

Poietische und zurückhaltende Technik oder Vom Bildungsgehalt des Computers. Umrisse eines informationspädagogischen Konzepts

Werner Sesink

Institut für Pädagogik
TU Darmstadt
Pankratiusstraße 2
64289 Darmstadt
w.sesink@gmx.de

Abstract: Es werden bildungstheoretische Grundsatzüberlegungen zu einem Verständnis der Informationstechnik als poietischer und zurückhaltender Technik vorgetragen, welche für informationstechnische Bildung und eine Pädagogik der Neuen Medien orientierend sein könnten. Abschließend wird das Konzept der Computer-Studienwerkstatt der TU Darmstadt als Beispiel für den Versuch einer Realisierung dieser Konzeption vorgestellt.

1 Poietische Technik¹

Poesie der Technik? Computer wirken nicht gerade wie Dinge, die geeignet sein könnten, in uns romantische Gefühle zu wecken. Im Zusammenhang mit Informationstechnik von Poesie zu sprechen, erscheint als einigermaßen abwegig. Und doch möchte ich genau dies tun: Ich möchte den Gedanken einer poietischen Technik entfalten und ihn auf den Computer beziehen.

Wenn ich in meiner Vorlesung zur Einführung in die Pädagogik versuche, meinen Hörerinnen und Hörern Idee und Konzeption einer poietischen Technik nahe zu bringen, beginne ich mit einem Song der Band Einstürzende Neubauten von ihrem Album „Ende Neu“ (1996), dessen Text ich als eine neoromantische Lesart der (Maschinen-)Technik interpretiere:

¹ Im Folgenden ist teils von der Maschine, teils von Technik, teils vom Computer, teils von Informationstechnik die Rede. Computer und Informationstechnik gebrauche ich weitgehend synonym. Aussagen über Technik gelten immer auch (aber nicht ausschließlich) für die Informationstechnik. Das Spezifische der Informationstechnik gegenüber der Technik sehe ich darin, dass sie im Unterschied zu allen anderen Techniken keine spezifische Technik, sondern das Technische in einer abstrakten Universalität darstellt. Der Übergang vom klassischen zum „transklassischen“ Maschinenbegriff [Gü63], [KI95] bietet hier einen Schlüssel. Da ich dies in diesem Beitrag nicht eigens ausführen und begründen kann, muss dies als Hinweis genügen, dass mein undifferenziert erscheinender Begriffsgebrauch nicht auf Nachlässigkeit beruht. Vgl. hierzu [Se98a], [Se98b] und [Se96]

Das Lied schläft in der Maschine
In der Maschine schläft das Lied
Das Lied schläft in der Maschine
In der Maschine schläft das Lied
Das Lied schläft in der Maschine
Maschine träumt das Lied.

Die neoromantische Sicht trägt an die Maschine eine Sehnsucht heran, die sich sonst mit der Kunst, der Dichtung verbindet. Die Maschine ist ihr nicht nur, als was sie der gewöhnlichen instrumentellen Haltung erscheint; nicht nur ein funktionales Mittel zum definierten Zweck. Das ist sie wohl auch. Die neoromantische Sehnsucht richtet sich jedoch auf eine noch latente Botschaft der Maschine (das in ihr „schlafende Lied“, einen „Traum“), deren Gehalt weit hinauszureichen verspricht über das, was durch ihre zweckgemäße Nutzung erschlossen werden kann.

Warum aber sollte es sinnvoll und erhellend sein, im nüchternen Kontext von Überlegungen zur Ausgestaltung informationstechnischer Bildung solche Gedanken aufzugreifen? Droht damit nicht ein Verlust an Seriosität?

Meine Antwort ist: Gerade um diesem Thema, der informationstechnischen Bildung, etwas von einer Nüchternheit zu nehmen, die nur scheinbar der Sache geschuldet ist; um deutlich zu machen, dass unser erstes Ziel in der informationstechnischen Bildung nicht die Rekrutierung von Maschinenbedienern sein kann; nicht die Ausbildung von Datenverwaltern; nicht die Qualifizierung von Informationsfunktionären. Sondern dass wir Menschen unterstützen wollen, ihre kreativen Potentiale zu entwickeln, in der künftigen Entwicklung wie Anwendung von Informationstechnik die ungeheure Gestaltungsaufgabe wahrzunehmen, die darin auf sie wartet.

Zugleich motiviert die neoromantische Sichtweise, auf sehr alte Vorstellungen von Technik Bezug zu nehmen, an die zu erinnern sich lohnt und die geeignet sind, eine weniger nüchtern-funktionale Perspektive auf die Technik zu stützen.

Im Titel des Vortrags ist nicht von einer poetischen, sondern von einer poiëtischen Technik die Rede. Damit will ich ausdrücklich anschließen an die Bedeutung des altgriechischen Wortes poiesis, welches das Hervorbringen und Herstellen durch den Menschen bezeichnete und damit den Gegenbegriff darstellte zur genesis, dem Werden durch und aus Natur (physis). Dennoch wurde poiesis, das Hervorbringen durch den Menschen, noch in einer engen Beziehung zur genesis, dem Naturprozess, verstanden: als Nachahmung (mimesis) jener Verfahrensweisen, welche man der Natur gleichsam ab sah, zu spezifisch menschlichen Zwecken. Das Sich-Auskennen in diesen Verfahrensweisen und ihre praktische Beherrschung: dies nannte man techne, das – modern gesprochen – Knowhow, das der poiesis zugrunde lag und das sich dem Verständnis (episteme) der Natur verdankte.

Der Gebrauch des Adjektivs poiëtisch soll also eine nicht-absolutistische Technik charakterisieren, eine Technik, die Anschluss sucht an ihre nicht-technischen Voraussetzungen und Bedingungen, die sich einfügt in einen nicht-technischen Kontext. Indem ich

von poetischer Technik spreche, möchte ich darauf hinweisen, dass Technik eine Bedeutung und einen humanen Sinn birgt, der über die Immanenz ihrer technischen Funktionalität hinausweist. In sie sind Träume, Wünsche, Hoffnungen, das Begehren nach einer menschengerechteren Welt eingebildet (in-formiert). Technik schließt an dieses Träumen, Wünschen, Hoffen, Begehren an. Sie schließt damit an die leibliche Naturgegründetheit der menschlichen Existenz an, wie dies eben auch noch im altgriechischen Wort *poiesis* enthalten war, das vor allem die handwerkliche Weise des Herstellens bezeichnete und in seinen ästhetisch-sinnlichen Qualitäten ein Gütekriterium geltend machte, das die Form des Produkts nicht allein als Reduktion auf Funktionalität bewertet.

Das ist nicht zu verstehen als Aufruf zur Wiedergewinnung einer vermeintlich verloren gegangenen Qualität von Technik, sondern der Versuch einer Stärkung des Bewusstseins davon, dass Technik – auch die moderne Technik – diese poetische Qualität ganz unumgänglich immer hat, auch wenn sie möglicherweise nicht mehr hinreichend wahrgenommen oder gar vollständig ignoriert wird.

Aus der Annahme einer poetischen Qualität von Technik leiten sich zwei Thesen ab:

Erste These:

Der technische Fortschritt speist sich aus Bildung, nicht aus Technik.

Behauptet wird damit, dass der technische Fortschritt unverzichtbar auf die Initiativekraft der Menschen angewiesen ist und bleibt; dass nicht Technik, sondern Menschen die Welt technisieren. Wie ist das zu verstehen?

Als wesentliches Charakteristikum des heutigen technischen Fortschritts, zumal der Entwicklung der Computertechnologie, betrachte ich die zunehmende Überführung konkreter Lebens- und Arbeitsprozesse in maschinelle Prozesse. Zugrunde liegt ihr eine Abstraktionsleistung: die Entwicklung von Funktionsmodellen durch Formalisierung. Diese Leistung beinhaltet sowohl die Schaffung als auch die Überschreitung der Differenz von konkretem Prozess und abstraktem Modell, wir können auch sagen: von Nicht-Technischem und Technischem. Computersysteme gehören allein dem Bereich des Technischen an. Sie können daher weder die genannte Differenz schaffen noch sie überschreiten. Menschen können Maschinen schaffen, weil sie keine Maschinen sind. Sie gehören in beide Welten; oder beide Welten gehören in sie. Technik ist rein immanent. Nur der Mensch ist transzendent. (Formalisierung lässt sich nicht formalisieren.) Dasselbe gilt aber auch umgekehrt:

Zweite These:

Technik kann sich nicht selbst konkretisieren.

Wie die Entwicklung von formalen Systemen als funktionalen Modellen konkreter Prozesse eine Leistung der (transzendierenden) Abstraktion ist, so umgekehrt die Anwendung solcher Systeme im Lebens- und Praxiszusammenhang eine Leistung der (transzendierenden) Konkretion. Mehr noch als die Abstraktionsleistung wird die Konkretionsleistung unterschätzt, die hierzu nötig ist. Die Rede von der Anwendung

(oder gar „Bedienung“) suggeriert, dass es sich dabei lediglich um den Vollzug der in der Technik bereitgestellten Funktionalität handele, sozusagen um den Abruf technischer Funktionen auf Knopfdruck oder Mausklick. Doch tatsächlich heißt Anwendung viel mehr. Sie reorganisiert nämlich die im System durch Abstraktion sozusagen verloren gegangene Bedeutung in und für konkrete Praxis, indem sie ihm seinen Ort und seine Aufgabe im Sinnhorizont dieser Praxis zuweist, die zugleich insgesamt neugeordnet werden muss. Erst durch diese Konkretionsleistung erfüllt sich auch die vorausgehende Abstraktionsleistung. Anders ausgedrückt: Die Abstraktion, die zur Entwicklung formaler Funktionsmodelle führt, nimmt notwendigerweise immer schon die spätere Konkretionsleistung als ihre Erfüllung vorweg. Tut sie dies nicht, sind ihre Resultate, so funktional sie rein technisch gesehen sein mögen, praktisch nur beschränkt oder gar nicht brauchbar. (Softwarekrise; Akzeptanzproblem)

Abstraktion und Konkrektion, Entwicklung und Anwendung sind also Leistungen, deren kreative Qualität nicht unterschätzt werden darf. Formale Systeme sind Ergebnisse, daher aposteriorische, nicht apriorische Voraussetzungen menschlichen Lebens und Handelns. Qualifizierungsvorstellungen, die die Menschen lediglich noch als Funktionselemente in einem umfassenden (ontologisch verstandenen) Systemzusammenhang betrachten, können den daraus resultierenden Anforderungen an informationstechnische Bildung schon deswegen nicht gerecht werden, weil sie die Differenz, deren Überschreitung die Leistung sowohl von Abstraktion als auch von Konkrektion ist, gar nicht kennen.

In der aktuellen Diskussion um die informationstechnische Bildung sind es vor allem zwei Ansätze, die meinem Verständnis von Technik entgegenzukommen scheinen. Ich möchte sie den zeichenorientierten bzw. den modellierungsorientierten Ansatz nennen.

Der zeichenorientierte (oder semiotische) Ansatz [Wi2000], [Na97], [He2001] richtet die Aufmerksamkeit darauf, dass die Informationstechnik in den Zusammenhang kultureller Entwicklung gehört und kulturtheoretisch zu begreifen ist: als Vorgang der Erzeugung von Zeichen, die entledigt aller Bedeutung der automatischen maschinellen Manipulation zugänglich sind. Der Ansatz macht bewusst, dass die Entwicklung wie die Implementierung von informationstechnischen Systemen in einen Bedeutungszusammenhang gehören, der nicht ohne die Beteiligung eines interpretierenden Bewusstseins auskommen kann. Computersysteme sind demnach an sich selbst sinnlos; sie haben nur den Sinn, den wir ihnen geben.

Der modellierungstheoretische Ansatz [Hu2000] richtet die Aufmerksamkeit dagegen auf den „Gewinn“, den die Dekontextualisierung der Zeichen bringt: die Herauspräparierung reiner Funktionalität in Modellen. Auch hier liegt die Betonung darauf, sich die Qualität des Modellierungsvorgangs bewusst zu machen: dass er nicht die Wirklichkeit rekonstruiert, sondern die Sicht der Modellentwickler auf diese Wirklichkeit zum Ausdruck bringt.

Beide Ansätze heben also in unterschiedlicher Betonung den Abstraktionsvorgang der Formalisierung hervor; und beide machen deutlich, dass menschliche Subjekte dies aus Gründen und Motiven tun, die man verstehen muss, wenn man die Ergebnisse der formalisierenden Tätigkeit verstehen will (dass also ein Verständnis allein für die immanen-

te technische Funktionalität nicht reicht). Das sind sehr wichtige Beiträge zu einer Konzeption informationstechnischer Bildung als Allgemeinbildung.

Ich möchte einen kleinen Schritt weitergehen. Dekontextualisierung heißt Abstraktion von den Sinnzusammenhängen des menschlichen Lebens, dessen Materialität in formalen Systemen keinen Platz haben kann. Die Frage ist: *Was ist der Sinn dieser Abstraktion von Sinn?* Warum und wozu tun Menschen das?

Im Modellierungsansatz liegt ein Hinweis auf die mögliche Antwort: die Reduktion auf reine Funktionalität (rein heißt: als mathematische Funktion ausdrückbar) verheißt uneingeschränkte Transparenz und Steuerbarkeit. Menschlicher Lebenssinn ist von undurchschaubaren, unzulänglich kontrollier- und steuerbaren Momenten bestimmt; insbesondere von den Bedürfnissen, Neigungen und Fähigkeiten, welche den menschlichen Lebewesen von der Natur mitgegeben worden sind; und von den Umweltgegebenheiten, die sich auf diese Bedürfnisse, Neigungen und Fähigkeiten in vielfältiger, ebenfalls kaum durchschaubarer Weise beziehen. Menschlicher Lebenssinn ist also geprägt von nicht selbst hergestellten intransparenten Bedingungen; demnach in hohem Maße heteronom. Indem Modellierung durch Formalisierung von menschlichem Lebenssinn abstrahiert, abstrahiert sie auch von diesen heteronomen Momenten der menschlichen Existenz. Der Sinn dieser Abstraktion ist folglich Emanzipation von Heteronomie; letztlich die Herstellung vollkommener Autonomie.

Indem das formale System als Produkt von seinem Produzenten ablösbar ist und zu selbständiger Operation fähig wird (Automatismus: der elektrotechnisch implementierte Algorithmus), verliert es die letzte Bindung an das heteronome, da materielle menschliche Leben. Es verkörpert die vom Menschen kommende, also ihm mögliche absolute Autonomie, erlangt durch die Kraft des Geistes, der sich zum Formalismus bildet. Es verkörpert den menschlichen Traum vollkommener Freiheit, absoluter Unbedingtheit. Die Realisierung dieses Traums erscheint in ihm als machbar, durch Bildung. Und zugleich wird deutlich: machbar nur um den Preis der Aufgabe des Menschen als eines lebendigen Wesens. Informationstechnik zeigt: Absolute Autonomie ist nicht erlangbar durch die Bildung der lebendigen Menschen, sondern allein durch Bildung an ihr selbst, durch das Absolutwerden der Bildung, also ihre Selbstverabsolutierung. Der Computer ist diese entfesselte Mündigkeit, bar jeder Referenz. Wird seine Funktionalität nicht rekonkretisiert, bleiben Bildung und Mündigkeit in ihm als virtualisiert eingesargt.

Solange jedoch die Informationstechnik eingebunden bleibt in menschlichen Kontext, bleibt sie die entäußerte Vermittlungsbewegung der Bildung lebendiger Menschen; bleibt ihre Entwicklung, wie der zeichentheoretische Ansatz herausarbeitet, eine hochbedeutsame kulturelle Leistung. In ihr können wir der Bildung ansichtig werden. Informationstechnik hat – anders als andere Kulturgüter – nicht nur „einen“ zu bestimmenden Bildungsgehalt, sondern: Bildung ist ihr Gehalt. Sie ist die Ein-bildung (in-formatio) des Menschen.

In der „Anwendung“ ist die in der Informationstechnik verkörperte Autonomie des menschlichen Geistes wieder auf die Lebenskontexte zu beziehen, in denen wir als leibliche Wesen uns bewegen. Abstrakte Technik und die in ihr verkörperte abstrakte Auto-

nomie sind zu konkretisieren, sinnvoll einzubinden, nützlich und alltagstauglich zu machen. Die entfesselte Mündigkeit ist wieder Bindungen zu unterwerfen. Bildung wird auf ihre Genese verwiesen: Um der Menschenwürde willen muss sie sich von der Illusion der Selbsthervorbringung des Menschen verabschieden.

2 Zurückhaltende Technik

Das Konzept einer poetischen Technik bezieht sich im Wesentlichen auf die Frage nach dem zu erschließenden Bildungsgehalt von Informationstechnik als Lerngegenstand, gehört insofern in den Umkreis von Theorie und Praxis informationstechnischer Bildung. Das Konzept einer zurückhaltenden Technik gehört zu Überlegungen, die eher medienpädagogischer Art sind, insofern sie den möglichen Beitrag von Informationstechnik zur Rahmung von Bildungsprozessen thematisieren. Aber lassen Sie mich zuerst kurz erläutern, was ich unter zurückhaltender Technik verstehe.

Zurückhaltung ist dabei bewusst doppelsinnig gemeint. Die doppelte Zurückhaltung einer „zurückhaltenden Technik“ bezieht sich erstens auf die Zurückhaltung einer äußeren Welt, anfangs insbesondere der noch unbeherrschten Natur, die die Menschen mit ihren Zwängen, Gewalten, Nötigungen bedrängt und zu Reaktionen (zur lebensnotwendigen Tätigkeit der Arbeit) zwingt. Technik, die dies leistet, ist zwar selbst noch Reaktion auf den Naturzwang; aber dies auf eine Weise, welche Raum schafft für die Entbindung von dieser notwendigen Reaktion. Wir können uns das vorstellen am Beispiel des Hausbaus. Die Wände des Hauses schaffen nach außen hin Schutz vor den äußeren Naturgewalten, halten diese zurück. Nach innen hin ermöglichen sie den Menschen, sich im Schutze des Hauses frei zu bewegen. Vom Naturzwang befreit Technik dadurch, dass sie ihn zurückhält, indem sie den Zwang der Naturgewalt durch technische Gegengewalt überwindet. Sie schlägt sozusagen eine Schneise oder Lichtung in die Natur und baut aus dem dabei der Natur abgewonnenen Material ein menschliches Zuhause, einen „Oikos“. Der menschliche „Oikos“ ist ein Freiraum, in dem Menschen dem Naturzwang weder bedingungslos gehorchen noch durch technische Gegengewalt begegnen müssen. Dies ist der Raum, in dem Bildung und eine bildungsfördernde Pädagogik möglich werden. Technik räumt Bildung ein. Und Bildung entbindet technische Kreativität.

Zweitens bezieht sich die postulierte Zurückhaltung aber auf die Technik selbst: sie muss auch sich selbst zurückhalten in ihrer Inanspruchnahme der Menschen, damit der freie Raum, den sie schafft, auch tatsächlich frei bleibt und nicht von ihr selbst wieder mit nunmehr technisch erzeugten Nötigungen besetzt wird.

Wenn Technik in dieser Weise verstanden und realisiert wird, dann geht ihre humane Leistung nicht auf im Herstellen, im Machen oder in instrumenteller Praxis, sondern erhält eine Qualität, die gerade für Pädagogik und Bildung von besonderer Bedeutung ist: sie ist eine einräumende, raumgebende, entbindende, ermöglichende Praxis. Und hier liegt für mich auch die tiefere Bedeutung der Konjunktur, die der Terminus „Lernumgebung“ in den letzten Jahren erfahren hat. Denn nimmt man den Begriff wirklich ernst, so bedeutet er eine Abkehr vom bloß instrumentellen Verständnis von Technik als einem effektiven Mittel zum definierten (Lehr-)Zweck und eine Hinwendung zu einem Ver-

ständnis von Technik als Schaffung eines Raums für neue menschliche Möglichkeiten. Nicht das Machen also, sondern das Ermöglichen, Fördern, Unterstützen steht im Vordergrund. Ein solches Technikverständnis könnte es dann auch Pädagoginnen und Pädagogen, die sich der klassischen Bildungsidee verpflichtet fühlen, erlauben, von ihrer traditionellen Technikfeindlichkeit Abschied zu nehmen, die ja nicht zuletzt im instrumentellen Verständnis von Technik begründet liegt.

In technisch angereicherten Lernumgebungen schafft Technik, zurückhaltend eingesetzt, einen potentiellen Raum (Möglichkeitsraum) für Bildung, das heißt für die selbstbestimmte Entwicklung von Menschen aus ihrem eigenen Sinn. Dabei ist der Beitrag der Technik immer in seiner unauflösbaren Ambivalenz von Bestimmtheit und Offenheit zu sehen. Die Implementierung technischer Elemente in Lernumgebungen setzt Bedingungen für das Lernen, grenzt es insofern in seinen Möglichkeiten ein, bedeutet Heteronomie. Sie gibt dem Bildungsprozess einen Rahmen; und diese Rahmung ist nicht ohne weiteres überschreitbar. Aber der Rahmen entlastet auch von einem Übermaß an Unbestimmtheit, das nach Bestimmung verlangt, bietet Sicherheit gegenüber Überforderung durch überwältigende Ansprüche und macht so das Abenteuer der Bildung riskierbar, die eigene Kreativität zu erproben, Neues zu wagen, zu experimentieren und sich auf unbekannte Felder zu begeben.

Die Literatur zu informationstechnischen Lernumgebungen spricht in diesem Zusammenhang seit einigen Jahren von einem Wandel, der in Bezug auf didaktisches Denken eingesetzt habe. Das lange dominierende Paradigma vom Lernen durch Instruktion werde allmählich abgelöst oder zumindest ergänzt durch das Paradigma vom Lernen als konstruktivem Prozess [RM98]. Der Computer erscheint inzwischen (anders als noch in den 70er/80er Jahren) als eine pädagogisch initiativ und innovative Instanz; ihm werden bezogen auf Lehren und Lernen strukturierende Potentiale zugeschrieben; Potentiale, deren Erschließung seitens der Bildung (d.h. seitens der Bildungseinrichtungen) – leider – noch ausstehe. Von der Wahrnehmung dieser Potentiale werden Reformimpulse erwartet, durch welche die Pädagogik unserer Bildungseinrichtungen durchgreifend modernisiert werden könne. Endlich könnten die Lernenden als Subjekte ihrer Bildung ernst genommen werden; würden ihnen Selbsttätigkeit, Selbstorganisation und Eigenverantwortlichkeit eingeräumt.

Dies sind altherwürdige pädagogische Prinzipien, die sich seit je mit dem klassischen Begriff der Bildung verbunden haben. Denn in der Pädagogik hat das „Paradigma“ der „Instruktion“ kaum je eine nennenswerte Rolle gespielt. Im Gegenteil: Gerade weil es dieser Vorstellung vom menschlichen Lernen verhaftet war, konnte das Konzept der programmierten Instruktion sich niemals durchsetzen oder in der Pädagogik auch nur eine bescheidene Bedeutung erlangen.² Da aber Pädagoginnen und Pädagogen es weitestgehend der Psychologie und den Ingenieurwissenschaften überlassen haben, sich mit

² Dass der reale Unterricht in Schulen tatsächlich überwiegend der Vorstellung von der Instruktion verpflichtet ist, steht auf einem anderen Blatt. Hier schlägt das Kontrollbedürfnis der Gesellschaft durch. Ob ein Paradigmenwechsel in der Lernpsychologie ein so machtvoller Vorgang ist, dass auf die Befriedigung dieses Bedürfnisses in den Bildungseinrichtungen künftig Verzicht getan wird, bleibt abzuwarten.

der Entwicklung Neuer Medien für die Bildung zu befassen, ist auf diesem Felde auch die Erinnerung nicht mehr präsent an die pädagogische Tradition und ihren Reichtum an pädagogisch-didaktischen Konzepten.

Der Wandel in den Vorstellungen und Modellen vom Lernen bei denen, die sich mit dem Einsatz von Computersystemen in Bildungsprozessen beschäftigen, hat sich im Verlauf der 90er Jahre vollzogen, das heißt etwa zeitgleich mit der Verbreitung jenes Software-Konzepts, welches dann auch den Siegeszug des Internet per WWW möglich machte: des Konzepts des Hyperdokuments. Dessen vernetzte Struktur erlaubt es Lernenden, sich nach ihren individuellen Wünschen und Vorlieben durch ein gegebenes Stoffangebot zu bewegen, statt den vorweg festgelegten Pfaden folgen zu müssen, welche die Software-konstrukteure für sie vorgesehen haben. Zudem ermöglicht die Offenheit dieser Struktur Ergänzungen, Erweiterungen, Modifikationen des Informationsbestandes, und zwar auch durch die Lernenden selbst. Die Vorstellung von „Lernsoftware“ bzw. der Unterstützung von Lernprozessen durch Computer konnte sich daher erweitern. Ich denke nicht, dass dieses Zusammentreffen zufällig ist. In der Tat erschließt das Konzept des Hyperdokuments ein Potential der Computertechnologie, das im Konzept der Programmierten Instruktion völlig ignoriert geblieben war – nach meiner Interpretation: weil dieses noch völlig einem strikt instrumentalistischen Verständnis von Technik verhaftet war, welches wohl überhaupt der Technik, ganz sicher aber der Computertechnologie unangemessen ist. Offensichtlich gehen von der Entwicklung der Technologie Impulse aus, die diesbezüglich zum Umdenken nötigen. Diese erscheint daher nicht ganz unberechtigt als Reformmotor, auch in Bezug auf unsere Bildungseinrichtungen.

Wenn aber die Technologie zum pädagogischen Reform-Motor avanciert, verkehrt sich ganz offensichtlich das Verhältnis zwischen Lern-Zweck und (technischem) Lern-Mittel oder dem, was man einmal dafür gehalten hat. Statt pädagogisch (d.h. von den Entwicklungsbedürfnissen der Lernenden her) legitimierten Zwecken dienstbar zur Verwirklichung zu verhelfen, rückt die Technologie nun herausfordernd in die Leitposition und konfrontiert die Pädagogik mit dem Ansinnen, den Zielhorizont überhaupt erst zu erfüllen, den sie eröffnet. „Ideen gesucht!“ lautet entsprechend die erste Überschrift in einer Broschüre des Projektbüros „NRW-Schulen ans Netz“, welche die Landesregierung 1996 an ihre Lehrerinnen und Lehrer verteilen ließ, um ihnen das genannte Programm als Beitrag zur Bildungsreform nahe zu bringen. Die implizite Aussage ist: Früher mochte es einmal so sein, dass es in der Pädagogik darum ging, Kinder an ihre eigenen Möglichkeiten heranzuführen – wozu der Einsatz von allerlei Technik dann als mehr oder weniger angebracht erscheinen mochte. Heute liegen die Dinge anders: Es geht in der Pädagogik nun darum, die Kinder an die Möglichkeiten der Technik heranzuführen.

Dass damit das traditionelle instrumentelle Verständnis von Technik, dem auch die Pädagogik in Theorie wie Praxis immer noch weitestgehend anhängt, ausgedient hat, darauf weist die genannte Broschüre selbst ausdrücklich hin: „Der vernetzte Computer ist kein einfaches Werkzeug. Versteht man ihn als Medium, eröffnen sich neue Lernräume, die es verantwortungsbewusst zu entdecken gilt.“ [NI96]

Meine These ist, dass sich in dieser Verkehrung der Zweck-Mittel-Relation bzw. im Fragwürdigwerden eines instrumentellen Technikverständnisses eine höchst bemerk-

kenswerte Charakteristik dieser Technologie zeigt, dass sie also nicht bloß als Verirrung beklagt, sondern als Hinweis auf eine reale Veränderung im Verhältnis von Bildung und Technik ernst genommen werden sollte. Ich zitiere Überlegungen, die ich an anderer Stelle [Se2000] hierzu vorgetragen habe:

„Der Computer ist ... in seinem technologischen Kern nicht mit dieser oder jener Anwendung zu identifizieren. Vielmehr ist er konzipiert als universelles Maschinenpotential. Das heißt, alles, was sich überhaupt algorithmisch fassen lässt, ist – so die These bzw. das Versprechen – auch durch ein Computerprogramm darstellbar [Tu36]. Der technischen Phantasie sind hier nur noch die Grenzen gesetzt, die der Maschine als solcher gesetzt sind: Alles ist möglich, es muss nur in Angriff genommen werden. Etwas von dieser Verheißung steckt in jedem realen frei programmierbaren Computer, der ja immer mehr könnte, als die jeweilige Software aus ihm herausholt (wobei schon die Software fast immer mehr könnte, als ihr Anwender zu aktualisieren vermag). Man könnte sagen: Jeder frei programmierbare Computer verkörpert ein Stück technische Utopie, einen Pfeil in eine Zukunft scheinbar unbegrenzter Möglichkeiten, einen Pfeil, der Verheißung ist, aber auch latenter Vorwurf.

Technische Entwicklung ist nicht länger eine funktionale Ableitung aus Zielen und Zwecken, die vorgegeben werden und über die zu befinden den traditionell höheren kulturellen Status der so genannten Geisteswissenschaften gegenüber den Ingenieurwissenschaften begründete. In der „Turing-Maschine“ universalisiert, lässt die Maschine vollends ihren instrumentellen Charakter (der schon zuvor ihr Wesen nicht erschöpfte) hinter sich. Die technischen „Mittel“ schießen über alle vorgegebenen Zwecke hinaus. Sie eröffnen *Möglichkeitsräume* [Me96], die es mit Zwecken erst noch zu besetzen gilt. Die Mittel werden also nicht mehr nur in Folge der Zwecke entwickelt; sondern zunehmend die Zwecke in Folge der Mittel. Was übrigens keineswegs heißt, dass die Mittel nun die Zwecke determinieren. Vielmehr erweitert sich der Freiraum für die Gestaltung von Welt, und es werden Zwecke möglich, die zuvor undenkbar waren. Allerdings: Dies ist nicht lediglich eine Option, die man wahrnehmen kann oder auch nicht. Sondern: Diese Räume *müssen* nun ausgestaltet werden. Die Gestaltungsoption weist einen Nötigungscharakter auf.

Der Überschuss der Mittel über die vorgegebenen Zwecke gehört zur Technik überhaupt und ist kein ausschließliches Charakteristikum der Computertechnologie. Das Neue ist jedoch, dass nun jede technische Beschränkung dieses Überschießens „im Prinzip“ aufgehoben zu sein scheint, weil der Computer virtuell *jede mögliche Maschine* ist und Beschränkungen nur noch als *Schranken der Technik überhaupt* maßgeblich werden zu können scheinen.“

An dieser nötigen Befreiung hat auch die Bildung teil.

3 Umriss eines informationspädagogischen Konzepts für die PädagogInnen-Ausbildung

Technik als poetisch wahrzunehmen, war das Anliegen, das ich für die informationstechnische Bildung formuliert habe. Sie zurückhaltend in Bildungsprozessen einzusetzen, ist mein medienpädagogisches Postulat. Das sind sehr fundamentalistisch klingende Forderungen, nach deren praktischer Umsetzbarkeit zu fragen wäre.

Ich möchte abschließend ein informationspädagogisches Ausbildungskonzept vorstellen, das wir an der TU Darmstadt im Rahmen des Magisterstudiengangs Pädagogik und perspektivisch für die Lehramtsstudiengänge entwickeln und das einen Versuch darstellt, beide Perspektiven, die informationstechnisch-didaktische ebenso wie die medienpädagogische, zu realisieren und miteinander zu verbinden.

Sinnvollerweise schicke ich einige Bemerkungen zum Zusammenhang dieser beiden Perspektiven voraus. Wenn man die Diskussion um Computer und Bildung verfolgt, kann man manchmal den Eindruck einer gewissen Begriffsverwirrung gewinnen: Worum es denn nun jeweils eigentlich geht, scheint oft nicht sauber auseinander gehalten zu werden: um den Computer als Lerngegenstand oder um den Computer als Lernmittel bzw. -medium. Für den Einsatz des Computers als Bildungs-Medium wird teilweise mit Argumenten votiert, welche für informationstechnische Bildung gelten könnten; und für die informationstechnische Bildung wird u.a. auch mit dem Lernziel Medienkompetenz geworben. Es scheint – wie ich auch in Seminardiskussionen mit Studierenden immer wieder festgestellt – äußerst schwierig zu sein, diese beiden Arten des Verhältnisses von Computer und Bildung sauber zu trennen.

Die scheinbare Begriffsverwirrung ist, denke ich, in der Sache begründet. Wenn es zutrifft, dass Bildung im Sinne eines extrem radikalisierten Mündigkeitspostulats absoluter Autonomie der Sinngehalt der im Computer manifestierten Abstraktion von Sinn ist, dann stößt Bildung in diesem Gegenstand auf eine Manifestation ihrer selbst. Sie wird zur Reflexivität genötigt. Wie in der Maschine generell die Arbeit sich zu neuen Formen befreit sieht, so die Bildung im Computer. Der Computer ist *das* Bildungsmedium par excellence, d.h. das Medium, in dem und durch das Bildung wie in und durch kein anderes Medium sich als selbstbestimmte Entwicklung aus eigenem Sinn erschließt. Deshalb ist diese Technologie in ihrem Wesen revolutionär, nämlich in keiner ihrer jeweiligen Gestaltungen dingfest zu machen: weil ihr Wesen Bildung ist, die permanent fortschreitende Manifestation menschlicher Selbstbestimmung. Der Sinn der Abstraktion von Sinn erschließt sich einzig in und durch die Konkretion: durch den Computer hindurch bezieht sich die nicht-technische menschliche Existenz auf sich selbst zurück. Im Computer an ihm selbst ist diese Rückbezüglichkeit nicht enthalten; an sich selbst ist er abstrakt: absolute Technik, reine Konstruktion, absolute Bildung.

Bildung verliert sich nur dann nicht an ihre abstrakte, absolute Fassung in der virtuellen Universalmaschine, wenn sie diese als Medium der Reflexion auf ihre eigenen nicht-technischen Gründe wirksam und erfahrbar werden lässt. Deshalb drängt die informationstechnische Bildung in Richtung Medienpädagogik. Und ebenso gilt: Der Einsatz von

Computern in Bildungsprozessen nötigt zur Reflexion auf dieses eigenartige Mittel, zu dem sich keine Zwecke definieren lassen, das sich dem gewohnten instrumentellen Verständnis entzieht. Deshalb drängt die Medienpädagogik in Richtung informationstechnischer Bildung. Es erscheint als sinnvoll, beides miteinander zu verbinden.

Unser Ausbildungskonzept sieht eine spezifisch vorbereitete Lernumgebung vor, die wir *Computer-Studienwerkstatt* nennen [DS2000]. Wir knüpfen damit bewusst an die Tradition universitärer Lernwerkstätten an, die besonders in der PrimarstufenlehrerInnen-Ausbildung Verbreitung erfahren und selbst wiederum traditionsreiche reformpädagogische Ideen aufgegriffen haben. Indem wir den Terminus Lernwerkstatt durch den der Studienwerkstatt ersetzen, soll allerdings der wissenschaftlich-theoretische Anspruch deutlich hervorgehoben werden, der mit diesem Konzept verbunden ist.

Nehmen wir die Bestandteile des Begriffs Computer-Studienwerkstatt, dann ist mit ihnen konzeptionell folgendes verbunden:

Computer steht für den Gegenstand, mit dem wir uns auseinandersetzen; unser Konzept beinhaltet ein 4stufiges Curriculum für einen Studienschwerpunkt im Magisterhauptstudium im Umfang von 16 SWS;

Studien charakterisiert die theoretisch-wissenschaftliche Qualität, die wir für diese Auseinandersetzung beanspruchen; die Verbindung von Forschung und Lehre ist dafür essentiell;

Werkstatt bezeichnet den methodisch-organisatorischen Rahmen, in dem sie als projektorientiertes Studium ermöglicht und gefördert wird.

Ich kann an dieser Stelle nicht das Gesamtkonzept unseres Studienschwerpunkts Informationspädagogik darstellen und möchte mich auf einige Aspekte konzentrieren, die mit den Adjektiven poetisch und zurückhaltend zusammenhängen.

Das *poietische* Moment ist grundsätzlich in dem Versuch präsent, durch die Gestaltung einer Kreativität und Sinnlichkeit anregenden Umgebung die schöpferischen Potentiale der Menschen anzusprechen, die in Entwicklung und Anwendung von Computertechnologie diese konkret ausgestalten. Denn indem wir sie an die Potentiale dieser Technologie heranführen, führen wir sie an ihre eigenen Potentiale heran. Der architektonische Entwurf unserer Computer-Studienwerkstatt geht zurück auf einen Wettbewerb unter ArchitekturstudentInnen der TU Darmstadt im Jahr 1997. Der schließlich siegreiche und realisierte Entwurf setzt auf die Spannung einer Raumgestaltung mit natürlichen, in Würde alternden Materialien wie Bambus, Eichenholz, Wenge, Sisal, Flechtstroh und Eisen zur Computer- und Netzwerktechnik in ihren kurzlebigen Plastikgehäusen bzw. ihrer gänzlich entsinnlichten virtuellen Dimension. Auch die Farb- und Lichtgestaltung soll zuerst eine sinnliche Qualität ausstrahlen, welche die Studierenden als leibliche, genussfähige, für Ästhetik empfängliche Wesen anspricht

Unsere Hoffnung ist, dass das poietische Moment von Technik, das wir in der Lehre herauszuarbeiten versuchen, sich so auch im unmittelbaren Erleben einer anregenden

Arbeitsumgebung erschließt und die Arbeitshaltung färbt, bevor noch vom Bildungsgehalt des Computers theoretisch die Rede ist.

Das *zurückhaltende* Moment verband sich mit der Vision eines Computer-Arbeitsraums, bei dessen Betreten auf den ersten Blick überhaupt kein Computer sichtbar ist und erst auf den zweiten Blick klar wird, dass Computer doch da sind, aber unauffällig im Hintergrund, um bei Bedarf herangezogen zu werden. Zuerst lädt der Raum zum Verweilen, zum Sich-Zusammensetzen, Zum Miteinander-Arbeiten ein.

In einer Ansprache anlässlich der Preisverleihung Anfang 1998 versuchte ich, die Verbindung des poetischen und des zurückhaltenden Moments in den favorisierten Entwürfen zu würdigen:

„Aufgabe dieses Wettbewerbs war die Einrichtung unserer Computer-Studienwerkstatt. Doch stand nicht im Vordergrund, Geräte und Möbel für diesen oder jenen Zweck vorzusehen und den dafür nötigen Platz zu schaffen, sondern für Bildungsprozesse, die sich an und mit diesen Geräten vollziehen, Raum zu geben: diesen Raum einzufassen und zu gliedern, um so Arbeits-, Bewegungs- und Kommunikationsmöglichkeiten einzuräumen.

Die Aufgabe einer zurückhaltenden Technik, einen Schutz gegen das gewaltsam anstürmende Außen zu schaffen, wird architektonisch umgesetzt in der Konstruktion einer Hülle oder Umgrenzung des Raums durch Wände, Decke, Boden. Diese Zurückhaltung des Außen dient aber dazu, einen geschützten Binnenraum für Konzentration auf Bildung zu schaffen und ihn so zu gliedern und zu gestalten, dass die Potentiale der darin arbeitenden und lernenden Menschen angeregt werden und sich in ihrem Eigensinn entfalten können. Innenarchitektonisch geschieht diese Gliederung durch Elemente im Raum wie Möbel, Podeste, Geräte ... und lichttechnisch durch den Wechsel von indirektem und direktem Licht, von helleren und dunkleren Abteilungen, durch Zusammenspiel von Tages- und Kunstlicht. Wichtig ist dabei, dass die architektonischen Elemente im Raum nicht ihrerseits die Menschen in Anspruch nehmen und zu Reaktionen zwingen, sondern sich auch selbst zurückhalten, also nicht technisch auf die Menschen einwirken, sondern diesen eigene Wirksamkeit einräumen.

Schließlich aber soll dadurch nicht etwa das zurückgehaltene Außen gänzlich ausgesperrt werden. Denn auch dies zeigt das Beispiel der Architektur: nicht eine geschlossene, sondern nur eine vielfältig durchlässige, unterbrochene Hülle gibt Raum für den lebendigen Austausch zwischen den Menschen drinnen und ihrer Welt draußen. Türen, Fenster und jetzt auch die Netzwerkleitungen der Computer schaffen Verbindungen nach draußen, die verhindern, dass der architektonische Schutzraum zum Sarg wird. Genauso darf Technik die in ihrer Gewalt zurückgehaltene Natur nicht ausschließen, sondern muss für den Austausch der Menschen mit ihr durchlässig bleiben. Sonst wird auch sie zum Sarg.

Die wichtigste Verbindung zur Natur und nach draußen stellen die Menschen allerdings selbst dar. Als physisch-leibliche Wesen können sie nie bloß Funktionselemente in einem geschlossenen Raum sein. So muss der Raum nicht nur nach außen hin durchlässig sein, er muss auch nach innen hin auf die Natur der Menschen eingehen. Natur ist im

Raum selbst präsent. Wenn ich es richtig verstanden habe, spielt architektonisch dieser Gesichtspunkt u.a. bei der Auswahl der Materialien für Boden, Wände, Möbel, bei der Farbgebung und bei der Lichtgestaltung eine besondere Rolle, die eben nicht nur unter funktionalen und nicht nur unter ergonomischen Gesichtspunkten erfolgen.

Die Zusammenarbeit von Pädagogik, Informatik und Architektur in diesem kleinen Projekt der Gestaltung von Arbeitsräumen für eine Computer-Studienwerkstatt ist also zu einem Beispiel dafür geworden, wie Pädagogik und Technik zusammengehören, ein Beispiel, das durch die Koexistenz dieser Fächer unter dem Dach einer Technischen Universität zustandekam und so auf Möglichkeiten verweist, die gerade eine Technische Universität hat. Die Architektur ist allerdings auch eine Technik, die noch so eng mit der künstlerischen Tätigkeit verbunden ist, dass sie sich jene poetische Qualität bewahrt hat, die im Überschreiten des bloß Instrumentellen hin zum Raumgebenden, Einräumenden, Ermöglichenden zum Ausdruck kommt. Zurückhaltende, einräumende Technik wäre eine Technik, die sozusagen wieder poetisch würde. Warum sollte nicht auch die Informationstechnik in diesem Sinne den menschlichen Möglichkeiten Raum geben, darin der Architektur naheifernd und die Pädagogik anregend, diese Räume zur Erkundung in Bildungsprozessen freizugeben?“

Seit Herbst 2000 ist die Computer-Studienwerkstatt offiziell in Betrieb. Die Erfahrung des Raums – das kann man jetzt schon sagen – verleiht dem Versuch, die poetische und zurückhaltende Qualität von Technik in der informationspädagogischen Bildung unserer Studierenden geltend zu machen, einen ganz anderen Untergrund, als wenn wir dies rein theoretisch-argumentativ versuchen würden. Die für die Werkstatt charakteristische Arbeitsform ist das Projekt. Vorherrschendes Rahmenthema ist die Gestaltung multimedialer Lernumgebungen; ein Thema, das für die Studierenden einen Bezug zu ihrer künftigen beruflichen Praxis birgt, zugleich aber auch die Einbeziehung der eigenen gegenwärtigen Studienerfahrung in der Lernumgebung Computer-Studienwerkstatt nahe legt; ein Thema, das die theoretische und konzeptionelle Arbeit mit praktischer Entwicklungsarbeit verbindet; das Teamarbeit und interdisziplinäre Kooperation verlangt; ein Thema, dessen Bearbeitungsergebnisse die Studierenden auch in objektivierter Form aus dem Studium „mitnehmen“ können. Zu dieser Arbeitsform gehört die abschließende öffentliche Präsentation von Arbeitsergebnissen, in Form von Ausstellungen und im WWW.

Aber auch die traditionellen Vermittlungsformen Vorlesung, Übung und Seminar behalten ihren Stellenwert, wo es um systematische Wissensaneignung (Vorlesung), um Erwerb und Festigung von Fertigkeiten und Kenntnissen (Übung), um diskursive Problemerkörterung (Seminar) geht.

Der reale Raum Computer-Studienwerkstatt, wie alle Realität eben auch ärgerlich begrenzt und beschränkt, erweitert sich langsam in den virtuellen Raum des WWW, der gegenwärtig genutzt wird als Verteilungsplattform für Materialien, als Informationszentrum, als Präsentationsbühne für Arbeitsergebnisse, als Ausgangsbasis für Literaturrecherche. Die Computer-Studienwerkstatt ist in Betrieb, aber nicht fertig. Sie ist als notorisch nicht-fertig konzipiert, das heißt als *permanentes Projekt*. Sie wird eine Geschichte bekommen: Ihre Nutzerinnen und Nutzer werden dort ihre Spuren hinterlassen, von den

Gebrauchsspuren im realen Raum bis hin zu den Gestaltungen, Umgestaltungen und Ergänzungen des Konzepts und des metaphorischen Raums, die durch sie angeregt oder vorgenommen werden.

Die Pädagogik hat eine soziale Verantwortung wahrzunehmen, indem sie Antworten zu finden versucht auf den gesellschaftlichen Bildungsbedarf. Hinsichtlich der Informationstechnik bedarf unsere Gesellschaft zweifellos der Initiativ- und Gestaltungskraft der Individuen. Die soziale Verantwortung verbindet sich so mit der pädagogischen Verantwortung für die Unterstützung und Förderung der Entfaltung der Individualität. Sie kann an keine Technik abgegeben werden.

Deshalb kommt eine Verlagerung von Lehren und Lernen in den virtuellen Raum für uns nicht in Frage. Der virtuelle Raum kann aus pädagogischer Sicht niemals ein Äquivalent zum realen Raum sein, in dem Menschen einander als Individuen begegnen, sondern immer nur dessen Erweiterung. Individualisierung des Lernens ist durch keine noch so hoch aufgelöste Typologie des Lernens und durch keine noch so hoch entwickelte Adaptivität von Lernsystemen erreichbar. Das Individuum ist die Person, die in ihrer Einzigkeit als Gegenüber nur von einem anderen Individuum angesprochen werden kann.

Um der Erschließung der Potentiale der Technik willen müssen wir an einer Form der Bildung festhalten, die sich in persönlicher Begegnung von Menschen ereignet.

Literatur:

- [DS2000] Diéz Aguilar, M.; Sesink, W.: Multimediale Lernumgebungen als Räume für Bildung: das Konzept der Computer-Studienwerkstatt. In: W. Sesink (Red.): Bildung ans Netz. Implementierung Neuer Technologien in Bildungseinrichtungen – pädagogische und technische Vermittlungsaufgaben. Wiesbaden 2000. 195-204
- [Gü63] Günther, G.: Das Bewußtsein der Maschinen. Eine Metaphysik der Kybernetik. Baden Baden-Krefeld 1963
- [He2001] Herzig, B.: Medienerziehung und informatische Bildung – Ein (semiotischer) Beitrag zu einer integrativen Medienbildungstheorie. In: ders. (Hg.): Medien machen Schule. Grundlagen, Konzepte und Erfahrungen zur Medienbildung. Bad Heilbrunn 2001. 129-164
- [Hu2000] Hubwieser, P.: Didaktik der Informatik. Grundlagen, Konzepte, Beispiele. Berlin u.a. 2000
- [Kl95] Klagenfurt, K.: Technologische Zivilisation und transklassische Logik. Eine Einführung in die Technikphilosophie Gotthard Günthers. Frankfurt a.M. 1995
- [Me96] Meyer-Drawe, K.: Menschen im Spiegel ihrer Maschinen. München 1996
- [Na97] Nake, F.: Der semiotische Charakter der informatischen Gegenstände. In: U. Bayer; K. Gfessner; J. Hansen (Hg.): signum um signum. Elisabeth Walther-Bense zu Ehren. Semiosis, H. 85-90 (1997). 24-35

- [NI96] Neues Lernen. Mit learn: line. Was Sie wissen müssen müssen, um Ihre Schule ans Netz zu bringen. NRW-Schulen ans Netz. Verständigung weltweit. Eine Initiative des Landes Nordrhein-Westfalen (1996)
- [RM98] Reinmann-Rothmeier, G.; Mandl, H.: Auf dem Weg zur Entwicklung einer neuen Lernkultur. In: H. Kubicek u.a. (Hg.): Lernort Multimedia. Jahrbuch Telekommunikation und Gesellschaft 1998. Heidelberg 1998. 55-61
- [Se96] Sesink, W.: Virtuelle Realität. Über das Produktionspotential der neuen Maschinen. In: Vierteljahrsschrift für wissenschaftliche Pädagogik 72 (1996). 320-342
- [Se98a] Sesink, W.: Bildung für die „Informationsgesellschaft“. In: Bildung nach dem Zeitalter der Großen Industrie. Jahrbuch für Pädagogik 1998. Red. Josef Rützel und Werner Sesink. Frankfurt a.M. 1998. 79-95
- [Se98b] Sesink, W.: Du bist eine Maschine. Werde, was du bist! Die Pädagogik virtueller Maschinen. In: Bildung nach dem Zeitalter der Großen Industrie. Jahrbuch für Pädagogik 1998. Red. Josef Rützel und Werner Sesink. Frankfurt a.M. 1998. 195-204
- [Se2000] Sesink, W. (Red.): Bildung ans Netz. Implementierung Neuer Technologien in Bildungseinrichtungen – pädagogische und technische Vermittlungsaufgaben. Wiesbaden 2000 (Hessen-*media* Band 23)
- [Tu36] Turing, A.M.: On Computable Numbers with an Application to the Entscheidungsproblem. In : Proceedings of the London Mathematical Society 42 (1936). 230-265 (dt. Übers. in: Turing, A.M.: Intelligence Service. Schriften. Hg. v. B. Dotzler u. F. Kittler. Berlin 1987)
- [Wi2000] Wilkens, U.: Das allmähliche Verschwinden der informationstechnischen Grundbildung. Zum Verhältnis von Informatik und Allgemeinbildung. Aachen 2000 (zugleich Diss. Bremen 1998)