

NATURWISSENSCHAFTLICHE BILDUNG ALS SYSTEM-BILDUNG

Wilhelm T. Wolze und Wilhelm Walgenbach*

EINLEITUNG

Der Bildungsbegriff, wie auch der Begriff der Erziehung, sind im deutschen Sprachraum weder umgangssprachlich noch theoretisch bestimmt. Auf theoretischer Ebene liegt im pädagogischen Bereich eine große Vielfalt von Explikationsversuchen vor, die je nach zugrundeliegendem Theorieansatz beträchtlich voneinander abweichen. Dies betrifft insbesondere die Beziehung beider Begriffe zueinander (vgl. /2/).

Wir stehen damit vor einem doppelten Problem:

Neben einer allgemeinen Begriffsbestimmung tritt zusätzlich das speziellere Problem auf, den Begriff der physikalischen (naturwissenschaftlichen) Bildung zu präzisieren.

Im Folgenden wird einmal ein Explikationsansatz des Bildungsbegriffs vorgestellt: Bildung wird als System-Bildung aufgefasst. Zum anderen werden hieraus einige Determinanten für einen Physikunterricht entwickelt, der den Anspruch erheben kann, bildend zu sein.

Ausgangsbasis dieser Betrachtungen ist die Bestimmung von Bildung im Deutschen Idealismus auf der Grundlage von Selbsttätigkeit. Die Explikation des Begriffs der System-Bildung gründet auf einem Syntheseansatz von Tätigkeitstheorie und Systemtheorie. Der Begriff der Selbsttätigkeit wird dabei als eine wesentliche historische Wurzel der Tätigkeitstheorie angesehen. Die systemtheoretische Explikation der Tätigkeitstheorie hat zum Ziel, die Beziehung zwischen Organismus (Subjekt) und Umwelt auf der Grundlage von Selbstorganisation, Selbstherstellung, Selbsterhaltung und Selbstreferentialität zu erfassen. Es werden einige Grundzüge dieses Theorieansatzes skizziert, wobei im Wesentlichen die Prinzipien der Selbstorganisation und der Selbstreferentialität herangezogen werden. Eine kurze Abgrenzung zum radikalen Konstruktivismus und zur Kognitionswissenschaft dient dazu, die zugrundeliegende erkenntnistheoretische Position hervorzuheben.

1. ZUM KLASSISCHEN BILDUNGSBEGRIFF

Für eine Auffassung von Bildung und Erziehung auf der Grundlage der Kategorie "Tätigkeit" lassen sich historische und systematische Gründe anführen. Der Bildungsbegriff wird in der deutschen Pädagogik im Zusammenhang mit der preußischen Bildungsreform am Anfang des 19. Jahrhunderts zu einer zentralen Kategorie.¹

* Aus: Häusler, P.(Hrsg.): Physikunterricht und Menschenbildung. Kiel: IPN, 1992; überarbeitete Fassung

In Preußen mit seinen zurückgebliebenen Strukturen stellte sich das Problem der Vermittlung von Wissenschaft und Gesellschaft anders als in England und Frankreich. Die französische Lösung des Vermittlungsproblems bestand in einer unmittelbaren Verwissenschaftlichung der gesellschaftlichen Praxis über ein öffentliches Unterrichtswesen; die englische stützte sich dagegen auf reiche Formen einer organisierten Öffentlichkeit. Hierzu gehörten Clubs und Gesellschaften, vielfältige Bildungs- und Fortbildungseinrichtungen sowie die Produktion und Verbreitung populärwissenschaftlicher Literatur. Die ökonomische, technologische und politisch-kulturelle Rückständigkeit zwangen demgegenüber Preußen zur Entwicklung eines Ausbildungskonzepts, in dem die Allgemeinheit der für die Bildungsprozesse auszuwählenden Inhalte aus einer antizipierten Zukunft der noch nicht existierenden bürgerlichen Gesellschaft zu begründen war.

Die preußische Lösung bestand darin, Bildung nach innen in das Subjekt zu verlegen, weil es den für das Subjekt anzustrebenden Zustand außen noch nicht gab. Zurückgreifen konnte man dabei auf Arbeiten des Deutschen Idealismus, in denen das Ich und seine Tätigkeit eine zentrale Stellung einnahmen. Aus der Verbindung von gesellschaftspolitischer Zielstellung und philosophischer Grundlegung entstand eine Bildungskonzeption mit folgenden wesentlichen Bestimmungsstücken.

(1) *Selbsttätigkeit*

Da der anzustrebende Gesellschaftszustand noch nicht existierte, war er auch nicht zu entdecken. Weder die Reproduktion von fertigem Wissen noch entdeckendes Lernen konnten daher Ausgangs- und Mittelpunkt der Bildungskonzeption sein, sondern die Selbsttätigkeit der Subjekte, in der die Entwicklung des Ichs zugleich Gegenstand, Mittel und Ziel der Tätigkeit ist. In seiner Selbsttätigkeit macht der Mensch sich einzigartig; wird aus einem Individuum eine unwiederholbare Individualität, die zugleich eine Steigerung gesellschaftlicher Möglichkeiten mit sich bringt.

(2) *Wissen auf höchstem Verallgemeinerungsniveau*

Die Selbsttätigkeit des Subjekts braucht einen Gegenstand, mit dem und durch den es sich entwickeln kann. Für diesen Gegenstand stellte Wilhelm von Humboldt die Forderung auf: "Allein wenn dieser Gegenstand genügen soll, sein ganzes Wesen in seiner vollen Stärke und seiner Einheit zu beschäftigen - so muss er der Gegenstand schlechthin, die Welt sein, oder doch (denn dies ist allein wichtig) als solcher betrachtet werden"/11/.

(3) *Heuristische Lehrweise*

Soll Wissen auf höchstem Verallgemeinerungsniveau in der Selbsttätigkeit des Subjekts angeeignet werden, so ist das Wissen derart zu rekonstruieren, dass seine Aneignung möglich wird, indem es die Eigenaktivität "erregt" und einen Entwicklungsprozess aufrecht zu erhalten hilft. Adolph Diesterweg wünschte sich deshalb einen "pädagogischen Homöopathen", "der uns lehrt die geistigen Gaben in solcher Dosis zu reichen, daß sie möglichst energisch wirken, daß ein geringes Maß die höchste Wirkung hervorruft" (/6 93),

(4) *Schulklasse als sozial-kommunikative Einheit*

Wenn nicht fest vorgegebenes Wissen den Unterricht bestimmt, sondern die Entwicklung von Wissen in der Selbsttätigkeit mit einer gewissen Offenheit, dann wird die Begründung von Wissen, die Darstellung, das Eindeutig- und Verbindlichmachen zu einem wichtigen Problem. Die organisatorische Antwort auf dieses Problem war in der preußischen Bildungsreform die Schulklasse als "pädagogische Einheit", bei Humboldt die Fachklasse, bei Schleiermacher die Jahrgangsklasse. In dieser sozialkommunikativen Einheit wird einerseits die Verallgemeinerung von Wissen geleistet, andererseits ist diese Konstitution einer allgemeinen Ebene die Voraussetzung dafür, daß individuelle Erfahrung in einen gesellschaftlichen Zusammenhang einbringbar wird.

Eine Konzeption von Bildung mit diesen Bestimmungsstücken ist insofern revolutionär, als der Lernende nicht mehr einseitig von außen gesehen wird als ein steuerbares System, das nach einem bestimmten Input einen bestimmten Output produziert. Der Lernende wird vielmehr von innen gesehen, als Erzeuger von Wissen, den man dann von außen auch nur noch mit heuristischen Orientierungen in seiner Selbsttätigkeit unterstützen kann.

Für die Realisierung einer solchen Bildungskonzeption waren weder die politischen noch die wissenschafts- und erkenntnistheoretischen Voraussetzungen gegeben.² Dies schmälert jedoch nicht die pädagogische Bedeutung dieser Grundkonzeption für die heutige Zeit in der sich das Problem der Vermittlung von Wissenschaft und Gesellschaft, erkennbar an Ansätzen zur Umwelterziehung, Gesundheitserziehung, Friedenserziehung etc., sogar noch in verschärfter Form stellt.

2. ZUR THEORETISCHEN GRUNDLAGE

2.1 TÄTIGKEITSTHEORIE IN DER GEGENWÄRTIGEN DISKUSSION

Die Tätigkeitstheorie hat eine dreifache historische Wurzel. Dies ist einmal - wie einleitend hervorgehoben - die klassische deutsche Philosophie (von Kant bis Hegel), sodann die Arbeiten von Marx und Engels und die sowjetische kulturhistorische Psychologie von Vygotsky, Leont'ev und Luria.

Neuere Schriften zur Tätigkeitstheorie sowie die beiden internationalen Kongresse zur Tätigkeitstheorie³ zeigen, daß die gegenwärtige tätigkeitstheoretische Diskussion die Ursprünge der Tätigkeitstheorie transzendiert (vgl. /8/). Die Tätigkeitstheorie ist zu einer international anerkannten Theoriebewegung mit multidisziplinärer Ausrichtung geworden. Der Diskurs involviert die verschiedensten Theorieansätze; sie reichen vom Pragmatismus und der Philosophie Wittgensteins über die Kognitionspsychologie und Handlungstheorie bis hin zu den Theorien autopoietischer Systeme. Heraus ergeben sich vielfältige theoretische Probleme, die aus den verschiedenen Grundpositionen der Theorien folgen. Es liegt die Vermutung nahe, daß die gegenwärtigen Rekonstruktionen der Tätigkeitstheorie zu einem neuen Theorietyp führen.

In den folgenden Abschnitten wird ein Ansatz einer systemtheoretischen Tätigkeitstheorie skizziert. Die notwendige Beschränkung eines solchen Vorhabens in diesem Rahmen bezieht sich auf einige Grundcharakteristika, die theoretische Orientierungen für den Lernprozess und die Bildung liefern.

2.2 ZUM TÄTIGKEITSTHEORETISCHEN ANSATZ

a) *Varelas handlungstheoretischer Ansatz*

Für eine kurze Darstellung einiger Grundzüge des tätigkeitstheoretischen Ansatzes gehen wir von Varelas Grundidee einer handlungsbezogenen Kognitionstheorie aus. Mit dieser bietet Varela eine Programmatik für die Entwicklung von Kognitionswissenschaft und Kognitionstechnik an, in der die Handlungstotalität des Lebensprozesses angemessen berücksichtigt wird. So wie der Konnektionismus aus dem Kognitivismus aufgrund einer Annäherung an die Funktionsweise des Gehirns hervorgegangen ist, "so geht die handlungsbezogene Orientierung noch einen Schritt weiter in die gleiche Richtung und bezieht auch die Zeitlichkeit des Lebensprozesses ein, als Spezies (Evolution), als Individuum (Ontogenese) und als gesellschaftliches Muster (Kultur)" (/21 /, 111).

Die kognitionswissenschaftliche Grundlage dieser Programmatik sind also konnektionistische Modelle bzw. Theorien emergenter Eigenschaften. Es handelt sich hierbei um Theorien über Neuronensysteme mit selbstorganisierenden Prozessen. Der Handlungszusammenhang und das alltägliche Wissen sind für Varela die "eigentlichen Grundlagen aller kreativen Kognition" und keine "Artefakte von bloß marginaler Bedeutung", die sich prinzipiell eliminieren lassen (ebd., 97). Die hierdurch erreichte Richtungsänderung lässt sich an der Änderung des Begriffs der Repräsentation verdeutlichen (ebd., 97 ff).

Varela weist anhand der Sehforschung nach, daß nicht nur im Kognitivismus älterer Prägung, sondern auch im gegenwärtigen Konnektionismus die erfolgreiche Abbildung (Repräsentation) einer vorgegebenen, an sich existierenden Außenwelt das entscheidende Kriterium für Kognition ist. Die Welt mit ihren "festen Gesetzen" geht der Repräsentation, der Abbildung voraus. Dieser "Hennenposition" stellt Varela die "Eiposition" des radikalen Konstruktivismus entgegen. Hiernach erzeugt das kognitive System seine eigene Welt, und deren "augenscheinliche Stabilität ist der Beweis für die internen Gesetze des Organismus" (ebd., 103).

Der handlungsbezogene Ansatz vermittelt zwischen diesen extremen Positionen. Er geht von der Grundidee aus, "daß der Erkennende und das Erkannte, Subjekt und Objekt, einander bedingen und bestimmen, daß sie gemeinsam entstehen" (ebd., 98).

Mit der Annahme der Subjekt-Objektwechselwirkung, vermittelt durch die Handlungen, erhalten wir auch einen neuen Repräsentationsbegriff. Denn Repräsentation bezieht sich nicht mehr auf eine vom Subjekt und seiner kognitiven Aktivität unabhängige Welt, sondern auf eine in der Wechselwirkung von Subjekt und Objekt konstruierte Welt. In diesem

Sinne ist auch die Wahrnehmung als ein "aktiver Hypothesenbildungsprozess" zu verstehen und nicht als "simple Spiegelung einer gegebenen Umgebung" (ebd., 101).

Ausgehend von der Subjekt-Objekt-Wechselwirkung lässt sich in Anlehnung an Jantsch /12/ Lernen als Koevolution erfahrungsbildender Systeme auffassen. Für das Lernen wird somit die funktionale Organisation autopoietischer Systeme wesentlich. Konstitutiv hierfür ist eine zyklische, selbstreferentielle Verknüpfung selbstorganisierender Prozesse. Die Begriffe "Selbstorganisation" und "Selbstreferentialität" charakterisiert G. Roth /18/ folgendermaßen:

Selbstorganisation: Selbstorganisierende Prozesse sind solche Prozesse, "die innerhalb eines mehr oder weniger breiten Bereichs von Anfangs- und Randbedingungen einen ganz bestimmten geordneten Zustand oder eine geordnete Zustandsfolge (Grenzzyklus) einnehmen. Das Erreichen des bestimmten Ordnungszustands wird dabei nicht oder nicht wesentlich von außen aufgezwungen, sondern resultiert aus den spezifischen Eigenschaften der an dem Prozess beteiligten Komponenten. Der Ordnungszustand wird >spontan< erreicht".

Der Begriff der Selbstorganisation findet seine Anwendung von der Ebene der Elementarteilchen über die molekulare bis zur soziobiologischen und soziokulturellen Ebene.

Selbstreferentialität:

"Selbstreferentielle Systeme sind solche Systeme, deren Zustände miteinander zyklisch interagieren, so daß jeder Zustand des Systems an der Hervorbringung des jeweils nächsten Zustandes konstitutiv beteiligt ist" (a.a.O.).

Selbstreferentielle Systeme, wie z. B. das menschliche Gehirn, sind operational geschlossene Systeme. Sie sind zwar durch externe Einwirkung "modulierbar" (beeinflussbar), doch diese Beeinflussung hat nicht den Charakter einer Steuerung. "Selbstreferentielle Systeme bestimmen selbst", welche Umweltereignisse in welcher Weise auf die Erzeugung ihrer Zustandsfolge einwirken können (a.a.O.).

Der in dieser Charakterisierung verwendete Begriff der Innen-Außen-Beziehung orientiert sich am radikalen Konstruktivismus. Realität basiert hier auf der "Stabilität der internen Welt" und auf dem Konsens zwischen den Subjekten. Das Objekt der Erkenntnis wird in dieser Theorie quasi eliminiert. In den Erklärungen rekurriert der Konstruktivismus häufig auf eine Realität an sich; im Unterschied zur Kognitionswissenschaft wird diese jedoch als prinzipiell unerkennbar angenommen.

Geht man nun von der Wechselwirkung von Subjekt und Objekt und deren simultaner Entwicklung aus, so ist gemäß dieser Beziehung der Begriff der Innen-Außen-Beziehung umzuinterpretieren, und zwar derart, daß das Grundcharakteristikum der Selbstreferentialität erhalten bleibt.

Wechselwirkungsdenken involviert auch Komplementaritätsdenken. Es scheint daher sinnvoll, zur Explikation dieses Relationsbegriffs ein allgemeines systemtheoretisches Prinzip heranzuziehen. Die Entwicklung

eines Systems ist eine komplementäre Einheit von Selbstentwicklung und Entwickeltwerden.

Äußere Einflüsse als Momente des Entwickeltwerdens sind damit notwendig für Selbstentwicklung. Denn diese Einflüsse bedingen erst Selbstentwicklung, obwohl sie wesentlich von den Zuständen und der Struktur des Systems konstituiert wird. Umgekehrt bedingen Struktur und Zustand das Moment des Entwickeltwerdens; das System bestimmt in gewisser Weise selbst welche Umweltereignisse in welcher Weise auf die Erzeugung ihrer Zustandsfolgen einwirken können.

Diese Beziehung wird sich als grundlegend für die Didaktik erweisen; es gilt daher, sie konkreter zu bestimmen. Hierzu ziehen wir die Begriffe der Tätigkeit und der pragmatischen Information heran. Speziell geht es uns darum, den Begriff der Modulierbarkeit und seine Differenz zum Steuerungsbegriff klarer herauszuarbeiten.

b) Einbezug der Tätigkeit

Mit Varelas Grundidee ist der Zusammenhang von Subjekt, Handlung und Realität in Ansatz gebracht, den es aber weiter zu explizieren gilt. Für den Handlungsbegriff ist die Zweck- bzw. Zielbezogenheit (Intensionalität) konstitutiv. Mit dieser Charakterisierung ist der Handlungsbegriff aber nur als idealistischer Begriff bestimmt. Es ist also zu erklären, welche Beziehung die immateriellen Qualitäten Intention und Zielsetzung zum (materiellen) Objekt besitzen. Dementsprechend versuchte Rubinstein /19/ die westliche Psychologie auch als idealistische Psychologie zu entlarven, indem er ihr die psychologische Tätigkeitstheorie gegenüberstellte. Tätigkeit als Vermittlung zwischen Ich(haftigkeit) und Außenwelt konstituiert die komplementäre Einheit von Ideellem und Materiellem, Subjektivem und Gesellschaftlichem sowie Subjekt und Objekt. Auf der Subjektseite liegen der Tätigkeit Bedürfnisse zugrunde, die durch Motive der Objektseite befriedigt werden. Hierin liegt die Gegenständlichkeit der Tätigkeitstheorie.

Zur Realisierung der bewussten wie unbewussten Motive sind Handlungen notwendig. Die Handlungsebene wird durch die Tätigkeitsebene rational wie emotional bewertet kontrolliert und koordiniert. Die Realisierung der Ziele ist auf die Realisierung der Motive ausgerichtet. Mit der Bedürfnisbefriedigung entsteht Sinnproduktion (persönlicher Sinn): Die Tätigkeit ist also eine handlungsübergreifende Funktionseinheit.

Ein entsprechendes Verhältnis liegt auch zwischen der Handlungsebene und der Ebene der Operationen vor. Eine Operation ist nach Leont'ev gekennzeichnet durch die Art und Weise, wie eine Handlung vollzogen wird. Die Operationen realisieren unbewusste "Zwecke", die der Zielrealisierung der jeweiligen Handlung dienen.

Die drei Ebenen - die Tätigkeits- und die Handlungsebene sowie die Ebene der Operationen - bedingen einander wechselseitig.

Verliert ein bewusstes Motiv (Ziel-Motiv) einer Tätigkeit seine bedürfnisbefriedigende Funktion, so wird die Tätigkeit zu einer Handlung. Gewinnt umgekehrt ein Ziel diese Funktion, so wird die Handlung zu einer

Tätigkeit. Entsprechendes gilt für Operationen und Handlungen. Für routinierte Handlungen wird die bewusste Zielstellung irrelevant, sie werden zu Operationen. Man denke hierbei z. B. an mathematische Aufgaben. Zunächst sind es Handlungen, die zur Lösung führen. Im routinierten Zustand können sie als Operation für komplexere Aufgaben in entsprechenden Handlungen fungieren. Ist eine Operation nicht mehr störungsfrei durchführbar oder inadäquat für modifizierte Zielstellungen geworden, so kann in einem selbstreflexiven Prozess die Operation in eine Handlung transformiert werden, wobei u. U. die ursprüngliche Operation selbst modifiziert und verallgemeinert wird. Über die Routine lässt sich dann wieder die alte bzw. eine modifizierte Operation gewinnen. Im Lernprozess spielt diese Dynamik zwischen den drei Ebenen eine fundamentale Rolle. Für das Bildungsproblem ist neben der Begründung relevanter Motive insbesondere ihre mögliche Aneignung von Bedeutung.

In der hier zugrundeliegenden systemtheoretischen Fassung konstituiert die Tätigkeit die Subjekt-Objekt-Wechselwirkung. Zur expliziteren Fassung der Gegenständlichkeit gehen wir gemäß dieser Wechselwirkungsbeziehung auf allen drei Ebenen, der Ebene der Tätigkeit, der Handlungen und der Operationen, jeweils von zwei wechselseitig aufeinander bezogenen Parametern aus, einem Subjektparameter und einem Objektparameter. Für die Tätigkeit sind dies das jeweilige antizipierte Motiv (Subjektparameter) und der jeweils realisierte Zustand im Objekt (Objektparameter). Analog hierzu sind das Ziel der Handlungen der Subjektparameter und der korrespondierende Zustand des Objekts bei der Zielrealisierung der jeweilige Objektparameter. Entsprechendes gilt für die Operationen. Die auf jeder Ebene zu verwirklichenden Endzustände im Objekt existieren vor der Realisierung nur als Möglichkeit.

c) Zum Informationsbegriff

Zur Beschreibung der dynamischen Entwicklung von Subjekt und Objekt sind in die weitere Theorieentfaltung jetzt explizit komplementäre Begriffe aufzunehmen. An dieser Stelle beschränken wir uns auf zwei Begriffspaare, mit denen die informationellen Beziehungen zwischen Subjekten und einem Objekt in der interaktiven Tätigkeit näher charakterisiert werden. Als Resultat gewinnen wir hiermit auch eine klarere Abgrenzung zur Kognitionswissenschaft mit ihrem spezifischen Informations- und Repräsentationsbegriff.

In der Subjekt-Objekt-Wechselwirkung korrespondiert in jedem Entwicklungsstadium dem Subjekt mit seinen spezifischen Erkenntnissystemen, Bedürfnis- und Motivstrukturen ein spezifisches Objektsystem, d.h. ein soziales und natürliches Umgebungssystem. Die gemeinsame Entwicklung von Subjekt und Objekt lässt sich mit Hilfe des Begriffspaares "Konstruktion" und "Determinations" näher erfassen. Dies gilt sowohl für die Entwicklung neuer Erkenntnisssysteme als auch für die Bestimmung von Besonderheiten des Objekts, z. B. in der normalwissenschaftlichen Phase. In der Konstruktion liegt stets Determination, wie umgekehrt in der Determination Konstruktion liegt. Das jeweilige Er-

kenntnissystem bildet für die Bestimmung der Besonderheiten des Objekts und der damit verbundenen Ermittlung speziellen Wissens eine konstruktive Dimension. Die Determination ergibt sich hier aus dem einengenden Blickwinkel, den jedes Erkenntnissystem mehr oder weniger bildet. Das spezielle Wissen, unter dem sich das Objekt konkret zeigt, ist wie das Objekt selbst durch die spezifische konstruktive Dimension des Erkenntnissystems determiniert. Das Objekt setzt diesem Erkenntnisprozess einen Widerstand entgegen, es determiniert ebenfalls das spezielle Wissen. Im Extremfall führt die so determinierte Entwicklung zu einem Widerspruch von Theoretischem und Empirischem.

In der Determination liegt auch Konstruktion: sie lässt sich metaphorisch als Angebotscharakter des Objekts oder als Antwort auf eine Frage an die Natur bezeichnen. Zur theoretischen Erfassung kann hierfür der Informationsbegriff (Begriff der pragmatischen Information im Sinne E. v. Weizsäckers) eingeführt werden. Mit dem Begriff der pragmatischen Information wird grundsätzlich die Möglichkeit verbunden, die Beziehung zwischen Systemen allgemeiner und grundsätzlicher zu erfassen, als es auf der Basis von Wirkungsübertragungen in Wechselwirkungsprozessen möglich ist. Dies betrifft insbesondere die Beziehungen zwischen Subjekten (autopoietischen Systemen) und Umgebungssystemen, speziell auch die zwischen den Subjekten selbst. Die statistische Informationstheorie - die überwiegend auf Shannon zurückgeht - leistet dies nicht. Sie ist nur auf einen speziellen Bereich der Übermittlung von Informationen zwischen Systemen anwendbar, in dem Auftretenswahrscheinlichkeiten für Signale aufgestellt werden können. Den Prozess der Informationsgewinnung und der Informationsproduktion spart sie vollkommen aus.

Mit dem pragmatischen Informationsbegriff wird beansprucht, sowohl den gesamten Bereich der Informationsübertragung als auch den der Informationsproduktion zu erfassen. E. v. Weizsäcker (/25/, 82) charakterisiert den Anwendungsbereich folgendermaßen:

"Information ist eine für offene Systeme charakteristische Größe. Jede qualitative Veränderung sollte als informationelle Veränderung beschrieben werden können."

Zum wesentlichen Problem wird damit nicht, wie viel Shannonsche Information ein System empfängt - z. B. ein lernendes Subjekt -, sondern wie und wo Information wirkt. Pragmatische Information ist Information bezüglich des empfangenden Systems.

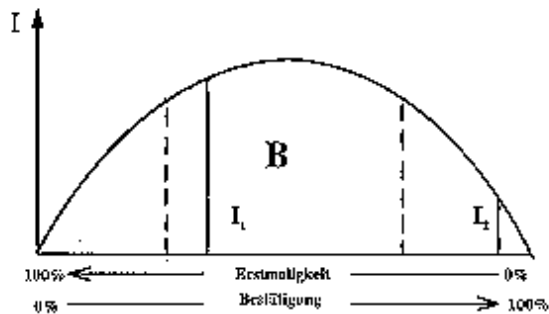
Diese Verhältnisse sind didaktisch äußerst bedeutsam, so daß an dieser Stelle v. Weizsäckers Ansatz noch etwas näher skizziert werden soll.

Die pragmatische Information zeichnet sich durch zwei Komponenten aus:

Eine Botschaft, die als Information bezeichnet werden kann, muss zum einen verstanden werden, d.h. ein Stück in die vorhandene Erkenntnis- bzw. Informationsstruktur integrierbar sein und zum anderen Neues enthalten. Die erste Dimension nennt v. Weizsäcker "Bestätigung" und die zweite "Erstmaligkeit". Beide Dimensionen (Momente) sind komplementär aufeinander bezogen. Eine Botschaft ohne Erstmaligkeit besitzt

genauso wenig eine Information wie eine Botschaft ohne Bestätigung. Damit wird die Information durch die jeweilige spezifische Beziehung zwischen beiden Momenten bestimmt. Die Veränderung dieses Verhältnisses verändert die Information. Sie kann quantitativer oder qualitativer Art sein. Als Beispiel denke man sich den Erkenntnisprozess in der Wissenschaft mit seinen quantitativen und qualitativen Änderungen. Es lässt sich damit - zumindest in gewissen Bereichen - ein komparativer Informationsbegriff einführen.

Jedem Verhältnis von Erstmaligkeit und Bestätigung ordnet v. Weizsäcker einen quantitativen Wert zu (vgl. Abb. 1).



d) Modulation vs. Steuerung

Die Kognitionswissenschaft geht im Wesentlichen von einem objektiven Informationsstrom aus. Erfolgreiche Kognition besteht dann in einer adäquaten Repräsentation. In diesem Sinne kann man von der Steuerung der Kognition reden: die Informa-

tion wirkt auf das (dynamische) System Gehirn ein und legt im positivem Falle das Resultat der Kognition eindeutig bzw. im Rahmen eines gewissen Spielraums fest, der durch adäquate Approximationsbeziehungen bestimmt ist. Das Problem besteht damit nur darin, Bedingungen zu schaffen, die zu einer positiven Kognition führen. Nach den empirischen Untersuchungen der Kognitionswissenschaft gehört hierzu auch eine positive emotionale Situation.

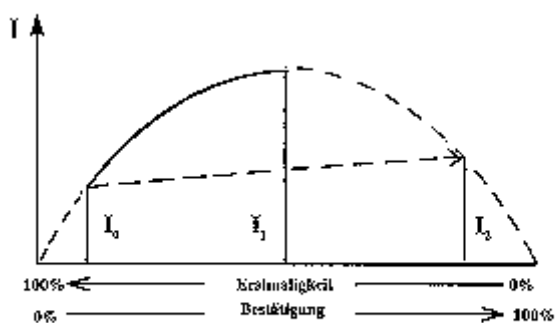
Für den Lernprozess stellt sich weiterhin das Problem, eine komplexe Information, wie die einer physikalischen Theorie, so in Informationshäppchen einzuteilen, dass diese adäquat verarbeitet werden können. Ein solcher Unterricht orientiert sich einseitig an der sogenannten "Sachstruktur" und vernachlässigt die Lernstruktur, d.h. die Informationsstruktur des lernenden Subjekts. Aus unserer Sicht der pragmatischen Information ergibt sich dabei folgendes Bild (vgl. Abb. 1):

Angeboten werden Informationen von Typ I_2 mit großer Bestätigung und geringer Erstmaligkeit. Verbunden ist dies Vorgehen mit der Vorstellung, daß sich aus solchen Informationen kumulativ Informationen vom Typ I_1 im Bereich B um das Informationsmaximum ergeben. Aus den empirischen Untersuchungen zu den Schülervorverständnissen nach dem Unterricht kann geschlossen werden, daß diese Vorstellung der Informationsverarbeitung zu Widersprüchen führt (vgl. /28/).

Eine andere Möglichkeit besteht darin, Objekte (Phänomene etc.) vorzugeben, deren Information in einer Art entdeckendem Lernen adäquat repräsentiert werden können. Hier ist im Prinzip die gleiche Kritik wie im vorangehenden Fall vorzubringen.

Gemäß des Begriffs der pragmatischen Information ist eine solche Steuerung unmöglich. Betrachten wir zunächst den Informationsaustausch zwischen Subjekten. Das Sender-Empfänger-Modell der SHANNONschen Theorie ist hierfür nicht mehr anwendbar, denn der Informationsaustausch zwischen Subjekten ist nun als aktiver Re-Konstruktionsprozeß aufzufassen, der sowohl von den vorhandenen Informationsstrukturen des Subjekts als auch seiner emotionalen Bewertung (den Motiven der Tätigkeit) abhängt. Die Erstmaligkeit einer Information ist bedingt durch die Bestätigung; sie ergibt sich aus der Integration der neuen Information in die vorhandenen Informationsstrukturen. Diese Integration kann mehr oder weniger intensiv sein. Eine zu geringe Integration entfaltet die Erstmaligkeit nicht hinreichend, der jeweilige Kurvenpunkt wird nicht erreicht. Umgekehrt kann die Integration derart intensiv sein, daß die Erstmaligkeit zugunsten der Bestätigung reduziert wird. Dies tritt insbesondere dann auf, wenn die Erstmaligkeit sehr hoch ist. Denn dann ist die Information nicht mehr ohne eine solche Reduktion mit den allgemeinen Informationsstrukturen (Prinzipien, Theorien etc.) integrierbar, weil sie mit diesen in Widerspruch steht (vgl. Fall 1 Abb. 2).

Erfolgreiche "Kognition" bedeutet hier, dass zunächst ein adäquater Integrations- und Differenzierungsprozess der neuen Information mit den vorhandenen Informationsstrukturen stattfindet, der die Erstmaligkeit entfaltet und nicht reduziert. Hieran hat sich dann ein Strukturbildungsprozess durch Selbstorganisation von Information anzuschließen, in dem Erstmaligkeit in Bestätigung transformiert und damit simultan das repräsentative und das operative Moment der Information entfaltet wird (vgl. Fall 2, Abb. 2).



1. Fall: Transformation von I_0 in I_2 durch Reduktion von Erstmaligkeit auf Bestätigung
2. Fall: Transformation von I_0 in I_1 durch Selbstorganisation von Information

Steuerung im obigen Sinne tritt hier nicht mehr auf. Das gleiche gilt für den Fall der Subjekt-Objekt-Wechselwirkung. Die Information wird hier im komplementären Prozess von Konstruktion und Determination erzeugt. Auch hier erhalten wir im Prinzip das gleiche Problem der Entfal-

tion von Erstmaligkeit. Erfolgreiche Erkenntnis bzw. Kognition kann damit auf die Entfaltung von Erstmaligkeit bezogen werden. Offenheit gegenüber Erstmaligkeit wird so zu einer wesentlichen Kompetenz, die es im Lernprozess zu entfalten gilt und auf die sich auch der Bildungsbegriff zu beziehen hat.

Die Entwicklung von Informationsstrukturen lässt sich zunächst in eine autopoietische und eine evolutionäre Phase einteilen. Die autopoietische Phase zeichnet sich dadurch aus, daß die allgemeinen Informationsstrukturen erhalten bleiben. In diesem Fall ist die Erstmaligkeit einer neuen Information nicht wesentlich höher als diejenige des Informationsmaximums (vgl. Abb. 1). Diejenigen Informationen, die Lösungsergebnisse relevanter Probleme dieser Phase sind, liegen in einem Bereich um das Informationsmaximum.

Die Hauptentwicklungsrichtung bei der Produktion von Informationsstrukturen in der autopoietischen Phase ist ein Spezialisierungsprozess. Diese Entwicklungsrichtung kehrt sich in der evolutionären Phase um. Die Produktion von Informationsstrukturen ist im Wesentlichen ein Verallgemeinerungsprozess. Die entstehende neue Information besitzt in dieser Entwicklungsphase hohe Erstmaligkeit und geringe Bestätigung. Damit wird ein Teil der allgemeinen Informationsstruktur transzendiert. Neben einem Wandel der Informationsstrukturen kann auch ein Wandel der Bedürfnis- und Motivstrukturen involviert sein.

2.3 LERNTÄTIGKEIT

Wie jede konkrete Tätigkeit ist auch die Lerntätigkeit nur ein Element des gesamten Systems der Tätigkeiten eines Subjekts und ebenfalls wie diese in gesellschaftliche Beziehungen eingebunden. Strukturell drückt sich dieses Beziehungsgefüge in den Motivhierarchien und den korrespondierenden Bedürfnisstrukturen aus. Lernen kann in jeder beliebigen Tätigkeit stattfinden, z. B. im Spiel, der künstlerischen oder wissenschaftlichen Tätigkeit. Die Besonderheit des Lernens in der Lerntätigkeit besteht darin, daß der "Aneignungsprozess direktes Ziel und direkte Aufgabe der Tätigkeit" ist (/4/, 18). Damit stellt sich die Frage nach dem spezifischen Motiv (Hauptmotiv) der Lerntätigkeit. Dawydow expliziert das Motiv als "theoretische Beziehung zur Wirklichkeit mit den entsprechenden Orientierungsverfahren". "Den Inhalt dieser Tätigkeit stellen miteinander verbundene Formen des theoretischen Bewusstseins des Menschen(des wissenschaftlichen, künstlerischen, ethischen, rechtlichen) dar" (ebd., 19). Von dieser Bestimmung ausgehend werden wir im nächsten Abschnitt das Motiv der Lerntätigkeit als Systembildenden begründen. Der Terminus bringt einmal zum Ausdruck, daß der Aneignungsprozess direktes Ziel der Lerntätigkeit ist. Zum anderen impliziert er die theoretische Beziehung zur Wirklichkeit und Möglichkeit mit den entsprechenden Orientierungsverfahren, nämlich denen der Systembildung. Die Lerntätigkeit wird damit zu einem bewusst gestalteten antizipativen Aneignungsprozess, und zwar sowohl bzgl. eines (externen) Objekts (Lerngegenstand), als auch bezüglich des Subjekts in seiner Tätigkeit. Im zweiten Fall bezieht sich die Lerntätigkeit auf die

Reflexion des eigenen Erkenntnisprozesses (Selbstreflexion). Diese spezifische Form der (Lern-)Tätigkeit wird auch "Orientierungstätigkeit" genannt. Sie dient zur Regulation der Aneignung des Lerngegenstandes, der sogenannten Realisierungstätigkeit⁴. Treten hier Störungen auf, z. B. bei der Realisierung von Handlungszielen (Lösen von Aufgaben), so fällt der Orientierungstätigkeit die Aufgabe zu, die hierfür notwendigen Operationen und ihre Verknüpfungen (Operationsstrukturen) wiederherzustellen. Dies schließt grundsätzlich die Entwicklung und Anwendung von Erkenntnismitteln wie Methoden, Analogien und Metaphern ein. Das Mittel der Orientierungstätigkeit ist also metatheoretisches Wissen.

Orientierungs- und Realisierungstätigkeit sind Formen jeder Tätigkeit, und damit auch des schulischen Lernens, das sich nicht an einem konstruktivistischen Lehr-Lern-Paradigma orientiert. Dies ist auch ein Grund dafür, daß mit dem naturwissenschaftlichen Wissen stets metatheoretisches Wissen angeeignet wird, zumindest implizit. Wird nun aufgrund des speziellen Lehr-Lern-Prozesses das mitentwickelte metatheoretische Wissen inadäquat, so ist es für die Regulation der Orientierungstätigkeit dysfunktional. Wie empirische Untersuchungen aufzeigen, erzeugt z. B. der übliche Physikunterricht inadäquates metatheoretisches Wissen, es ist empiristisch reduzierte⁵. Die bewusste Gestaltung der antizipativen Wissensaneignung in der Lerntätigkeit setzt eine Lehr-Lern-Methodik voraus, in der das Moment des Entwickeltwerdens auf die Selbstentwicklung und ihre Entfaltung ausgerichtet ist. Diese Orientierung wird sowohl der Selbstreferentialität gerecht als auch der Selbstorganisationsdynamik. Selbstorganisierende Prozesse können nicht von außen aufgezwungen werden.

Die Entfaltung der Selbstentwicklung setzt eine Veränderung des Verhältnisses von Entwickeltwerden und Selbstentwicklung voraus. Entwickeltwerden in Form von Orientierung durch den Lehrer oder Vorgabe von Material (Texten, Experimentiergerät etc.) ist eine externe Regulation der Lerntätigkeit. Sie ist nicht an der Idee der strikten Steuerung, sondern an der oben angedeuteten Vorstellung der Modulation zu orientieren. Die Entfaltung der Selbstentwicklung bedeutet nun nicht, daß die externe Regulation sukzessive aufgehoben wird, sondern daß einerseits bestimmte Formen der externen Regulation durch die interne Regulation übernommen werden und andererseits neue Formen der externen Regulation hinzukommen, die diese Entfaltung der Selbstentwicklung bedingen. Wenn z. B. in einem Entwicklungsstadium zur Lösung eines bestimmten Problemtyps Methoden, Metaphern, Analogien oder Experimentiermaterial und Versuchsbeschreibungen vorgegeben werden, so kann es im weiteren Verlauf möglich und sinnvoll sein, Orientierungen zu liefern, mit denen solche Methoden, Metaphern und Analogien vom lernenden Subjekt selbst (weiter-)entwickelt sowie Versuche selbständig geplant und durchgeführt werden können⁶. Bei solchen Entwicklungen gewinnt das Metatheoretische zunehmend an Bedeutung. Es dient der Entfaltung von Erstmaligkeit und bestimmt die Fähigkeit, offen gegenüber Erstmaligkeit zu sein. Dies trifft sowohl für die autopoietische wie die evolutionäre Phase zu. In der autopoietischen Phase ist die Entfal-

tion von Erstmaligkeit notwendig, wenn Lernen in dem effektiven Bereich B um das Informationsmaximum stattfinden soll. In der evolutionären Phase muss die neue Information einerseits hinreichend in die vorhandenen Strukturen integriert werden, damit die Erstmaligkeit entfaltet wird; andererseits ist auch eine hinreichende Differenzierung notwendig, damit die Erstmaligkeit nicht zugunsten der Bestätigung reduziert wird. Reduktionen dieser Art treten im schulischen Lernprozess in der Regel beim Übergang von den lebensweltlichen Erkenntnissystemen zu den physikalischen auf.

3. SYSTEM-BILDUNG DURCH LERNEN VON SYSTEMBILDUNG

Die in Grundzügen dargestellte Theorie der Lerntätigkeit ist als Explikat des Konzepts der Selbsttätigkeit aufzufassen. Damit entsteht nun die Aufgabe, auf dieser Basis auch den Bildungsbegriff zu präzisieren.

Aus konstruktivistischer Sicht ist Lernen ein Entwicklungsprozess, der durch Selbstreferentialität und Selbstorganisation bestimmt ist. Dies gilt für jede Art des Lernens, speziell für die Lerntätigkeit. Zu den hier produzierten Qualitäten gehören sowohl Wissensstrukturen (Informationsstrukturen) als auch Sinn, der durch emotionale Bewertungen entsteht. Die Produktion von Information und Sinn vollzieht sich in der Auseinandersetzung mit einem natürlichen und sozialen Umgebungssystem. In diesem Prozess entwickeln sich Subjekt und Umgebungssystem in einem wechselseitigen Bedingungsverhältnis. Autopoietische und evolutionäre Phasen folgen einander im zeitlichen Wechsel. Die Richtung der Evolution wird dabei nicht eindeutig durch das jeweilige Stadium bestimmt, sondern i. a. lediglich durch einen Möglichkeitsraum: die durch Konstruktion und Determination bestimmten Theorien sind damit nicht eindeutig festgelegt. Die Beziehung des lernenden Subjekts zum Umgebungssystem kann sich im Rahmen des jeweiligen Möglichkeitsraumes neu gestalten, d. h. umstrukturieren. Der gesamte Prozess ist ein Integrations- und Differenzierungsprozess, in dem Teile neu in Beziehung gesetzt werden und sich hierdurch transformieren, ausdifferenzieren.

Vom einzelnen Subjekt aus betrachtet ist Lernen also ein doppelter Integrations- und Differenzierungsprozess (vgl. /27/):

- einmal bezüglich seiner inneren Struktur (Struktur des Subjekts), die seine Selbstorganisationsdynamik bestimmt und speziell seine funktionellen Tätigkeitssysteme erfasst⁷.
- zum anderen bezüglich seiner äußeren Struktur, dem Subjekt in seinem Beziehungsgefüge mit dem sozialen und natürlichen Umgebungssystem auf der Grundlage seiner Tätigkeiten.

Der gesamte Integrationsprozess findet auf verschiedenen Systemebenen statt. Auf der subjektiven Ebene involviert dieser Prozess die einzelnen funktionellen Tätigkeitssysteme sowie ihre Beziehungen zueinander - also die gesamte Potenz des Subjekts, tätig zu werden. Hierbei handelt es sich nicht nur um ideelle Erkenntnistätigkeiten, sondern auch um praktisch-gegenständliche Tätigkeiten, wie z. B. die lebensweltliche Tätigkeit. Der innere Integrationsprozess mit der Entwicklung spezifi-

scher Beziehungen zwischen den einzelnen Tätigkeitssystemen ist auch ein Ausdruck für die Wechselbeziehung von Kenntniserwerb und Fähigkeitsentwicklung, auf die sich Fragen wie "Nützt Physik im Alltag (Haushalt, Verkehr etc.)?" beziehen. Diese Wechselbeziehung hängt von zwei zueinander komplementären Seiten ab, dem Wissen (Erkenntnissystem, Informationsstruktur) und der Emotion. Die Wissensseite lässt sich in zwei weitere komplementäre Seiten differenzieren, in das repräsentative oder abbildende Moment eines Begriffes, Gesetzes etc. und in das operative Moment. Das abbildende Moment repräsentiert das Objekt, das operative macht die Gebrauchsfähigkeit des Wissens aus. Entscheidend für die Entwicklung dieser Seiten sowie ihrer Beziehungen zueinander ist nicht nur was gelernt wird, sondern auch wie gelernt wird: die Methode konstituiert das Resultat. Neben der Organisation des Wissens ist also auch die Organisation des Lehr-Lernprozesses ausschlaggebend. Dieser inneren Integration des Subjekts korrespondiert eine äußere, die Integration des Subjekts in das Umgebungssystem. In der interaktiven Tätigkeit integriert sich das Subjekt über die Kooperation in andere Praxisssysteme und theoretisch wie praktisch über das komplexe Objektsystem der Tätigkeiten in das Umgebungssystem. Durch seine Motive ist das Subjekt sinnhaft mit der Welt verbunden.

Die wissenschaftliche Tätigkeit z. B. ist i. a. durch ein immanentes Ziel-Motiv bestimmt, meistens aus dem Bereich der normalen Wissenschaft oder aber auch aus dem der außerordentlichen Wissenschaft, wie etwa dem Nachweis einer Anomalie oder der Entwicklung einer Theorie. Neben solchen Motiven spielen weitere Motive eine Rolle, wie die Existenzsicherung oder die Anerkennung durch Fachkollegen.

Wissenschaftsimmanente Motive für sich genommen drücken noch keinen Bezug zum gesellschaftlichen Kontext aus. Das Wissenschaftsverständnis und der persönliche Sinn von Wissenschaft kann bei gleichen Motiven dieser Art völlig verschieden sein. Erst der Zusammenhang mit solchen Motiven, die auf die gesellschaftliche Entwicklung bezogen sind, machen das Wissenschaftsverständnis und den Sinn der jeweiligen wissenschaftlichen Tätigkeit transparente

Die Motivstrukturen bringen das wechselseitige Bedingungsgefüge von innerer und äußerer Integration zum Ausdruck. Dies Verhältnis ist, von der Subjektseite aus gesehen, einmal durch die Erkenntnis- bzw. Informationsstrukturen bestimmt, durch die Repräsentationen und möglichen Antizipationen, zum anderen durch die Emotion mit ihrer Sinn produzierenden Wirkung, die damit auch für die Entwicklung der Bedürfnis- und Motivstrukturen verantwortlich ist. Wesentliche Eigenschaften des Subjekts sind durch das wechselseitige Bedingungsgefüge von innerer und äußerer Integration bestimmt. Für die Entwicklung des Subjekts bildet die äußere Integration die Dimension des Entwickeltwerdens, die erst spezifische Selbstentwicklung ermöglicht.

Mit dem Lernen findet also stets Integration statt, die jeweils die Qualifikation des Subjekts bestimmt. Damit gilt es, das Lernen auch bezüglich dieser Integration bewusst zu gestalten, um gewünschte Qualitäten (Schlüsselqualifikationen) verwirklichen zu können. Dies hat speziell

Konsequenzen für die Lerntätigkeit. Da bewusste Integration stattfindet und stattfinden soll und auch gleichzeitig gelernt werden soll, wie solche Systeme durch Aneignung und Anwendung gesellschaftlichen Wissens gebildet werden, erhält man als Motiv der Lerntätigkeit das Systembilddenlernen. Realisierbar ist dies über die konkrete Systembildung und die Reflexion dieser Systembildung, d. h. der eigenen Tätigkeit.

In seinem Entwurf zur Systembildung mit Flüssigem geht W. Walgenbach von der Novalis- Metapher "Flüssiges ist das sensibles Chaos" aus. Auf dieser Grundlage werden die Komplementaritäten Bestimmen/Bestimmtwerden und Chaos/Ordnung in verschiedenen Disziplinen entwickelt und schließlich in einer ökologischen Systembildung (Planung von Flussgewässern) integriert. Dieser Entwicklungsprozess wird reflektiert und führt zur System-Bildung als Bewusstsein über die Tätigkeit disziplinärer und interdisziplinärer Systembildung (vgl. /23/ und /24/).

Im Prinzip bedeutet dies die Anwendung des Tätigkeitskonzepts auf sich selbst, das sich somit im Lernprozess, speziell im Kontext des metatheoretischen Wissens entwickelt. Damit wird das Tätigkeitskonzept sowohl Untersuchungsgegenstand als auch Erklärungsprinzip (vgl. /13/). Operiert wird damit in einer Weise, die in der wissenschaftlichen Tätigkeit mit Erfolg verfolgt wird. Das Problem wird zum Mittel seiner eigenen Lösung gemacht (vgl. dazu /15/).

Diese Selbstanwendung des Tätigkeitskonzepts kann als ein wesentliches Charakteristikum der Selbsttätigkeit angesehen werden; die Tätigkeitstheorie erfasst das lernende Subjekt als Erzeuger von Wissen und nicht nur retrospektiv erklärend von außen. Zur Realisierung der Lerntätigkeit mit dieser Qualität können daher dem Subjekt von außen nur solche orientierende Unterstützungen, Heuristiken für seine Selbstorganisation angeboten werden, die auch seiner Selbstreferentialität gerecht werden.

Von der Einsicht her, daß Systeme nicht einfach gegeben sind, sondern konstruiert werden, lässt sich das pädagogische Konzept der Selbsttätigkeit aktualisieren. Als zentrale Fragestellung kann dazu formuliert werden: "Wie kann ich meine Selbsttätigkeit zu einer systembildenden Tätigkeit entwickeln?" Damit wird einer Anforderung an das Bildungssystem entsprochen, das Denken und Handeln in komplexen Systemen zum Gegenstand des Lernens zu machen, um gesellschaftliche Erfordernisse, etwa die Bewältigung ökologischer Probleme zu entsprechen (vgl. z. B. /7/ und /22/). Gleichzeitig wird diese Forderung bildungstheoretisch aufgenommen, indem nicht die Anpassung an oder die Optimierung von gegebenen Systemen zum Ziel des Lernens gemacht wird, sondern die schöpferische Erzeugung von Systemen. Dieser Freiheit auf der Ebene der lernenden Subjekte korrespondiert eine Notwendigkeit auf gesellschaftlicher Ebene. Der individuellen Selbstverwirklichung in der schöpferischen Produktion steht komplementär die gesellschaftliche Allgemeinheit gegenüber. Diese gilt es mit der Aneignung zu reproduzieren, wobei sich die Entwicklungsrichtung verschieben kann. Konsequenterweise ist damit die Systembildung auf das Umgebungssys-

tem in seiner Entwicklung auszurichten, das sich im ersten Schritt als Koevolution von Mensch, Gesellschaft und Natur begreifen lässt, als ein wechselseitiges Bedingungsgefüge, das es zu gestalten gilt.

In jedem Entwicklungsstadium führt der Bildungsprozess zu einer spezifischen Qualität des lernenden Subjekts. Diese Qualität lässt sich mit Hilfe des Begriffs der Autonomie präziser fassen. Denn innerhalb der Selbstorganisationstheorie ist der traditionelle philosophische Begriff der Autonomie in einem verallgemeinerten Sinne relevant geworden. Nach Jantsch drückt sich Autonomie in der Flexibilität aus, Beziehungen zu organisieren und herzustellen (/12/, 399 ff), d. h. in der Fähigkeit zur Systembildung. Diese Fähigkeit kann auf den autopoietischen Bereich beschränkt bleiben, also beispielsweise auf die Tätigkeit im Rahmen eines bestimmten Erkenntnissystems. Sie kann aber auch die evolutionäre Phase einbeziehen. Dies ist für Jantsch der wesentlichere Fall. Autonomie zeigt sich in der "Offenheit gegenüber dem Auftreten von Erstmaligkeit in der weiteren Evolution sowohl des Systems wie auch seiner Umwelt": Autonomie wird zum "Maß evolutionären Fortschritts" (ebd.) und zur Grundlage der möglichen Informationszirkulation. Offenheit gegenüber Erstmaligkeit, die sich im Problembewusstsein ausdrückt, ist wesentlich, um (neue) Beziehungen herstellen und dabei Heteronomie in jeglicher Gestalt und Form aufheben zu können. Insofern impliziert der negative Begriff der Emanzipation korrelativ den Autonomiebegriff. Autonomie ist somit die Fähigkeit zur Selbstbestimmung, d. h. Möglichkeit der Freiheit. Dies setzt Einsicht in die natürliche und soziale Notwendigkeit voraus und damit entsprechende Erkenntnissysteme (Informationsstrukturen). Denn Freiheit als Möglichkeit besteht darin, sich zur Notwendigkeit (Determiniertheit) in Beziehung setzen zu können. Hierzu sind entsprechende Repräsentationen, Antizipationen und Methoden notwendig. Bereiche der Notwendigkeit werden so konstitutiv für Freiheit, andere werden verändert.

Freiheit besteht also nicht darin, Lücken der Notwendigkeit auszunutzen, aber auch nicht darin, sich der Notwendigkeit schlicht zu unterwerfen. Notwendigkeit und Freiheit bedingen einander. Die komplementären Begriffe "Notwendigkeit" und "Freiheit" erfassen eine wesentliche Dimension der Koevolution von Mensch, Gesellschaft und Natur. Durch diese Komplementarität kommt auch die Bedingtheit der Autonomie zum Ausdruck: Das jeweilige Stadium der Integration und Differenzierung von Subjekt und Umgebungssystem bedingt die Entwicklung möglicher Autonomie wie umgekehrt die Autonomie Möglichkeiten der weiteren Integration und Differenzierung bestimmt.

4. DIDAKTISCHE KONSEQUENZEN

Lernen vollzieht sich in einem Wechselspiel von Evolution und Autopoiese. In der evolutionären Phase findet ein Wechsel der inneren und äußeren Struktur des Subjekts statt, es bilden sich Erkenntnissysteme heraus, die das Mittel zur Entwicklung konkreten Wissens in der autopoietischen Phase bilden. Dies gilt speziell für die Lerntätigkeit mit ihrem allgemeinen Zielmotiv Systembildenlernen, Realisieren lässt es sich durch

die Bildung konkreter Systeme und einen metatheoretischen Diskurs über diesen Bildungsprozess. Damit ist Wissen auf das Systembildenlernen orientiert anzueignen. In der Lerntätigkeit ist diese Aneignung antizipatorisch und auf die Entfaltung von Selbstentwicklung, d. h. Autonomie ausgerichtet. Die konkrete Gestaltung hängt zunächst von der Lernphase ab. In der evolutionären Phase gestalten sich diese Verhältnisse anders als in der autopoietischen. Weitere Konkretisierungen sind mit einer Differenzierung der Phasen verbunden.

Für die Wissensaneignung in der Lerntätigkeit ergeben sich damit einige Determinanten:

Die Aneignung des Wissens ist funktional auf das Systembildenlernen auszurichten. Dies setzt voraus, daß spezielles, naturwissenschaftliches Wissen explizit im Kontext von Theoretischem und Metatheoretischem, Disziplinärem und Interdisziplinärem anzueignen ist. Die verschiedenen Wissensformen bestimmen damit auch in jedem Entwicklungsstadium das Erkenntnisssystem der Lerntätigkeit; sie entwickeln sich wechselseitig aufeinander bezogen weiter, und zwar abhängig von der jeweiligen Schwerpunktsetzung der System-Bildung.

Eine solche Forderung führt unmittelbar auf die didaktischen Probleme der Elementarisierung. Um die Systembildung in der Lerntätigkeit auf die Koevolution von Gesellschaft und Natur hin orientieren zu können, muss dieses komplexe Objekt hinreichend mit Hilfe elementarer Prinzipien, d. h. eines elementaren Erkenntnisystems erfassbar sein. In dies Erkenntnisystem ist naturwissenschaftliches Grundwissen derart integriert, daß wesentliche Charakteristika seiner Funktion für die gesellschaftliche Systembildung expliziert werden, und zwar sowohl im Hinblick auf die Naturauffassung als auch auf die praktische Veränderung durch Technikgenese und Industrialisierung; d. h. die Funktion für die gesamte Weltanschauung.

Für einen Lösungsansatz gilt es, geeignete Kategorien, Grundbegriffe und Prinzipien zu bestimmen. Im Folgenden sollen nun einige Charakteristika und Probleme der Aneignung physikalischen Wissens im Beziehungsgefüge von Theoretischem und Metatheoretischem, Disziplinärem und Interdisziplinärem angedeutet werden.

In einer notwendiger Weise evolutionären Phase sind zunächst die Grundbegriffe einer Theorie, genauer das Paradigma, anzueignen. Die immanente Funktion dieser Aneignung besteht darin, einen relativ zu dieser Theorie vorthoretisch erfassten intendierten Anwendungsbereich zu systematisieren⁸. Um diese Funktion explizit machen zu können, ist Metatheoretisches notwendig, sowie allgemeine Begriffe und Kategorien. Aus der Sicht des Systembildenlernens (System-Bildung) sind neben den Rollen, die die Begriffe bei der Systembeschreibung spielen, auch die Prinzipien dieser Systembeschreibung explizit zu machen. Die Notwendigkeit einer adäquaten Kategorisierung der (Grund-) Größen hat W. Jung /14/ herausgearbeitet. Die üblichen Verfahren zur Einführung der Grundbegriffe leisten dies nicht.

Worin besteht nun die Rolle der Begriffe bei der Systembeschreibung?

Hier wäre zunächst zwischen Verlaufsgesetzen und Koexistenzgesetzen zu unterscheiden. Die Verlaufsgesetze - auf die wir uns hier beschränken - beziehen sich auf Struktur, Zustand und Prozess der Systeme. Explizite Systembeschreibung setzt zumindest ein Vorverständnis dieser Entitäten voraus. Auf der Ebene der Elementarprinzipien lässt sich diese (interdisziplinäre) Beschreibung detaillierter erfassen. Ein allgemeines Elementarprinzip ist das der lokalen Wechselwirkung und retardierten Wirkungsausbreitung. Die Verlaufsgesetze beschreiben sowohl die Produktion als auch die Ausbreitung von Wirkungen. Hierzu sind Zustands- und Strukturbeschreibungen durchzuführen.

Neben solchen Spezialisierungen, die in quantitativen Gesetzen münden, lässt sich das Elementarprinzip auf einer allgemeineren Ebene weiterentwickeln. Dies kann derart geschehen, dass Spezielles aus Allgemeinem unter der Darstellung der involvierten Idealisierungen entsteht. Ein Beispiel ist das Konzept der Fernwirkung, das aus dem Prinzip der lokalen Wechselwirkung unter Vernachlässigung der Ausbreitungszeit von Wirkungen folgt. Ein anderes Beispiel ist das Prinzip der strikten (eindeutigen) Determination, das approximativ durch Vernachlässigung des objektiven Zufalls aus einem allgemeineren Prinzip herleitbar ist. Weitere Entwicklungsmöglichkeiten sind das Prinzip der starken und der schwachen Kausalität, das Prinzip der Selbstähnlichkeit und das Selbstorganisationsparadigma.

Als interdisziplinäres Paradigma integriert das Selbstorganisationsparadigma natürliche und soziale Systeme sowie die einzelnen Subjekte, insbesondere in ihrer Tätigkeit als Systemkonstrukteure.

Unter dem Gesichtspunkt der Systembildung wird Disziplinäres mit Interdisziplinärem angeeignet. Metatheoretisches wird in zweierlei Hinsicht involviert: einmal ist es Mittel zur Aneignung des Theoretischen und zum anderen entwickelt es sich mit diesem Wissen. Prinzipiell ist dies in jedem Lernprozess der Fall. In der Lerntätigkeit ist das Wechselspiel der Wissensformen effektiv zu gestalten, und zwar derart, daß es auf die Fähigkeitsentwicklung des Systembildnerlernens ausgerichtet wird. Dies beinhaltet im Wesentlichen die Entwicklung der Erkenntnistätigkeiten. Beim Experimentieren oder der Verallgemeinerung (Induktion) kommt es primär nicht auf das spezielle Ergebnis an, sondern auf die Fähigkeit, Experimentieren und Verallgemeinern zu lernen. Dabei ist die Realisierung des speziellen Ergebnisses bis zu einem gewissen Grade zwar notwendig, aber keineswegs hinreichend. Hinsichtlich dieser Prioritätenordnung unterscheidet sich die Lerntätigkeit von der wissenschaftlichen Tätigkeit. In einem wissenschaftlichen Experiment z. B. geht es primär um das spezielle Ergebnis; das Experimentierenlernen ist dagegen nachgeordnet, wenn es überhaupt bewusst angestrebt wird (vgl. /26/, 279 ff).

Besonders problembehaftet sind die evolutionären Phasen der Lerntätigkeit. Der Übergang von einer autopoietischen Phase in eine evolutionäre ist mit der Produktion hoher Erstmaligkeit verbunden. Solche Informationen sind Fluktuationen, die häufig gedämpft werden: Erstmaligkeit wird zugunsten der Bestätigung reduziert. Die neue Information

transzendiert nicht mehr die allgemeinen vorgängigen Informationsstrukturen, sondern sie wird in sie integriert. Für die neue Information bilden die vorhandenen Informationsstrukturen (Erkenntnissysteme, Paradigmen) einen Attraktor. Die zahlreichen empirischen Untersuchungen zum Schülervorverständnis zeigen auf, daß dieser Vorgang im schulischen Lernprozess der Regelfall ist. Ziel ist jedoch, die neue Information weiterzuentwickeln. Das didaktische Grundproblem besteht nun darin, die Möglichkeiten der Entstehung des Neuen und dessen Weiterentwicklung in der Lerntätigkeit als antizipatorischen Prozess zu bestimmen. In /28/ sind die Entstehung und Weiterentwicklung des Neuen allgemein und am Beispiel des Wechselwirkungsbegriffs beschrieben.

Allgemein charakterisiert beginnt die Entwicklung eines neuen Informationskeims, einer modellierten Information, an einem kritischen Punkt, an dem eine Bifurkation erreicht wird, die zu einer neuen Struktur, d. h. einem neuen Attraktor führt. Koestler /16/ fasst den Verzweigungspunkt als Verbindung zwischen zwei verschiedenen Bezugsebenen auf. Im Prinzip handelt es sich um die Schließung einer Informationslücke, die Aufhebung einer Desintegration bzw. um einen lokalen Integrations- und Differenzierungsprozess. Für diesen Prozess enthalten Desintegrationen eine konstruktive Dimension, jedoch noch keinen Integrationsansatz in Form einer modellierenden Information.

Das repräsentierende (abbildende) Moment einer modellierenden Information besitzt sowohl einen konkreten, lokalen Kern, der sich auf die Desintegration bezieht als auch einen im Wesentlichen abstrakten Ziel- bzw. Attraktorbereich, der die Entwicklungsmöglichkeiten der modellierenden Information umgrenzt. Hinzu kommt dem modellierenden Charakter gemäß, ein operatives Moment, das einen antizipatorischen Lern- bzw. Entwicklungsprozess sowohl auf der Ebene der Realisierungstätigkeit als auch auf der Ebene der Orientierungstätigkeit zu verwirklichen gestattet.

Modellierende Informationen werden aus den vorhandenen Informationsstrukturen herausgebildet. Zur Lösung des oben angedeuteten didaktischen Grundproblems sind diese Möglichkeiten theoretisch wie empirisch zu untersuchen und ihre Effektivität zu ermitteln. Historische Fallstudien vermögen hier grundlegende Orientierungen zu liefern. J. Briggs und F. D. Peat geben einige Beispiele an, die ein identisches Grundmuster besitzen: Verschiedene bekannte Bereiche werden miteinander in Beziehung gesetzt (vgl. /3/, 293 ff). Die Beziehungen selbst können dabei von verschiedenem Typ sein. Im Folgenden sollen einige Möglichkeiten angedeutet werden.

Im lebensweltlichen Denken wird die Wirkungsproduktion durch eine unsymmetrische Ursache-Wirkungs-Beziehung erklärt. Die Ursachen (Kräfte) sind das aktiv Bewirkende; der Realisierung einer Wirkung stehen passive Widerstände entgegen. Widerstände wie Kräfte werden physikalisch durch das Wechselwirkungskonzept erklärt; es integriert somit Kräfte und Widerstände.

Ausgehend von symmetrischen Fällen, z. B. einem zentralen Stoß mit äquivalenten Stoßpartnern, lässt sich aus der modellierenden Information "gegenseitiges Einwirken ist eine symmetrische Beziehung" das Wechselwirkungskonzept entwickeln (vgl. /28/). In diesem Bereich symmetrischer Fälle besitzt die modellierende Information ihr konkretes Moment zur Aufhebung einer Desintegration. Sie beinhaltet eine Umkategorisierung der Wirkungsproduktion und erzeugt insofern einen Widerspruch, da nach dem Kausalprinzip die Wirkungsproduktion unsymmetrisch ist. Mit der modellierenden Information wird das Einwirken, die Produktion von Wirkungen neu gesehen, nämlich als symmetrische Beziehung. Das Symmetriekonzept, das hier als vorhanden vorausgesetzt wird, modelliert die Wirkungsproduktion, wobei es sich selbst weiterentwickelt. Hierin liegt einmal die operative Dimension der modellierenden Information, zum anderen wird der Zielbereich abgesteckt.

Eine Modifikation modellierender Informationen dieses Typs der Umkategorisierung besteht darin, wenn die umstrukturierende Kategorie, in unserem Beispiel die der Symmetriebeziehung, nur wenig oder gar nicht entwickelt ist und sich erst mit der modellierenden Information selbst herausbilden muss.

Vom gleichen Typ sind modellierende Informationen, die analytisch getrennt gedachte Bereiche in ein komplementäres Beziehungsgefüge uminterpretieren. Entitäten wie Autonomie und Integration, Freiheit und Notwendigkeit, Erstmaligkeit und Bestätigung, Bestimmen und Bestimmtwerden, Selbstentwicklung und Entwickeltwerden, Struktur und Funktion, Struktur und Prozess, Teil und Ganzes, Ruhe (Invarianz) und Bewegung (Veränderung), Ordnung und Chaos werden in dem weit verbreiteten analytischen Denken in einer konträren Beziehung gesehen. Die modellierenden Informationen haben hier die Form:

Autonomie und Integration stehen in einem wechselseitigen Bedingungsverhältnis. Der Begriff des wechselseitigen Bedingungsverhältnisses strukturiert die konträre Beziehung zwischen den Entitäten um und entwickelt sich in diesem Prozess selbst weiter.

Ausgangspunkt der Entwicklung modellierender Informationen sind Desintegrationen. In der Auseinandersetzung mit ihrer Aufhebung bricht nach Koester und Gruber der alte Grenzyklus zusammen, und es wird ein kritischer Geisteszustand weit vom Gleichgewicht angenommen, an dem eine Bifurkation erreicht wird. Hier genügen winzige Informationsstückchen, z. B. in Form einer trivialen Beobachtung, die in einer spontanen Selbstorganisation verstärkt werden und sich zu einer modellierenden Information und weiter zu einem neuen Grenzyklus entwickeln (vgl. /16/ und /9/). Diese Fähigkeit, Desintegrationen und neue Informationskeime aufzuspüren, sie verstärken und zu einem neuen Bezugssystem (Attraktor) entwickeln zu können, ist ein Charakteristikum kreativer Menschen. Es ist die Fähigkeit, offen gegenüber Erstmaligkeit zu sein. Gemäß der Grundidee der System-Bildung haben sowohl die Rekonstruktion des Wissens als auch die Organisation des Lehr-Lern-Prozesses der Entwicklung dieser Fähigkeit Rechnung zu tragen.

ANMERKUNGEN

1. Siehe hierzu und zum Folgenden /2/.
2. Vgl. dazu etwa die Beiträge zum Diesterweg-Symposium 1990 der Universität Siegen.
3. Der erste Kongress fand 1986 in Berlin statt (vgl. /9/), der zweite 1990 in Lahti (Finnland).
4. Vgl. hierzu /17/ und /28/.
5. Vgl. hierzu / 20 /, 128 - 186.
6. Zu einer solchen Entwicklung beim offenen Experimentieren siehe auch den Aufsatz "Menschenbildung und offenes Experimentieren" von P. Reinhold in diesem Band.
7. Tätigkeiten werden systemtheoretisch als funktionelle Systeme im Sinne Anochins /1/ aufgefasst. Vgl. hierzu auch /26/.
8. Vgl. hierzu wie zum Folgenden /26/ und /28/

LITERATUR

- /1/ ANOCHIN, P. K.: Beiträge zur allgemeinen Theorie des funktionellen Systems. Jena 1978
- /2/ BRACHT, U., FICHTNER, B., RÜCKRIEM, G.: Erziehung und Bildung. In: Europäische Enzyklopädie zur Philosophie und Wissenschaft. Hrsg. von H. J. SANDKÜHLER, Hamburg 1990, Bd. 11 S. 918 - 939
- /3/ BRIGGS, J., PEAT, F. D.: Die Entdeckung des Chaos. München - Wien 1990
- /4/ DAWYDOW, W. W.: Inhalt und Struktur der Lerntätigkeit. In /2/
/5/ DAWYDOW, W. W., LOMPSCHER, J., MARKOWA, K. A. (Hrsg.): Ausbildung der Lerntätigkeit bei Schülern. Berlin 1982
- /6/ DIESTERWEG, A.: Wegweiser zur Bildung für deutsche Lehrer. Paderborn 1958
- /7/ DÖRNER, D. u. a. (Hrsg.): Lohhausen - vom Umgang mit Unbestimmtheit und Komplexität. Bern/Stuttgart/Wien 1983
- /8/ ENGESTROM, Y.: Activity Theory and Individual and Social Transformations. Vortrag auf dem 2. Internationalen Kongress zur Tätigkeitstheorie in Lahti/Finnland, 21.-25. Mai 1990, Polykopie.
- /9/ GRUBER, H.: Inching Our Way Up Mount Olympus: The Evolving Systems Approach to Creative Thinking. In: The Nature of Creativity, Ed. Robert J. Sternberg, Cambridge 1988
- /10/ HILDEBRAND-NILSHON, M., RÜCKRIEM, G. (Hrsg.): Kongressbericht des 1. Internationalen Kongresses zur Tätigkeitstheorie. Berlin: Druck und Verlag System Druck, 1988. - Vol. / Bd. 1-4
- /11 / HUMBOLDT, W. v.: Theorie und Bildung des Menschen, 1794
- /12/ JANTSCH, E.: Die Selbstorganisation des Universums. München 1982

- /13/ JUDIN, E.: Die Tätigkeit als erklärendes Prinzip und als Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchung. In: Fragen der Philosophie, 1976, Heft 5, S. 65 - 78
- /14/ JUNG, W.: Aufsätze zur Didaktik der Physik und Wissenschaftstheorie. Frankfurt/Berlin/München 1979
- /15/ KEITEL, C., OTTE, M., SEEGER, F.: Wissen - Text - Tätigkeit Königstein/Taunus 1980
- /16/ KOESTLER, A.: The Art of Creation. New York 1964
- /17/ RAEITHEL, A.: Tätigkeit, Arbeit und Praxis. Frankfurt/ New York 1983
- /18/ ROTH, G.: Selbstorganisation und Selbstreferentialität als Prinzipien der Organisation von Lebewesen. In: KRÖBER, C., SANDKÜLER, H. J. (Hrsg.): Die Dialektik und die Wissenschaften, Köln 1986
- /19/ RUBINSTEIN, S.L.: Sein und Bewusstsein. Berlin (Akademie Verl.) 1977
- /20/ SCHECKER, H.: Das Schülervorverständnis zur Mechanik. Dissertation, Bremen 1985
- /21/ VARELA, F. J.: Kognitionswissenschaft - Kognitionstechnik. Frankfurt a. M. 1990
- /22/ VESTER, F.: Unsere Welt - Ein Vernetztes System. Stuttgart 1978
- /23/ WALGENBACH, W.: System-Bildung durch interdisziplinäre Systembildungen mit Fließendem. Vortrag auf dem 2. Internationalen Kongress zur Tätigkeitstheorie in Lahti (Finnland), 21.- 25. Mai 1990, IPN-Polykopie
- /24/ WALGENBACH, W.: System-Bildung durch interdisziplinäre Systembildungen in einem interkulturellen Bildungsverbund. IPN-Polykopie 1991
- /25/ WEIZSÄCKER, E. v.: Erstmaligkeit und Bestätigung als Komponenten der pragmatischen Information. In: Weizsäcker, E. v. (Hrsg.): Offene Systeme 1: Beiträge zur Zeitstruktur von Information, Entropie und Evolution. Stuttgart 1974
- /26/ WOLZE, W.: Zur Entwicklung naturwissenschaftlicher Erkenntnis-systeme im Lernprozess. Wiesbaden 1989
- /27/ WOLZE, W.: The Complementary Relation Between Autopoiesis and Evolution in the Learning Process. Vortrag auf dem 2. Internationalen Kongress zur Tätigkeitstheorie in Lahti (Finnland), 21. - 25. Mai 1990, IPN-Polykopie
- /28/ WOLZE, W.: Lernen in der Komplementarität von Autopoiese und Evolution Zur konstruktivistischen Aneignung des Wechsel-wirkungsbegriffes. In: physica didactica 1991, 4, S. 3-37

Kontakt
PD Dr. Wilhelm T. Wolze
Wolze@paedagogik.uni-kiel.de