

# Das Zeitphänomen Computer

## Skizzen zu einer undurchschaubaren Technologie

Der Computer ist inzwischen ein Zeitphänomen von nie dagewesener Durchschlagskraft und Allgegenwärtigkeit geworden. Nicht nur in jeder Art von technischem Bereich (bis hin zu Autos, Kühlschränken, Mikrowellenöfen, Herzschrittmachern), auch in wirtschaftlichen und staatlichen Zusammenhängen ist er nirgendwo mehr wegzudenken. Moderne wirtschaftliche Systeme und Institutionen, vor allem staatenübergreifende, sind ohne Computer nicht mehr handlungsfähig. Die medizinische Versorgung ist bei Ausfall der dort arbeitenden Computer nicht mehr aufrechtzuerhalten, Menschenleben sind dadurch ernsthaft bedroht. Die totalen Stromausfälle in amerikanischen Städten in den letzten Jahren haben die Unentbehrlichkeit der Computersysteme auch in weiteren Lebensbereichen überzeugend demonstriert.

Selbst in sozialen und kulturellen bzw. künstlerischen Bereichen wird diese Technologie maßgebend. Das führt inzwischen so weit, dass im Internet, weltweit, anonyme soziale Gruppenbeziehungen entstehen, in denen keine Verpflichtung oder Verantwortlichkeit besteht – die im Einzelfall kurioserweise sogar in Eheschließungen münden. Andererseits zeigt das Vordringen von computerproduzierten Filminhalten, wie eine gewaltige Faszination davon ausgeht, wenn Naturgesetze scheinbar außer Kraft gesetzt werden. Schließlich wird unter dem Stichwort CyberArt in gezielter Weise versucht, eine Person (oder Gruppe) nicht nur in eine täuschend echte virtuelle Realität zu führen, sondern ihr sogar zu ermöglichen, diese nach ihren Bedürfnissen und Wünschen interaktiv umzugestalten.<sup>2,4</sup> Damit gehen Gefahren noch nicht abschätzbaren Ausmaßes für die innere Entwicklung der Menschen einher, vor allem der jungen Menschen. (Ich kenne solche Folgen aus langer Erfahrung als Universitätslehrer in den USA und Deutschland.<sup>3,7,8</sup>)

Der Schwerpunkt dieses Beitrags liegt demgegenüber auf einer skizzenhaften Herausarbeitung eines bisher nur wenig bemerkten positiven Potenzials der Computertechnologie für die allgemeine Menschheitsentwicklung, die anders, in ähnlich breiter Wirkung, gar nicht denkbar wäre. Dies hat natürlich direkte Implikationen für den Schulunterricht in Informatik. Im anschließenden Artikel dieses Heftes<sup>10</sup> soll ein neuartiges Curriculum des Informatikunterrichts skizziert werden. Dabei wird auf Erfahrungen und Einsichten aus der Waldorfschulpraxis abgehoben. Es soll deutlich gemacht werden, dass die fachlich begründete Vorgehensweise mit den allgemeinen Erziehungsprinzipien der Waldorfschule harmonisiert.

## Technologie und Sinnesentwicklung

Zur Klärung des Sprachgebrauchs über Technologie soll hier eine Begriffsabgrenzung vorgenommen werden. Technische Erfindungen haben mit Technologie in der Weise zu tun, dass sie *unter Einsatz vieler Menschen, die planvoll zusammenarbeiten, um übergreifender gemeinsamer Ziele und Zwecke willen zur Erfüllung verteilter Aufgaben eingesetzt werden, die eine große Bandbreite verschiedener Kompetenz erfordern*. Das trifft auf die ägyptischen Pyramiden wie auf den Bau des Ärmelkanaltunnels zu. (In beiden Fällen gehörten Entwicklung von Systemen zur Wartung, Reparatur, Weiterentwicklung untrennbar zum technologischen Projekt dazu. Die Griechen, auf die viele technische Erfindungen zurückgehen, waren eben keine Technologen, wohl aber die Römer (Aquädukte!)) Neuere Technologien (Computer) sind auf das Zusammenspiel von *Wissenschaft und Technik* angewiesen. Dieses Zusammenwirken nennen wir erst *Technologie*.

Mit dem Beginn der industriellen Revolution im 19. Jahrhundert kamen nicht nur die auf der Einführung der Dampfmaschine beruhende Mechanisierung der industriellen Fertigung und (danach) die Elektroindustrie auf, sondern auch, zumindest für die Industriearbeiter, völlig neue Arbeits- und Lebensbedingungen, mit einem weitgehenden Verlust der natürlichen Lebensverhältnisse. Während in diesem Prozess auf der einen Seite, als Folge der Technologieerfahrung, die »natürlichen« Sinnesindrücke verkümmerten, entstand dafür die innere Fähigkeit, Ereignisse und Erlebnisse nüchtern, losgelöst vom Gefühlsleben wahrzunehmen und zu betrachten. Diese neue Fähigkeit wurde mit der Herabdämpfung der älteren Sensitivität erkaufte, auf Ereignisse und Gedanken stark gefühlsmäßig zu reagieren, mit der aber die Technisierung des Lebens kaum auszuhalten gewesen wäre. Was ergibt sich durch die beschriebene Fähigkeit der Nüchternheit?

Ein Pilot einer großen Verkehrsmaschine, der das Flugzeug per Hand mit ca. 900 km/h durch ein Schlechtwettergebiet fliegt, muss »richtig« auf unvorhersehbare Turbulenzen reagieren, obwohl die mechanische Reaktionszeit auf ein Steuerkommando über vier Sekunden liegen kann! Der Pilot befindet sich in der scheinbar paradoxen Situation, die innere Aufmerksamkeit so weit »ausdehnen« zu müssen, dass sie sich auf alles in dieser Spanne Mögliche einstellt, auch wenn dafür die »normalen« Sinnesindrücke ausscheiden. Ein ähnliches Problem stellt sich für einen Autofahrer, der sich bei mäßigem Verkehr auf der Autobahn mit 160 km/h einer Hügelkuppe nähert. Wie dieser zweite Fall besonders zeigt, geht es nicht um eine Verfeinerung des Sehsinns, sondern um eine innerliche Intensivierung des Tastsinns. (Man muss sich innerlich weiter vortasten, als man sehen oder mit den Gliedmaßen reichen kann.) Darüber hinaus muss man die Entwicklung der Eigenbewegung in Relation zur Bewegung der anderen in verstärktem Maße wahrnehmen und umsetzen lernen. Dazu muss man Bewegungen in ihrer Eigenqualität erfahren und erfassen. Für diese Sinnesqualität ist von Rudolf Stei-



Fotos Beielstein

ner der Ausdruck Bewegungssinn eingeführt worden.<sup>5</sup>

Wir sehen, dass diese Wahrnehmungsveränderungen nötig sind, um in der (unnatürlichen) technischen Welt sich zurechtfinden zu können. Die wissenschaftlichen Weisen gingen im 19. Jh. z. B. davon aus, dass die Menschen die zu dieser Zeit anvisierten Eisenbahngeschwindigkeiten von 80 km/h nicht aushalten, geschweige denn verantwortlich damit umgehen könnten! Dies soll als ein erster Hinweis dafür gelten, dass die Technologie nicht zufällig eine tragende Rolle bei der inneren Erziehung der Menschheit spielt.

## Das Neue der Computertechnologie

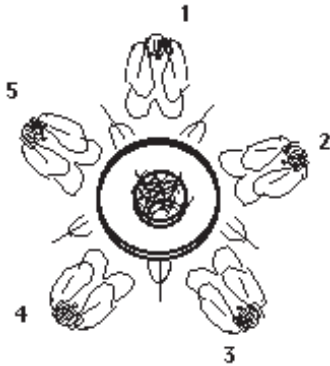
Aus unserem in der Einleitung dargelegten Verständnis ergibt sich, dass in technologischen Projekten Fachleute verschiedener Kompetenz zusammenarbeiten, sogar zur Zusammenarbeit gezwungen sind. Aus der beschränkten Kompetenz resultiert eine beschränkte Einsicht sowohl in die Arbeit anderer Teilprojekte als auch in den Gesamtprozess. Weil jeder dies von sich und von den anderen Fachleuten weiß, wird als innere Notwendigkeit (halbbewusst) geübt und erfahren, nicht nur nach bestem Wissen zu arbeiten, sondern auch eine besondere Verantwortung für das Ganze zu übernehmen, dabei auf eben diese Haltung bei allen anderen Beteiligten vertrauend. Das wird besonders deutlich bei Großprojekten, bei denen eine Fehlfunktion des konstruierten Systems den Verlust von Menschenleben nach sich ziehen kann. In diesem Zusammenhang muss man sich auch klarmachen, dass in der Technologie Lösungen und Verfahren kleiner Größenordnung nicht ohne weiteres auf größere Verhältnisse übertragbar sind. Am Beispiel eines Unterseetunnels von noch nie dagewesener Länge zeigt sich dann, dass man – obwohl nötig – mit dem realen Objekt keine Experimente machen kann (bei deren Scheitern der Tunnel dann eben noch einmal anders gebaut würde). So muss – trotz mehrfach beschränkter Kompetenz – eine von vornherein tragfähige Lösung gefunden und realisiert werden, also ein Tunnel gebaut wer-

den, der garantiert 200 Jahre funktioniert. Das Vertrauen auf die Kompetenz und die Verantwortung der anderen Fachleute beruht nun merkwürdigerweise nicht auf persönlichen Gegebenheiten oder Beziehungen, sondern auf ihrer fachlichen Rolle. Die Arbeit in technologischen Projekten hält also zu überpersönlichem Vertrauen, zu überpersönlicher Verantwortung an. Bekanntlich gelingt dies aber nicht oft in den klassischen Ingenieurdisziplinen, außer durch zusätzliche hierarchische Kontrolle.

Während man in mechanischen und elektrischen Modellen – die beide in der Physik auf mechanistischen Ansätzen basieren – von sinnlich erfahrbaren Annahmen Gebrauch machen kann, verbietet sich dies bei Software-Prozessen von vornherein. Sie sind von virtuellem Charakter, liegen also außerhalb des sinnlich Erfahrbaren, und sie haben, anders als mathematische Objekte, eine inhärent dynamische Qualität. Das Virtuelle bewirkt gerade die besondere Faszination der mit Hilfe der von Software kreierten Erfahrungen. Naturgesetze scheinen in vermeintlich vollständig erlebter Realität aufgehoben. Das kaum Greifbare der Software macht allein schon Computer-Betriebssysteme (z.B. Windows NT) oder große Anwendersysteme praktisch undurchschaubar. Wer sich einmal bemüht hat, ein Programm von 2000 Zeilen (ohne ausführlichste begleitende Erklärungen in normaler Sprache) zu verstehen, das er nicht selbst geschrieben hat – fast immer ein vergebliches Unterfangen –, der wird sich schwer tun, auch nur zu versuchen, ein großes Datenbank-Managementsystem (10-20 Mio. Zeilen Code) nach Fehlern abzusuchen. Dass die Computer auch *prinzipiell* undurchschaubar sind, muss aus Platzgründen ganz unerörtert bleiben. Eine detaillierte und allgemeinverständliche Diskussion dieses Phänomens kann jedoch nachgelesen werden.<sup>8,9</sup>

Zur intuitiven Verständlichkeit soll ein elementares Problem beim Entwurf von





Computer-Betriebssystemen in eingekleideter Form dienen (es stammt von E.W. Dijkstra): Man denke sich fünf holländische Philosophen um einen runden Tisch, auf dem ein großer Topf mit gar gekochten Spaghetti steht und zwischen je zwei Philosophen eine Gabel plaziert ist (siehe Abb.1: Hier sind die Gabeln der Deutlichkeit halber größer gezeichnet). Die Aktivitäten der Philosophen sind schwerpunktmäßig Essen, Denken und Schlafen. Weil die beiden letzten für das Essen irrelevant sind, wird zwischen ihnen nicht unterschieden. (Man kann ja auch

manchmal bei anderen Menschen nicht unterscheiden, ob sie denken oder schlafen.) Da es sich um holländische Philosophen handelt, braucht jeder zum Spaghetti-Essen zwei Gabeln, so dass, wenn er isst, keiner seiner Nachbarn essen kann. Alle wollen selbst jederzeit entscheiden können, wie lange sie denken, wie schnell sie essen etc. Eine feste Rangordnung widerspricht der Gleichberechtigung, eine übergeordnete Kontrollinstanz wird nicht akzeptiert. Trotz des Interessenkonflikts zwischen Nachbarn sollen nun die Aktivitäten so organisiert sein, dass jeder zu seinem Recht kommt. Falls aber allen fünf zu gleichen Zeit einfällt zu essen, jeder zufällig seine linke Gabel greift, wird keiner seine rechte Gabel finden, da diese vom rechten Nachbarn gehalten wird. Wenn nun jeder beschließt, die aufgenommenen Gabeln auf keinen Fall hinzulegen – wer weiß, ob man sie jemals wiederbekommt – so sind alle blockiert (technisch: in einem *Deadlock*). Damit dies nicht passieren kann, muss man zur Auflage machen, dass jeder Philosoph, der seine zweite Gabel nicht bekommen hat (etwa nachdem er 10 Sekunden gewartet hat), die erste Gabel wieder hinlegen muss. Nun kann man nachprüfen, dass zwar keine totale Blockade mehr geschehen kann, jedoch trotzdem vielleicht einer der fünf nie zum Essen kommen wird, also verhungert.

Das Problem ist nun, eine organisatorische Lösung zu finden, in der *unter den oben beschriebenen Bedingungen (vor allem der Autonomie)* keine Deadlocks auftreten und keiner verhungert. Obwohl dieses Problem sicher allgemeinverständlich ist und andererseits eine elementar-praktische Notwendigkeit bei der Entwicklung von Betriebssystemen aufzeigt, hat es 20 Jahre gedauert (1981) bis zu einer vollständigen Lösung. 20 Jahre in einer schnellebigen Disziplin, die damals nicht einmal 35 Jahre alt war! Es stellt sich heraus, dass man einen Lösungsansatz nur findet, wenn man die Philosophen – *jeweils aus ihrer jeweiligen beschränkten Einsicht heraus* – alle *zugleich* beobachten kann. Die Paradoxie dieser Forderung löst sich nur dann auf, wenn man sich darauf einlässt, diese autonomen Prozesse *innerlich zu durchleben, aber in einer gedanklich-systematischen Form, als handelte es sich um geometrische Objekte* (obwohl diese im Vergleich zu Software-Prozessen statisch erscheinen). Dies war damals für die Experten sehr schwer (und ist es heute noch ein wenig). Jedoch wird – zunächst für Fachleute – dadurch eine neue innere Qualität, die eines *beweglichen, lebendigen Denkens* erübt. Das kann gerade deshalb besonders geschehen, weil die

*Objekte nicht sinnlich fassbar und doch wie lebendig sind.*

## Überpersönliche Sozialität

Am Fachbereich Informatik der Universität Dortmund müssen die Studenten im Hauptstudium eine sog. Projektgruppe mitmachen. Diese Arbeit nimmt ein ganzes Jahr in Anspruch und wird mit 16 Semesterwochenstunden angesetzt, ist also sehr umfangreich. Sie soll im Thema interdisziplinär und in Gestalt einer Gruppenarbeit angelegt sein. Es werden typische Softwarearbeiten und -projekte, auch ins Praktische, Experimentelle hinein, von jeweils zwölf Studenten betrieben. Da auch Informatikstudenten ganz normale junge Menschen sind, haben sie nicht nur verschiedene Interessen und Eigenschaften, sondern auch Sympathien oder Antipathien für- bzw. gegeneinander. Man merkt, wenn sie »privat« miteinander umgehen, dass einige sich nicht »riechen« können. Das kommt öfter zum Vorschein, wenn sie aus einer gemeinsamen Arbeitssitzung hinausgegangen sind. Aber in der Sitzung, wenn es um technische Gespräche und Verabredungen geht, arbeiten auch solche Studenten einander zu, helfen einander sogar selbstlos, wogegen es relativ leicht wäre, den unsympathischen anderen zu behindern, ihn »hängen« zu lassen, indem man ihm einfach nur teilweise Auskunft gibt. Dieser würde die schlechte Absicht nicht einmal merken können. Er könnte, von seiner beschränkten Einsicht her, noch nicht einmal beurteilen, ob überhaupt etwas fehlt.

Es geschieht also im Sachlich-Technischen, dass die Studenten über das Persönliche hinwegsehen, ja sogar ihre Arbeit so einrichten, als gäbe es eine enge soziale Verbindung. Dies ist keine zufällige Erfahrung, sondern sie wird in solchen Zusammenhängen regelmäßig beobachtet, nicht nur an Universitäten, sondern auch unter Produktionsbedingungen in der Software-Industrie. Weil diese Fähigkeit, die durch die übende Beschäftigung mit Software am deutlichsten ausgebildet wird, gerade nicht auf persönlichen Bindungen beruht, nenne ich sie eine neue, überpersönliche Sozialität. In dem Maße, in dem sie zutage tritt, wird sie zunehmend bewusst gehandhabt.

Zur Arbeit an oder mit Software sind (überpersönliche) Beziehungen zu Menschen nötig, um in diesem Feld kreativ und produktiv zu sein, um eine soziale Schwächung zu vermeiden.<sup>7,8</sup>

## Technologie und Kunst

Eine wichtige Beobachtung für den Umgang mit Computern ist, dass die erwähnten neuen Fähigkeiten zunächst nur für Fachleute erwerbbar sind. Selbst diese sind gefährdet, dabei auf innere Abwege, in seelische Isolation zu geraten. Wenn man die Technologieentwicklung jedoch über längere Zeiträume verfolgt, so sieht man als bemerkenswerte Parallele die Entwicklung der Kunst. Wir beschränken uns hier auf Andeutungen vom Beginn der Neuzeit. Hier war der



Fotos Beielstein

eigentliche Wegbereiter beider Richtungen *Leonardo da Vinci*. Er wird ja als der Vater der modernen (experimentellen) Wissenschaften und der (mechanischen) Technologie angesehen, gleichzeitig aber auch als Schöpfer der »modernen« Form der Malerei, wo aller Ausdruck, alle Leidenschaften und Dramatik aus dem Inneren der dargestellten Menschen, Lebewesen, Elemente selbst kommen, wo sie nicht mehr auf einen göttlichen Ursprung oder Hintergrund bezogen werden. Insofern macht er die Malerei zu einer *absoluten, selbstständigen Kunst* (was wir hier auch als Definition verstehen wollen). Er begründet u.a. die Mechanik als selbstständige wissenschaftliche Disziplin und Technik, in der die Elemente der Betrachtungen abgelöst von den natürlichen Objekten erscheinen und eingesetzt werden.

Nun fallen in der weiteren Entwicklung zwei weitere merkwürdige Koinzidenzen auf: In der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts erwacht ein wissenschaftlich-technisches Interesse an *elektrischen* Phänomenen als *Gegenstand selbstständiger Betrachtung*, und es entstehen innerhalb von nur 50 Jahren die Elektrizitätslehre und Elektrotechnik. *Im gleichen Zeitraum* wird durch *Mozart, Haydn, Beethoven* die Musik zu einer absoluten Kunst, unabhängig von der Sprachkunst. (Die Dramatik kommt allein aus den innermusikalischen Elementen.) In der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts entsteht die Computertechnologie aus abstrakten Vorbereitungen zur Berechenbarkeit (von Funktionen) und aus der Elektrotechnik, gleichzeitig wird von *Rudolf Steiner* als neue Kunstform die *Eurythmie* inauguriert, eine Gestenkunst, die in der Waldorfschulerziehung einen festen Platz hat.

Noch bedeutsamer als die zeitlichen Beziehungen zwischen Kunst- und Technologieformen sind aber innere Entsprechungen. So sind sowohl in der Malerei/Plastik wie in der Mechanik die Elemente *sinnlich greifbar im Raum, beständig*

und *undurchdringlich* (bei Flüssigkeiten oder Gasen nur unter Energieverlust vermischbar). In Musik und Elektrizität gibt es unvergleichlich *heftige, abrupte* Erscheinungen (Stimmungs-/Lautstärkewechsel bzw. Blitzentladungen), die Elemente haben neben der *räumlichen* auch eine *zeitliche* Qualität, sie haben einen *vorübergehend sinnlichen* Charakter. Sie sind zeitweise hörbar bzw. beobachtbar, zeitweise bestehen sie in (rein) gedanklichem Verfolgen der Stromführung in Leitern). *Sie durchdringen sich vollständig*, ohne Energieverlust. Das ist in der Elektrizität die Bedeutung der *Kirchhoff'schen Regeln*, in der Musik entstehen so z.B. aus Melodien Harmonien oder auch Rhythmen.

Im Zusammenhang mit der Computertechnologie hatten wir das Entstehen der überpersönlichen Sozialität beschrieben, also der Fähigkeit, *ohne Sympathie oder Antipathie, ohne vorgefertigte Meinungen oder gedankliche Prinzipien, nur aus eigener Kraft und mit vollem inneren Einsatz für andere Menschen, nicht nur für Sachen oder gar für sich selbst zu wirken*. Als Folge der Arbeit an und mit Software, mit interagierenden autonomen Prozessen, lernen die Experten auch, auf den anderen (zunächst sachlich) einzugehen. In eurythmischen Gesten *öffnet man sich, man wird erkennbar für das andere Ich*. Gegenstand von Gesten und ihres Ausdrucks ist das dahinterstehende lebendige Ich. Wir haben damit zwei polare innere Aspekte der *Ich-Begegnung* im vollkommen Nicht-»Stofflichen«, *außerhalb von Raum und Zeit* beschrieben.

Diese Diskussion hat aus Platzgründen nur Hinweischarakter. Es kann hier nur angedeutet werden, dass die gesamte Menschheit seit langem in einen Prozess des Hin- und Herwendens zwischen Technologie und Kunst gestellt ist, der Seelenbildungs-Charakter hat. Es kommt dabei auf den Prozess, nicht auf das Spezialisieren in eine Richtung an – das letztere kann natürlich für besondere Talente doch weitgehend richtig sein.<sup>8,9</sup> Im Falle *Leonardos*, des Prototypen



des modernen Menschen, führte die lebendige wechselseitige Beschäftigung mit Malerei und Mechanik – was ihm wichtiger war als eine herausragende Karriere in nur einer Richtung – zu einer *bewussten* Ausarbeitung von Malerei- und mechanischen Konstruktionsprinzipien. Wie in einem inneren Prozess der Gleichgewichtsfindung lernte er dadurch schließlich, mechanische Kräfte ebenso wie Wachstums- und lebendige Gestaltungskräfte zu *sehen*, wie wir an seinen Notizen verfolgen können.<sup>1</sup> Er konnte damit technisch und ökonomisch adäquate Konstruktionsprinzipien gewinnen bzw. die Lebenskräfte selbst durchscheinen lassen (nur als Hinweis sei hier *die Mona Lisa* als Studienobjekt erwähnt).

Die innere Wanderung zwischen Computertechnologie und Eurythmie konstituiert eine vertiefte Seelenfähigkeit, die *Rudolf Steiner Bewusstseinsseele* genannt hat.<sup>6</sup> Wie von ungefähr beobachtet man seit 20 Jahren, dass die jungen Menschen, die etwa seit 1970 auf die Erde kommen, eine merkbare Anlage zur überpersönlichen Sozialität zeigen – und computertechnischen Instinkt. Das alles hat jedoch Implikationen für die Schulerziehung, und diese werden im anschließenden Beitrag zum Informatikunterricht in Waldorfschulen weiterverfolgt. Die letzte Beobachtung über die sich entwickelnden Anlagen der Kinder zur überpersönlichen Sozialität ermutigt dazu ausdrücklich.

*Zum Autor:* Prof. Dr. Horst F. Wedde, Studium der Mathematik, Physik, Informatik; Projektleiter in der Gesellschaft für Mathematik und Datenverarbeitung (GMD), Professor für Computer Science (Wayne State University, Detroit); Gastprofessor in Pisa, Turin, Mailand, Polnische Akademie der Wissenschaften (Warschau), UdSSR Akademie der Wissenschaften (Moskau); jetzt Lehrstuhl für Betriebssysteme / Rechnerarchitektur in Dortmund.

- 1 André Chastel (Hrsg.): Leonardo da Vinci. Sämtliche Gemälde und die Schriften zur Malerei, München 1990
- 2 »Idioten mit Gesichtsskulpturen«, Frankfurter Allgemeine, 28.4.1999
- 3 Kurt Reumann: Leben aus der Dose, Frankfurter Allgemeine, 3.8.1999
- 4 Gundolf S. Freyermuth: Renaissance v2.0 – über die virtuelle Wiedergeburt der Künste und die Entstehung von Cyberfiktionen, Neue Zürcher Zeitung, 9.4.1999
- 5 Rudolf Steiner: Allgemeine Menschenkunde als Grundlage der Pädagogik, Dornach <sup>9</sup>1992
- 6 Rudolf Steiner: Theosophie, Dornach <sup>31</sup>1987
- 7 H. F. Wedde (Hrsg.): CyberSpace – Virtual Reality. Fortschritt und Gefahr einer innovativen Technologie, Stuttgart 1996
- 8 H. F. Wedde: Wie kann die Menschheit lernen, die Computerwelt zu bestehen? s. Anm. 7
- 9 How and Where Do We Live in Virtual Reality and Cyberspace – Threats and Potentials; Rendiconti del Seminario matematico e fisico di Milano, Vol. 66 (1996)
- 10 Horst F. Wedde, Thomas Beielstein: Informatik in der Waldorfschule – Ziele, Erfahrungen, Perspektiven; in diesem Heft, S. 678 ff.