sie aber unsere sozialen Beziehungen wider, wie Basch es beschreibt. Im begrifflichen Denken regulieren und differenzieren wir unsere Emotionen, die ihrerseits Sinnesreize erst zu sinnlichen Wahrnehmungen zusammenfassen, Denken also erst möglich machen. Kognitive Entscheidungen und emotionale Bewertungen tragen unser Handeln und Kommunizieren und so unsere sozialen Beziehungen. Umgekehrt ist individuelles Denken nur als ein Aspekt kooperativer Informationsverarbeitung zu verstehen (Gehm 1996). Auf diese Weise bilden Fühlen, Denken und Handeln über Wahrnehmung und Kommunikation eine Einheit. Stimmt die Verbindung irgendwo nicht, werden wir psychisch und physisch krank: Ist sie zu starr, wirken wir zwanghaft; zu locker, hysterisch; gehemmt, narzißtisch; blockiert, autistisch (Hell 1992).

Im ökologischen Modell sind wissenschaftliche und technische Gegebenheiten Repräsentationen unseres wissenschaftlich-technischen Handelns; sie entwickeln sich nur darüber. Und in den Prozessen, die in Arbeitsgruppen und Entscheidungsgremien ablaufen, verschmelzen die unterschiedlichen Aspekte, die wir in den Repräsentationen so schön getrennt halten. Maschinen und das Wissen darüber sind zwei getrennte Welten; aber im technischen Entwerfen und Bedienen sind sie eins. Wissen und Wertungen, Begriffe und Werte sehen wir als Gegensätze; aber Denken, auch begriffliches, und Fühlen sind nicht zu trennen – das habe ich oben diskutiert. Was nützt es mir, zu wissen, daß der Löwe beißt, wenn ich nicht Angst davor habe. Was nützt es mir zu wissen, daß ich rennen kann und wohin ich rennen muß; erst Angst macht Beine. So verschmelzen im Rennen körperliche, geistige und emotionale Fähigkeiten und Gewohnheiten zu einer Einheit.

Das geschieht aber nur in »kleinen Systemen«. Nur im Schmelztiegel der kleinen Gruppe werden die drei Bereiche zu einer sinnvollen Einheit (Siefkes 1998a, b). Denn nur in Gruppen handeln wir gemeinsam, kommen also Denken, Fühlen und Handeln verschiedener Menschen direkt zusammen. Nur in Gruppenprozessen verschmelzen die unterschiedlichen, wenn nicht gar gegensätzlichen Repräsentationen und bringen neue Formen hervor.

Ciampi (1997) bezeichnet sogar die Logik als affektabhängig: Ein Mensch, der sich freut, denkt und handelt anders als ein Mensch in Angst. In der Angstlogik gelten daher andere Gesetze als in der Logik der Freude. Das erklärt, warum man – wie ich oben behauptet habe – Mathematik nur lernen (und lehren) kann, wenn man Freude daran hat, nicht in Angst oder Ehrfurcht. Diese Be-

hauptung erregt oft Widerspruch. Mathematiker formalisieren, d. h. sie betrachten nur Formen, suchen alle Abhängigkeiten von Prozessen zu eliminieren. Insbesondere scheinen alle sozialen und emotionalen Beziehungen zu verschwinden.

Im ökologischen Modell löst sich der Widerspruch. Lernen heißt, sich mit vorgegebenen Formen zu beschäftigen und sie – insbesondere sich – dabei zu verändern. Formen lassen sich zerlegen und getrennt behandeln. Prozesse sind Vorgänge, die sich nicht zerlegen lassen; da kommt das Getrennte wieder zusammen, wir handeln emotional, verhalten uns sozial. Das gilt auch für die Mathematik, für alle Bereiche, in denen wir mit Symbolen arbeiten. Auf dem Papier stehen scheinbar bedeutungsleere Zeichen; sobald wir sie lesen, schreiben oder verändern, zeigen und ändern sie ihre Bedeutung. Zeichen sind mit dem, was sie bedeuten, nicht magisch und nicht durch Vorschriften verbunden, sondern durch die Prozesse, deren Repräsentationen beide sind. In der Mathematik härten wir diese Beziehung durch formale Regeln; so wird sie haarfein und besonders haltbar. So fein und fest sind unsere Emotionen in das mathematische Denken eingeflochten.

Sozialgeschichte der Informatik

Diese Verflechtung läßt sich wissenschaftlich nur indirekt rekonstruieren. Affekte, Gefühle und Emotionen empfinden wir, es sind Prozesse; analysieren können wir nur ihre Repräsentationen. Nach innen sind das Werte; Werte spielen fürs Fühlen die Rolle, die Begriffe fürs begriffliche Denken spielen. Nach außen sind es Orientierungen, die Wertungen, die unserem Handeln seine Richtung geben. Im IFP *Sozialgeschichte der Informatik* haben wir in Informatiktexten nach Orientierungen gesucht: In den Herangehens-, Denk- und Sprechweisen der Akteure werden die sozialen und kulturellen Hintergründe erkennbar, die in der wissenschaftlich-technischen Entwicklung eine Rolle gespielt haben; vgl. die Beiträge von Bohnsack, Eulenhöfer, Rammert, Siefkes und Stach in dem Band Siefkes et al. (1998).

Diese Vorgehensweise widerspricht der üblichen Vorstellung von Informatikgeschichte. Danach entwickeln sich Wissenschaft und Technik aus den technischen und wissenschaftlichen Gegebenheiten. Technik besteht aus Maschinen und dem Wissen darüber, Wissenschaft aus Theorien, die begrifflich formuliert sind. Werte oder gar Wertungen kommen in der Sicht nicht vor. Für eine Sozialgeschichte werden soziale Einflüsse aus z. B. der Art der Finanzierung oder allgemeiner der Institutionalisierung einbezogen. Die Verflechtung von »Technik, Macht und Markt« und Kultur bleibt aber unerklärbar, weil die Einflüsse der Akteure dazu nicht ausreichen (König 1993). Insbesondere die vielbemühte »Macht« hat wenig Erklärungswert; die Unterschiede in der Rechnerentwicklung in den USA und in Deutschland während des zweiten Weltkriegs sind ein gutes Beispiel dafür. Die Mächtigen müssen vom Wert oder Unwert einer neuen Technik überzeugt werden, bevor sie Einfluß ausüben können. Wer überzeugt sie, und wie?

Wissenschaftliche und technische Veränderungen geschehen weder in den Köpfen einzelner noch im Zupacken aller, sondern in kleinen Arbeitsgruppen. Natürlich haben nur die Innovationen Aussicht auf Erfolg, die die Gruppe durch Personen, Artefakte oder Darstellungen zur rechten Zeit und so überzeugend nach außen repräsentiert, daß sie sich verbreiten und allgemeine

Anerkennung finden. Nur dadurch verändert sich die wissenschaftliche oder technische Situation, in der dann neue Gruppenprozesse ablaufen können. Die Prozesse werden durch die »gesellschaftlichen Bedingungen« und die »individuellen Charaktere« ermöglicht und beschränkt, aber sie geschehen lokal. Wahrzunehmen sind die Veränderungen allerdings am deutlichsten an den Repräsentanten auf der Mikro- und Makroebene; daher beherrschen diese bisher weitgehend die soziologische Diskussion (Giddens 1984, Siefkes 1998b).

Von Neumann hat seinen *First Draft* geschrieben, während er in der ENIAC-Gruppe arbeitete. Es ist sein Werk; aber er setzt sich darin, ohne es zu sagen, kritisch mit den Vorstellungen und Zielen der Gruppe auseinander. Ohne die Gruppe wäre es nicht entstanden, erst recht nicht publiziert. Es ist fast symbolisch, daß wir nicht wissen, ob es zur Veröffentlichung bestimmt oder nur ein internes Diskussionspapier war.

Auf ganz andere Weise repräsentieren die Arbeiten der bundesdeutschen Wegbereiter der Informatik Gruppenprozesse. Nach dem Krieg arbeiteten in der Bundesrepublik Deutschland an verschiedenen Orten Gruppen an der Entwicklung elektronischer Rechenmaschinen zur Durchführung umfangreicher Rechnungen, die bis dahin in Rechenbüros oder vergleichbaren Einrichtungen abgewickelt wurden. Die uns zugänglichen Texte spiegeln die Arbeit der jeweiligen Gruppe wider, aber gleichzeitig die Beziehungen zu den anderen Gruppen, die bei aller lokaler Verschiedenheit engen Kontakt hatten. So lebte die bundesdeutsche Entwicklung aus der Vielfalt dieser lokalen Prozesse und ihrer Repräsentanten und Repräsentationen.

Turing ist nur scheinbar eine Ausnahme. Dissertationen werden üblicherweise allein geschrieben, und Turing war mehr als üblich ein Einzelgänger. Aber eine Schreibmaschine hat er als Zwölfjähriger entworfen, weil er den Klagen seiner Mutter über die Beschwerden der Schule wegen seiner schlechten Handschrift entgegen wollte: Technikentwicklung als Gruppenprozeß. Und seine Dissertation wurde bekannt, weil sein Doktorvater sie der Gruppe um Church, Gödel, Rosser und Kleene in Princeton schickte, wo sie erhebliche Wirkung hatte. Alle betrachteten Formalismen erwiesen sich als äquivalent, und Gödel akzeptierte daraufhin, daß sie universell sind (siehe oben). So sehe ich Turings Arbeitsgruppe als eine Zelle, in der andere Menschen durch Bücher, Briefe und Maschinen repräsentiert sind. Auch eine solche Gruppe wirkt noch als Tiegel, in dem diese Repräsentationen mit seinen eigenen Emotionen und Theorien, seinen Fähigkeiten und Unfähigkeiten – mit einem Wort: mit seinem Charakter – in kreativen Prozessen verschmelzen.

Wenn Gruppen Schmelztiegel für die soziale Entwicklung sind, dann sind Geschichten es für die geistige Entwicklung. Sie sind die Sinneinheiten, die wir fürs Handeln beziehungsweise fürs Verstehen brauchen; einheitstiftend sind die Emotionen. In Geschichten verarbeiten wir unser Erleben zu Erfahrungen und bereiten uns so auf neues Erleben vor. In Geschichten sehen wir uns selbst und andere; wir bringen anderen unsere Welt-sicht nahe und bringen uns selbst in die Welt der anderen ein (Carr 1986, Siefkes 1992b). So wie ich die Entwicklung größerer sozialer Einheiten aus den Prozessen der beteiligten Gruppen hervorgehen und neue solche Prozesse in Gang setzen sehe, gewinne ich eine Sozialgeschichte der Informatik aus den Ge-

schichten, die ich über daran beteiligte Gruppen erzähle, und liefere damit Stoff für neue Geschichten.

Faszination beim Formalisieren

Unsere Kultur ist geprägt von einer fruchtbaren Wechselwirkung zwischen Mathematik und Mechanik. Der Bau von mechanischen Geräten, insbesondere Maschinen, setzt mathematische Sichtweisen und Methoden voraus und befördert sie weiter (Coy 1984, Siefkes 1998a). Mechanische Maschinen arbeiten kontinuierlich, mit ihnen führen wir physische Abläufe aus; ursprünglich machen wir damit körperliche Bewegungen nach. Deswegen ist die klassische Ingenieurmathematik stetig. Dagegen zählen wir diskret: 1, 2, 3, ... Daher sind die klassischen Berechnungsmodelle diskret; wir modellieren Funktionen auf den natürlichen Zahlen. Ebenso argumentieren wir in der Logik diskret: wahr, falsch; ja, nein. Das ist viel älter. Die beiden diskreten Welten der Logik und der Berechenbarkeit sind in einem langwierigen historischen Prozeß über Leibniz, Dedekind, Frege, Peirce und andere zusammengekommen. Turing war der erste, der eine diskrete Maschine dachte. Zuse, Aiken, von Neumann und andere waren die ersten, die welche bauten. Für beide, Ingenieure und Mathematiker, muß das Umdenken genauso schwierig gewesen sein wie die technischen bzw. formalen Probleme.

Mathematiker, hatte ich oben gesagt, formalisieren, d. h. bringen Bewegliches in feste Formen. Die Formen sind Zeichen für formalisierte Sachverhalte, der Umgang mit ihnen kann daher auf formale Regeln reduziert werden. Mathematik verstehe ich als den Versuch, menschliches Handeln durch das Befolgen formaler Regeln zu ersetzen. Beim Übergang vom Denken zur Logik, vom Erzählen zum Beweisen, vom Messen zum Rechnen geht das Kontinuierliche verloren: Anschauung, Gefühle, Körperliches, Soziales (Kutschmann 1986, Trettin 1991, Siefkes 1998a). Aktivitäten sind aber kontinuierlich, nicht diskret. Daher sind die diskreten Repräsentationen der Logik und Berechenbarkeit so »wackelig« und so zwanghaft zugleich: der Geist wird »dressiert, in spanische Stiefel eingeschnürt«. Das paßt nie richtig, wackelt, die Beziehung muß erzwungen werden. Andererseits ist sie gerade dadurch nicht so zwingend wie die der kontinuierlichen Repräsentationen, läßt mehr Freiheit, mehr Raum für Abweichungen, für Kreativität.

Ich kann also mit den Hybridobjekten bei Trettin (1991) anschließen. Beginnend bei Aristoteles und endend bei Frege analysiert sie das Faszinierende an der Logik: Das gezwungene und zwanghafte Denken in Schritten und Kategorien. Die entsprechende Geschichte fürs Rechnen hat Krämer (1988) beschrieben, aber das Faszinierende nicht untersucht. Sie nennt Formalismen »syntaktische Maschinen«, sieht also das Zwanghafte am Rechnen, aber nicht das Faszinierende an der Maschine, die uns die Entscheidungen abnimmt.

Formalismen und Programmiersprachen

Die schaffenden Mathematiker sind kreativ: Sie setzen alle menschlichen Fähigkeiten ein, um neue Formalismen zu produzieren. Die ausführenden Mathematiker dürfen es nicht sein: Sie sollen den vorgegebenen Regeln folgen. Bei jedem Schritt muß aus den vielen Regeln eine ausgewählt werden; die Wahl kann

gut oder schlecht sein, sie kann zum Ergebnis führen oder in die Irre. Es sind immer noch Menschen in ihrer Dummheit oder Genialität, mit ihren Vorlieben und Unfähigkeiten, die mit dem Formalismus arbeiten. Dementsprechend sind auch die mathematischen Berechnungsformalismen bis Turing *nichtdeterministisch*: Der Ablauf einer Berechnung liegt nicht fest, sondern wird immer wieder durch die Rechnenden bestimmt. Noch Kleene macht 1936 in seinem Formalismus das Rechenergebnis mit Gewalt eindeutig: Er zählt alle Rechenwege auf und definiert das zuerst erreichte als *das* Ergebnis; bingo.

Turings Maschine ist der erste deterministische Berechnungsformalismus: Die Ausgangsdaten legen die Rechnung vollkommen fest. Interessanterweise beginnt Turing mit allgemeinen »Maschinen«, bei denen die Menschen gelegentlich eingreifen müssen; er bezieht sich dabei ausdrücklich auf den Umgang mit logischen Kalkülen. Dann aber schließt er die Wahlmöglichkeiten aus und beschränkt sich auf »automatische« Maschinen, die deterministisch sind. Er begründet das nicht, beweist auch nicht explizit, daß er dabei nichts einbüßt. Die Determiniertheit von Maschinen scheint ihn zu faszinieren (Siefkes 1998a); wenn sie einen universellen Formalismus liefern, sind sie besser als ihre menschlichen Vorbilder.

Programme sind Texte, die eine Klasse von Berechnungen definieren, sagen die Mathematiker. Berechnungen sind Schrittfolgen, die durch das Programm und seine Interpretation (durch einen »Rechner« – Mensch oder Maschine) und Eingabe festgelegt sind. Die Berechnungen sind gedacht, sie können von Menschen oder bei Programmiersprachen vom Computer ausgeführt werden. Die Bedeutung eines Programms sind die Vorstellungen, die ich von diesem Ausführen habe. Daher sind in der Bedeutung eines Programms der Text (die Rechenvorschrift) und der ausführende Rechner untrennbar verknüpft. Ich kann Programme nur in dieser Verknüpfung sinnvoll denken – Programme sind Hybridobjekte. Deswegen ist bei Programmen die feste Abfolge der Schritte – das Zwanghafte – immer in der Bedeutung drin. Wir erzeugen etwas Determiniertes, das auf doppelte Weise absolut sicher ist – als Ergebnis und als Schrittfolge: Immer wenn wir das Programm auf demselben Rechner mit derselben Eingabe starten, erhalten wir dieselbe Berechnung, in der jeder Schritt eindeutig bestimmt ist.

Faszination beim Programmieren

Tatsächlich hat der Nichtdeterminismus mathematischer Formalismen, den Turing so kommentarlos aufgibt, in der Informatikgeschichte eine wichtige Rolle gespielt. Bei der Entwicklung und Implementierung von Programmiersprachen wie Fortran oder Prolog war es ein zentrales Problem, aus der ausufernden Zahl von Berechnungen, die eine mathematische Formel beschreibt, eine günstige auszuwählen. Aus eleganten formalen Beschreibungen effiziente und trotzdem verständliche Programme zu gewinnen, ist theoretisch wie praktisch ein Kernproblem der Informatik. Dabei geht es oft darum, Nichtdeterminismus zu eliminieren.

Computer sind Maschinen, die Berechnungen automatisch ausführen. Als Maschinen sind sie deterministisch, aber anders als Turings Maschine brauchen sie keine Menschen, die die Schritte machen. Übrig bleibt das Einlesen der Daten und das Ablesen

der Ergebnisse. Und das Programmieren. Das Computerprogramm ist das vollkommene Hybridobjekt (Stach 1998a, Eulenhöfer 1998b): Es ist Text; denn es besteht aus Zeichen und beschreibt Berechnungen. Es ist Maschine; denn es bringt die Maschine zum Laufen. Es ist Lebewesen; nur Lebewesen machen Schritte. Es ist Geist; denn die Schritte sind mathematische, erfordern also höchste Intelligenz. Als Lebewesen mit Geist ist es Mensch, schließe ich. Und als Mensch bin ich es selber, denn ich habe es geschaffen. Ich schreibe ein Programm, bin also sein Schöpfer. Das Programm läßt mich durch die Berechnung springen, ist also mein Schöpfer. Ich bin im Programm, und das Programm ist in mir. Alles Gefühlsmäßige und Körperliche, damit alles Soziale, nehme ich mit ins Programm.

So verstehe ich die Faszination an der Informatik: Programme sind Objekte, die Dualismen in sich tragen. Nach der ökologischen Sicht entwickelt sich Lebendiges im Wechselspiel zwischen Form und Prozeß. Prozesse sind unteilbar, aber ihre Repräsentationen lassen sich in widersprüchliche Formen zerlegen: Geist und Materie, Maschine und Lebewesen, Beschreibung und Bewegung, Subjekt und Objekt. Dualismen: Nichts kann beides sein, und doch haben wir beides in uns. Das macht Leben so unberechenbar: Wann immer wir eine Seite im Griff zu haben meinen, überrascht uns die andere. Höchst ärgerlich für alle, die ein bißchen Ordnung um sich haben möchten. Mathematische Formalismen sind nur Beschreibungen; realisieren muß ich sie selber. In informatischen Programmen kann ich mich mit der Maschine identifizieren und bleibe trotzdem Herr der Lage. Ich schreibe ja die Programme selbst, kann sie jederzeit verändern. Textend bin ich mitten in der Welt. Nicht umsonst heißen die neuen Programmiersprachen »objektorientiert«.

Die Entwicklung geht aber weiter. Programme werden nicht nur geschrieben, sondern auch ausgeführt. Ich schaffe nicht nur mich selbst, sondern auch die Benutzer und die indirekt Betroffenen. Deren Körper-, Gefühls- und soziale Welt wird ebenso mit ins Objekt gedacht. Je ähnlicher sich Programme und Objekte werden, desto glatter und unbemerkter geht das. Die Geistmaschinenwelt nimmt einen immer breiteren Raum, genannt Hyperspace, in unserer Kultur ein. Informatikgeschichte wird immer direkter Sozial- und Kulturgeschichte. Wir sollten mehr darüber wissen, um besser mit dieser Entwicklung umgehen zu können.

Literatur

- Basch, Michael Franz 1988: *Understanding Psychotherapy*. Basic Books.
- Bohnsack, Ralf 1998: *Rekonstruktive Sozialforschung und der Grundbegriff des Orientierungsmusters*. In Siefkes et al. (1998).
- Carr, David 1986: *Time, Narrative, and History*. Indiana University Press.
- Coy, Wolfgang 1984: *Industrieroboter*. Rotbuch.
- Ciampi, Luc 1997: *Die emotionalen Grundlagen des Denkens. Entwurf einer fraktalen Affektlogik*. Vandenhoeck.
- Davis, Martin 1982: *Why Gödel Didn't Have Church's Thesis*. *Information and Control*, Vol. 54, pp. 3–24.
- Eulenhöfer, Peter 1998a: *Der Informatiker als »deus ex mathematica«*. In Siefkes et al. (1998).
- Eulenhöfer, Peter 1998b: *Disziplingeschichte und die Disziplinierung der Geschichte*. *Fiff-Kommunikation 2/98*, S. 29–33.
- Gehm, Theo 1996: *Informationsverarbeitung in sozialen Systemen*. Psychologie Verlags-Union.
- Giddens, Anthony 1984: *The Constitution of Society. Outline of the Theory of Structuration*. Berkeley. – Deutsch: *Die Konstitution der Gesellschaft*. Campus 1988.
- Heintz, Bettina 1993: *Die Herrschaft der Regel. Zur Grundlagengeschichte des Computers*. Campus.
- Hell, Daniel 1992: *Welchen Sinn macht Depression? Ein integrativer Ansatz*. Rowohlt.
- König, Wolfgang 1993: *Technik, Macht und Markt. Eine Kritik der sozialwissenschaftlichen Technikgeneseforschung*. *Technikgeschichte*, Bd. 60, Heft 3.
- Krämer, Sybille 1988: *Symbolische Maschinen*. Wissenschaftliche Buchgesellschaft Darmstadt.
- Kutschmann, Werner 1986: *Der Naturwissenschaftler und sein Körper*. Suhrkamp.
- Rammert, Werner 1998: *Die kulturelle Orientierung der technischen Entwicklung. Eine technikgenetische Perspektive*. In Siefkes et al. (1998).
- Siefkes, Dirk 1991: *Sinn im Formalen? Wie wir mit Maschinen und Formalismen umgehen*. In Coy, Wolfgang et al. 1992: *Sichtweisen der Informatik*. Vieweg, S. 97–114.
- Siefkes, Dirk 1992a: *Formale Methoden und kleine Systeme. Lernen, leben und arbeiten in formalen Umgebungen*. Vieweg.
- Siefkes, Dirk 1992b: *Fish in Schools or Fish in Cans. Evolutionary Thinking and Formalization*. *International Computer Science Institute Berkeley*, TR-92-009.
- Siefkes, Dirk 1993a: *Evolutionäre Denkmodelle in der Informatikausbildung*. *InfoTech*, Jahrgang 5, Heft 4, S. 26–33.
- Siefkes, Dirk 1993b: *Gegen Klassen, Hierarchien, Reduktionen. Zur Aufgabe einer evolutionären Erkenntnistheorie*. *InfoTech*, Jahrgang 5, Heft 3, S. 30–35.
- Siefkes, Dirk 1994: *Ökologische Modelle geistiger und sozialer Entwicklung. Beginn eines Diskurses zur Sozialgeschichte der Informatik*. *Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung, Bericht FS II 95–20*.
- Siefkes, Dirk 1995: *Über die fruchtbare Vervielfältigung der Gedanken beim Reden*. *Forschung und Lehre*, Heft 10, S. 551–555.
- Siefkes, Dirk 1997: *Computer Science as Cultural Development. Toward a Broader Theory*. In Christian Freksa et al. (eds.): *Foundations of Computer Science – Potential, Theory, Cognition*. Springer, S. 37–47.
- Siefkes, Dirk 1998a: *Von der Rationalität der Wissenschaft und der Einsamkeit des Studierens*. *Fiff-Kommunikation 1/98*, S. 32–36.
- Siefkes, Dirk 1998b: *Die Rolle von Gruppenprozessen in der Informatikgeschichte*. In Siefkes et al. (1998).
- Siefkes, Dirk, Peter Eulenhöfer, Heike Stach, Klaus Städtler 1998: *Sozialgeschichte der Informatik. Kulturelle Praktiken und Orientierungen*. Deutscher Universitätsverlag.
- Stach, Heike 1998a: *Beschreiben, konstruieren, programmieren. Zur Verschmelzung von Theorie und Gegenstand*. In Siefkes et al. (1998).
- Stach, Heike 1998b: *Als Rechner zu abstrakten Maschinen wurden*. *Fiff-Kommunikation 2/98*, S. 33–40.
- Trettin, Käthe 1991: *Die Logik und das Schweigen*. VCH, Acta humaniora, Weinheim.
- Turing, Alan 1936–37: *On computable numbers, with an application to the Entscheidungsproblem*. *Proc. London Math. Society (2)*, vol. 42, pp. 230–265.
- Varela, Francisco, Evan Thompson, Eleanor Rosch 1991: *The Embodied Mind. Cognitive Science and Human Experience*. MIT Press. – Deutsch: *Der mittlere Weg der Erkenntnis*. Scherz 1994.
- Wagemann, Carl-Hellmut 1991: *Briefe über Hochschulunterricht*. Deutscher Studienverlag.

Der Beitrag erschien in der *Fiff-Kommunikation 2/1998*.