

E. von Goldammer & R. Kaehr [*]

Transdisziplinarität in der Technologieforschung und Ausbildung

We must stop acting as though nature were organized
into disciplines in the same way that universities are.
Russell L. Ackoff

Ganzheitliche (Ingenieur-)Ausbildung, Integration von Geistes- und Sozialwissenschaften in alle Fachbereiche oder eine inter-, multi- oder transdisziplinäre Ausbildung werden heute ebenso häufig gefordert, wie das "interdisziplinäre Gespräch zwischen Natur- und Humanwissenschaften". So gerechtfertigt diese Forderungen im einzelnen auch sein mögen, so führen sie, sofern überhaupt der Versuch unternommen wird, sie zu realisieren, im allgemeinen zu grundsätzlichen Schwierigkeiten. Während die Natur- oder Ingenieurwissenschaften zu den sog. "harten" Wissenschaften zählen, die sich im Gegensatz zu den Humanwissenschaften durch einen hohen Grad an Mathematisierung (Formalisierung) auszeichnen, so dass eine Verständigung innerhalb dieser Disziplinen noch einigermaßen gewährleistet zu sein scheint, begegnet man in den sog. "weichen" Wissenschaften i. a. recht unterschiedlichen Lehrmeinungen, was eine Verständigung nicht nur innerhalb dieser Disziplinen erschwert. Darüber hinaus beobachtet man auch hier ebenso wie in den Natur- oder Ingenieurwissenschaften eine unaufhaltsame Entwicklung hin zum Spezialistentum, so dass die Beschäftigung des Naturwissenschaftlers oder Ingenieurs mit diesen Disziplinen entweder in ein Zweit-, Dritt-, usw. Studium ausartet oder das oben geforderte Gespräch zur Plauderstunde im Stile einer Fernsehdiskussion verflacht. Auch ein "Studium Generale oder Fundamentale" führt hier nicht aus der Sackgasse. Im allgemeinen wird hierbei lediglich eine Spaltung in einen "Arbeitsalltag" und dem "feiertäglichen" Umgang mit Kunst und/oder Philosophie vorgenommen. So wichtig die Beschäftigung mit Kunst oder dem Gedankengut der großen Denker vergangener Epochen für die Persönlichkeitsentwicklung auch sein mögen, ein neuer Wissenschaftsansatz aus dem heraus letztendlich neue wissenschaftlich didaktische Konzeptionen entwickelt werden könnten, die mehr als nur eine einfache Addition unterschiedlicher Fächer darstellen, wird auf diese Weise nicht kreiert. Ein solcher Wissenschaftsansatz bildet jedoch eine notwendige Voraussetzung, um den hochgesteckten Forderungen auch nur entfernt gerecht zu werden. Die folgende Diskussion versteht sich nicht als Katalog für Lösungsvorschläge, sondern dient eher dem bescheidenen Versuch einer Untersuchung der strukturellen, wissenschaftstheoretischen Schwierigkeiten, die bei einer ganzheitlichen Beschreibung lebender Systeme ("system wholes") auftreten. Man spricht heute gerne von "linearem" im Gegensatz zum "komplexen" Denken, ohne dass dabei so eigentlich klar wird, was man darunter zu verstehen

* Seminar-Vortrag: "Interdisziplinäre Technik" der 'Initiative Appropriate Technology'. Veranstaltet von der TU-München (Fakultät Maschinenbau) und der Carl Friedrich von Siemens Stiftung; 24.02.-26.02.1987. – abgedruckt in: seminarbericht, *Interdisziplinäre Technik*, initiative appropriate technology münchen, Sonderdruck der Fachschaft Maschinenbau, TU München, 1987, S. 93-102.

hat. Von Seiten der Physiker hört man etwas über "komplexe" Systeme, über die "Theorie dissipativer Strukturen", über "Synergetics" oder über "Chaos", wobei der Eindruck entsteht, dies seien die gewünschten "ganzheitlichen" Naturbeschreibungen. Kurz, es existiert eine Flut neuer Schlagworte, deren Bedeutung in aller Regel sehr unklar bleibt und häufig zu euphorischen, kaum tragfähigen Spekulationen führt. Um es gleich vorwegzunehmen, weder die "Theorie dissipativer Strukturen" noch "Synergetics oder Chaos" u. ä. bilden einen Wissenschaftsansatz für eine "ganzheitliche" Naturbeschreibung – man befindet sich hier immer noch im Kontext der "klassischen" Physik, einer Einzelwissenschaft, deren erklärtes Ziel es ist, Quantitäten und deren Veränderungen mit Hilfe mathematischer Modelle zu beschreiben und die deshalb notwendigerweise reduktionistisch ist. Weiter unten wird diese Behauptung etwas näher analysiert werden.

Zuvor sollen jedoch in einer ersten Näherung die Begriffspaare,

kompliziert — komplex
hierarchisch — heterarchisch

in ihrer Bedeutung etwas schärfer eingegrenzt werden. Wenn im folgenden von "komplexen Systemen" gesprochen wird, so bezieht sich dies auf den logischen Komplexitätsgrad ihrer Beschreibung. Systeme dieser Art zeichnen sich durch ein Zusammenspiel von heterarchischen und hierarchischen, d.h., neben- und übergeordneten Strukturen aus. Während die klassische Logik eine hierarchische Konzeption darstellt und dem Wortstamm entsprechend nur eine Logik kennt, also monokontextual ist, zeichnet sich eine heterarchische Konzeption der Logik, eine sog. transklassische Logik, durch eine Vielheit von Nachbarkontexturen aus, die miteinander vermittelt sind (Polykontextualität). Heterarchisch strukturierte Systeme entziehen sich daher einer adäquaten Beschreibung mit Hilfe des klassischen logisch-mathematischen Instrumentariums. Der Grad der Komplexität bezieht sich somit als Maß auf die Anzahl der miteinander vermittelten basalen Logik-Systeme. Heterarchie bedingt Selbstreferentialität, eine charakteristische Eigenschaft aller lebenden Systeme. Selbstreferentielle Systeme sind in der Lage sich von ihrer Umgebung ein "Abbild" zu machen und dies in einer systemspezifischen Weise zu reflektieren (Kognition). Ihre Beschreibung zeichnet sich durch einen hohen logischen Komplexitätsgrad aus und führt im Rahmen der klassischen Logik immer in antinomische Situationen (Günther, von Foerster, Löfgren). Eine derartige antinomische Situation sei durch folgendes Beispiel verdeutlicht. Im Zen Buddhismus ist das angestrebte Ziel Erleuchtung. Der Zen Meister versucht, seinen Schüler auf verschiedene Weise diesem Ziel näher zu führen. Eine Übung besteht darin, dass er dem unvorbereiteten Schüler einen Stock über den Kopf hält und grimmig sagt: "Wenn du sagst, dieser Stock sei real, werde ich dich damit schlagen. Wenn du sagst, dieser Stock sei nicht real, werde ich dich damit schlagen." Der Zen Schüler könnte in dieser Situation über sich greifen und dem Meister den Stock wegnehmen, der diese Antwort, bei der ein Kontextwechsel vorgenommen wurde, akzeptieren würde. Es sei hier nur angemerkt, dass bei einem Schizophrenen diese Fähigkeit zum Kontextwechsel im allgemeinen zusammenbricht. Man bezeichnet dies in der Psychiatrie als double bind Situation (Bateson). Komplementär dazu sind "komplizierte Systeme" zu sehen. Die Beschreibung einer computergesteuerten Werkzeugmaschine mag zwar einen hohen Grad an

Kompliziertheit aufweisen, sie ist in dem oben genannten Sinne jedoch nicht komplex. Auf der anderen Seite bildet beispielsweise eine Amöbe hinsichtlich ihrer Beschreibung ein extrem komplexes System von vergleichsweise geringer Kompliziertheit. Kompliziertheit bezieht sich als Maß auf die Parameterstruktur zur Beschreibung eines Systems. Eine ganzheitliche Systemtheorie basiert auf einem logisch strukturellen Organon, in dem die Aspekte von Kompliziertheit und Komplexität integrativ miteinander vermittelt sind. Ganzheiten sind Vermittlungssysteme von hierarchischen und heterarchischen Strukturen.

"Wissenschaft beweist nie irgend etwas;

"Wissenschaft sondiert, sie beweist nicht."

Dieses Zitat, das einem Buch von Bateson entnommen ist, mag bei denjenigen, die sehr stark durch die Tradition abendländisch platonischen Denkens geprägt sind, auf Widerspruch stoßen. Seine Bedeutung ist jedenfalls weder in das allgemeine Bewusstsein von Wissenschaftlern, noch in das der öffentlichen Meinung eingedrungen, wie die teilweise fast schon ideologisch anmutenden Expertendiskussionen (vgl. z. B.: Kernenergie Debatten, etc.) und das folgende willkürlich herausgegriffene Zitat aus einer Zeitung ("Die Zeit vom 20.2.87) verdeutlichen: "...seit im September 1985 gegen den Widerstand Frankreichs in London ein internationales Abkommen unterzeichnet wurde, das das Versenken von Atommüll im Meer bis auf weiteres untersagt. Das Verbot soll erst dann aufgehoben werden, wenn wissenschaftlich bewiesen, sein sollte, dass der Atomschrott keine nachhaltigen Umweltschäden hinterlässt...". Natürlich lässt sich die Behauptung in der Überschrift selbst nicht beweisen, jedoch lassen sich sehr schnell Beispiele aus dem Bereich der Sozial- oder Wirtschaftswissenschaften finden, die diese Aussage untermauern würden. Ein Beispiel aus der Physik - einer wahrhaft "harten" Wissenschaft - soll die Bedeutung dieses Zitats verdeutlichen. Betrachtet man den Fall eines Körpers, sagen wir vom 7.Stock eines Gebäudes, so wird dieser mehr oder minder gut durch Newtons Gravitationsgesetz (I. Newton, 1643-1727) beschrieben und zwar unabhängig von seiner Form, Farbe, Geruch oder der Architektur des Gebäudes:

$$F_{\text{grav}} = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$$

Das Phänomen der Gravitation wird mit dieser Metapher beschrieben, jedoch nicht bewiesen. D.h., Wissenschaft ist die begriffliche Fassung von Erfahrung (Beobachtung), wobei für das Phänomen "Gravitation" neben dem Begriff des Raumes als Gesamtheit aller möglichen Orte r eine Reihe weiterer physikalischer Begriffe erfunden wurden. Dies sind vor allem der (physikalische) Begriff der Zeit t als Mittel zur Aufreihung der Orte des Körpers zu seiner Bahn, der Begriff der Masse m als charakteristische Größe des Körpers und die Kraft F als Ausdruck aller Möglichkeiten der Einwirkung durch die "Außenwelt" (alles was nicht zum Körper zählt) auf den Körper oder genauer auf die Bewegung des Körpers. D.h., hier wurden Begriffe erfunden und nach Regeln so miteinander verbunden, dass sich im Verbindungsschema all das widerspiegelt, was man an der Erfahrung für wesentlich hält. Solche Verbindungsschemata führen zu einer physikalischen Theorie, die nichts anderes als eine sehr effiziente Kurzschrift zur Beschreibung von Erfahrung-

gen darstellt und den Vorteil gegenüber der Umgangssprache besitzt, große Bündel von zum Teil recht unterschiedlichen Beobachtungen (z.B.: den Fall eines Apfels vom Baum und die Umlaufbahn der Planeten um die Erde) durch gemeinsame überschaubare Regeln zu komprimieren (semantische Intersubjektivität) oder es lassen sich beispielsweise neue noch nicht gemachte Erfahrungen aus solchen Kalkülen deduzieren (logische und operative Intersubjektivität). So lässt sich aus Gl.(1) beispielsweise der Zusammenhang zwischen Weg und Zeit für den "freien Fall" ableiten, d.h.,

$$s = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$$

Die einzelnen Schritte zur Herleitung von (2) sind selbstverständlich streng logisch im Sinne einer mathematischen Beweisführung. D.h., innerhalb des Kontextes einer physikalischen Theorie oder wie man auch sagt, intrakontextual sind die Gesetze der klassischen Logik^[1] gültig und anwendbar. Genau an diesem Punkt ist der Reduktionismus eines solchermaßen aufgebauten wissenschaftlichen Theoriengebäudes begründet, dessen Anwendungsbereich sich auf den einmal gewählten Kontext beschränkt. Daran ändert sich auch nichts, wenn nicht lineare Effekte in die wissenschaftliche Beschreibung miteinbezogen werden, wie dies in moderneren physikalischen Theorien, z.B. der Synergetics, geschieht. Auch diese Beschreibungen sind reduktionistisch und niemals ganzheitlich. Wenn also beispielsweise der Stoffwechsel von Affen beschrieben wird, und es handelt sich dabei um ein sog. "offenes" physikalisches System, das sich "fern ab" vom thermodynamischen Gleichgewicht befindet (Nicht Linearität), so wird damit nicht das System "Affe" beschrieben. Über deren Verhalten erfährt man beispielsweise nichts, denn hier würde man einen Kontextwechsel vornehmen müssen und der ist in der physikalischen Theorie weder vorgesehen noch möglich.

Physikalische Systeme werden stets so gewählt (reduziert), dass die Gesetze der klassischen Logik anwendbar sind, andernfalls würden Antinomien im Sinne des III.Axioms des TND auftreten. Es handelt sich bei derartig gewählten physikalischen Systemen somit immer um "komplizierte" und nicht um "komplexe" Sys-

¹

Hier durch die Axiome der ARISTOTELISCHEN LOGIK repräsentiert:

I. AXIOM: "Satz der Identität"

"Alles ist mit sich identisch und verschieden von anderem."

Beispiel: Sagt jemand von sich er sei Katholik, dann ist er nicht Protestant oder Moslem, etc.

II. AXIOM: "Satz vom konträren Widerspruch"

"Von zwei Sätzen, von denen einer das Gegenteil des anderen aussagt, muß einer falsch sein."

Beispiel: Herr X. ist Protestant. Herr X. ist Katholik.

III. AXIOM: "Satz vom kontradiktorischen Widerspruch oder Satz vom ausgeschlossenen Dritten oder das sog. 'TERTIUM NON DATUR' (TND)"

"Von zwei Sätzen von denen einer das vollständige Gegenteil des anderen aussagt, muß einer richtig sein."

Beispiel: Herr X. ist Katholik. Herr X. ist Nicht Katholik.

IV. AXIOM: "Satz vom zureichenden Grunde"

"Alles hat seinen Grund, warum es so ist, wie es ist."

teme (siehe oben). Nun ist eine *Zerlegung des wahrgenommenen Universums in Teile und Ganze sicherlich angemessen und notwendig, keine Notwendigkeit bestimmt jedoch, wie dies geschehen soll*. Und genau hierin begründet sich der wissenschaftliche Anspruch einer modernen allgemeinen Systemtheorie.

Betrachtet man die Vielheit der Einzelwissenschaften (Multi-Disziplinarität), so zeichnet sich jede von ihnen durch einen Objektbereich (Obj) und einen Methodenbereich (M) aus, d.h.,

$$\text{Einzel_W} : \{M, \text{Obj}\}$$

Interdisziplinarität lässt sich verstehen als gemeinsame Bearbeitung eines Objektbereiches durch die jeweiligen Methoden der unterschiedlichen Einzeldisziplinen. Dies setzt bereits einen allgemein gültigen Objektbegriff voraus (s. Abb.1). In vielen Fällen mag ein derartiges Vorgehen angebracht sein. Auf die entstehenden Schwierigkeiten insbesondere bei der Kooperation von Natur- und Humanwissenschaften ist eingangs bereits hingewiesen worden. Hier taucht schon die Frage nach der Existenz eines allgemein verbindlichen Objektbegriffes in den Natur (bzw. Ingenieurs-) und Humanwissenschaften auf. Solange man sich lediglich auf tote Objekte bezieht, mag eine Einigung noch möglich sein, die Verständigung wird jedoch schwierig, wenn der Mensch selbst in den Objektbereich mitbezogen werden muss – das ist das Problem.

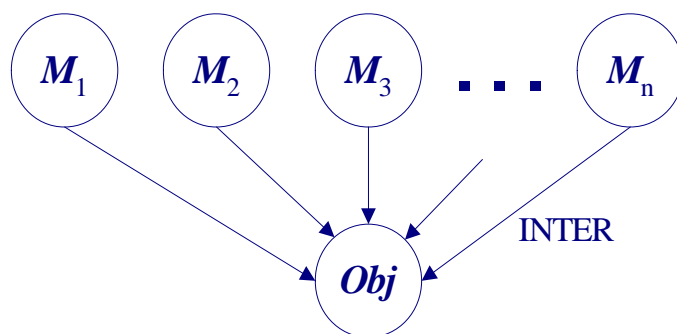


Abb. 1: Interdisziplinarität $\{ M_1, M_2, M_3, \dots, M_n; "Obj" \}$

Interdisziplinarität: ein gemeinsamer Gegenstandsbereich "Obj" (klass. Voraussetzung)
verschiedene Methoden M_n

Das Resultat einer interdisziplinären wissenschaftlichen Tätigkeit als Konkretion eines Symposiums ist der Sammelband. Jeder (z.B.: der Physiker, der Neurologe, der Soziologe, etc.) schreibt etwas, und es entsteht die Repräsentation eines sich komplex darstellenden Objektbereichs unter verschiedenen, durch die jeweilige Einzeldisziplin bestimmten Perspektive. Das Produkt ist der Sammelband, dessen (ganzheitlicher) Zusammenhang von einem imaginären, überdisziplinären Leser hergestellt werden müsste.

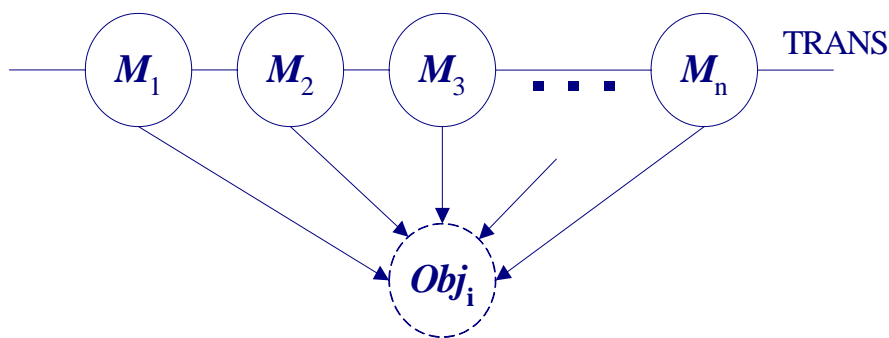


Abb. 2: Transdisziplinarität {"M"; $Obj_1, Obj_2, \dots, Obj_n$ }

Transdisziplinarität: durch die jeweiligen Methoden, hindurchgehend := allg. Rationalität, eine gemeinsame Rationalität trotz verschiedener Methoden viele Gegenstandsbereiche.

In den Abb. 1 bis 3 ist die interdisziplinäre Vorgehensweise durch Pfeile von den Einzelwissenschaften ausgehend in den Objektbereich symbolisiert. Der imaginäre Leser ist der Traumstudent eines jeden "Studium Generale" — der Generalist.

Komplementär zur interdisziplinären Wissenschaftskonzeption verhält sich die Konzeption der **Transdisziplinarität** (Abb. 2 und 3; *gestrichelte Linie in der Abb. 3*). Sie setzt einen allgemeinen Begriff von Rationalität voraus. D.h., man geht von einer gemeinsamen Konzeption von Wissenschaftlichkeit aus, die durch die Anerkennung der klassischen Logik und gewisser methodischer Vorgehensweisen, wie den Prinzipien der Induktion, der Deduktion oder der Abduktion, gekennzeichnet ist. Beiden Konzeptionen gemeinsam ist ein ontologisches Konstrukt von Gegenständlichkeit; der Gegenstand existiert unabhängig vom Subjekt und verändert sich durch die Betrachtung unwesentlich. Es gilt der Satz der Identität und das Tertium Non Datur als Basis des logischen Systems, trotz aller Modifikationen und Schattierungen dieser logischen Grundprinzipien. Das Resultat ist eine Allgemeinverbindlichkeit sowohl im Objektbereich (für die interdisziplinäre Konzeption), wie im Methodenbereich (für die transdisziplinäre Konzeption). Logik und Ontologie sind einthematisch (monokontextural). Beide Konzeptionen lösen daher nicht das Problem der Vermittlung zwischen den (nebengeordneten) Einzelwissenschaften, denn Monokontexturalität impliziert allenfalls Hierarchisierung sowohl innerhalb aber auch zwischen den Einzeldisziplinen, etwa im Sinne einer Meta-Wissenschaft wie Metaphysik oder das "Studium Fundamentale" als Komplement zum "Studium Generale", was beide Konzeptionen ad absurdum führen würde. Im Gegensatz zur ganzheitlichen Konzeption, die für ihre Darstellung eine Vielheit von logisch-strukturellen Positionen, die untereinander vermittelt sind, einnehmen muß, und die nicht im Sprachraum einer einheitlichen (monokontexturalen) Logik formulierbar sind, stellt sich die inter- und transdisziplinäre Wissenschaftskonzeption letztlich als entschieden reduktionistische und nicht ganzheitliche Denkweise dar. In beiden Wissenschaftskonzeptionen ist es irrelevant, wer die Methoden wann appliziert, denn die Applikation der Methode ist nicht selbst Bestandteil der Methoden, d.h., Subjektivität ist ausgeschlossen.

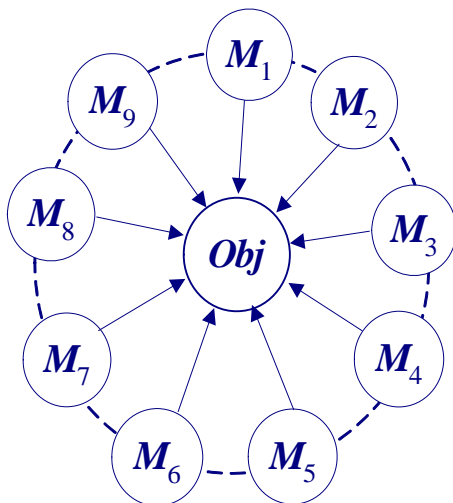


Abb. 3: Inter- und Transdisziplinarität

Der transdisziplinäre Wissenschaftsansatz wird am besten charakterisiert durch die Deklaration der "American Society for Cybernetics" aus dem Jahr 1983:

"Cybernetics is a way of thinking, not a collection of facts"

und durch die Arbeiten der "second order cybernetics" von Maturana, Varela, von Foerster, die am Biological Computer Laboratory (BCL) der Universität von Urbana (Urbana, Illinois) in den 60er und 70er Jahren entstanden sind.

Es wird heute allzu leicht vergessen, dass der Ansatz einer allgemeinen Systemtheorie, von Anfang an der Tradition einer biologischen Ganzheitlichkeit verpflichtet war (L. von Bertalanffy). Durch die Mathematisierung (Mengenlehre, Differentialgleichungen) wurde dieser Ansatz zwar für technische Anwendungen zugänglich, jedoch auf Kosten der für die Biologie (Theorie lebender Systeme) notwendigen Ganzheitlichkeit. Da Ganzheit nur durch eine Vielheit von einander vermittelnden Positionen (polykontexturale Thematisierungen) beschrieben werden kann, ist eine Transformation des logisch mathematischen Instrumentariums zugunsten ganzheitlicher Denkformen historisch notwendig.

Eine derartige Transformation des logischen und arithmetischen Apparates nach den Prinzipien einer ganzheitlichen System-Wissenschaft über die Transdisziplinarität der "second order cybernetics" (von Foerster) und des sog. "Radikalen Konstruktivismus" hinaus ist in den Forschungen am BCL insbesondere durch die Arbeiten (Polykontextualitäts-Theorie) des (transklassischen) Logikers und Philosophen der Kybernetik G. Günther und R. Kaehr in Angriff genommen worden.

The logic of the world is the logic of descriptions (of the world)

LITERATURVERZEICHNIS

Bateson, G.:

Ökologie des Geistes, Suhrkamp 1983.

Geist und Natur eine notwendige Einheit, Suhrkamp 1982.

Bertalanffy, L. von:

Der Organismus als physikalisches System betrachtet, Naturwiss.28(1940)521.

Foerster, H.von:

Sicht und Einsicht, Vieweg Verlag 1985.

Günther, G.:

Beiträge zur Grundlegung einer operationsfähigen Dialektik, Vol.I III,

Felix Meiner Verlag, Hamburg 1980.

Kaehr, R.:

Materialien zur Formalisierung der dialektischen Logik und der Morphogrammatik, in: "Idee und Grundriss einer nicht Aristotelischen Logik" von G. Günther, Felix Meiner Verlag 1978.

Löfgren, L.:

An axiomatic explanation of complete self reproduction,
Bull.Math.Biophys.30(1968)

Maturana, H.:

Erkennen: Die Organisation und Verkörperung von Wirklichkeit
Vieweg Verlag 1985.

Schmidt, S. J.(Ed.):

Der Diskurs des Radikalen Konstruktivismus
Edition Suhrkamp, 1987.

Varela, F. J.:

Principles of Biological Autonomy
in "General Systems Research" (G. Klir, ed.), North Holland Publ.1979.

The text was originally edited and rendered into PDF file for the e-journal <www.vordenker.de> by *E. von Goldammer*

Copyright 2007 © vordenker.de

This material may be freely copied and reused, provided the author and sources are cited
a printable version may be obtained from webmaster@vordenker.de

vordenker

ISSN 1619-9324

How to cite:

Goldammer, E. von & R. Kaehr "Transdisziplinarität in der Technologieforschung und Ausbildung",
www.vordenker.de (Sommer Edition 2007) J. Paul (ed.)
URL: <http://www.vordenker.de/vgo/transdiziplinariaet-technologieforschung.pdf>