



Plastisch erlebte Embryologie

Ein Übungsweg in fünf Schritten

Christian Breme

Zur Entstehung des Projektes »Plastische Embryologie«

Gibt es eine Arbeitsweise, bei der statt der Distanziertheit des wissenschaftlichen Blickes die Kräfte der Sympathie, der Identifikation angesprochen werden? Diese Fragestellung hat an der Rudolf-Steiner-Schule Basel vor zehn Jahren dazu geführt, das Modellieren in den Embryologieunterricht der 11. Klassen einzubeziehen. Seitdem werden die Formverwandlungen und Gestaltbildungen des menschlichen Keimes von der Befruchtung der Eizelle über die Einnistung bis zum 30. Tag der Entwicklung modellierend nachvollzogen.

Der im Folgenden skizzierte plastische Weg könnte – eingebettet in eine Biologieepoche – in fünf Tagen durchschritten werden.

1. Tag: Furchung

Wir beginnen mit einer Zeichnung des Entwicklungsraumes menschlichen Lebens. Der Biologielehrer wird den Bau, die Funktionen und Rhythmen der weiblichen Geschlechtsorganisation erläutern.

Übung 1:

Im zweiten Teil des ersten Tages beschreiben wir die Form und Größe der weiblichen Eizelle und ihren Gestaltwandel nach der Befruchtung auf dem Weg durch den Eileiter zur Gebärmutter.

Man lasse die Schüler vier walnussgroße Tonkügelchen rollen und mit einem Holzbrettchen die charakteristischen Furchen einprägen. So entstehen neben den absolut runden Eizellen die zwei-, vier- und achtlgliedrigen Stadien. Die 16-teilige *Morula* (der Name bedeutet Maulbeerchen) lasse man schon aus 16 kleinen Kügelchen zusammensetzen.



Den nächsten Schritt zur 32- und 64-gliedrigen Morula, in deren Inneren sich Flüssigkeit gesammelt hat, werden wir auf andere Weise tun: Wir lassen jeden Schüler eine mandarinengroße Tonkugel bilden, in deren Zentrum er beide Daumenspitzen versenken und durch Auseinanderdrängen der Masse einen Hohlraum schaffen soll. Mit einem Tonpfropfen verschließen wir die Öffnung wieder. Es ist von großer Wichtigkeit, darauf hinzuweisen, dass in der auf diese Art nachempfundenen Zentrifugalbewegung der Zellen die erste eigene Gestaltgebärde des sich entwickelnden Keimes liegt, die *Hohlraumbildung*.

Dass an der Stelle des Pfpfropfens nun eine verdickte Wandung liegt, gibt dem Biologielehrer die Möglichkeit, die Entstehung des Keimknötens, des *Embryoblasten*, aus den inneren Vorgängen zu beschreiben.

2. Tag: Gastrulation

Man schildere als erstes das Wandern der Morula in die Gebärmutter und das Haften der *Blastozyste* an der Gebärmutterschleimhaut. Die inneren Vorgänge dieser erneuten Einbettung (Einnistung) in den mütterlichen Organismus machen wir mit Hilfe einer plastischen Übung erlebbar:

Übung 2:

Jeder Schüler breitet vor sich den Ton als eine runde Scheibe von 20 cm Durchmesser und 3 cm Stärke aus. Dies sei der Querschnitt durch eine gerade eingestete Blastozyste.

Nun ritzen wir eine Kreislinie in die Oberfläche und sprechen von unterschiedlichen Kraftwirkungen im inneren und äußeren Feld.

außen: zentrifugal sich ausweitend, sich mit der Peripherie verbindend

innen: zentripetal verdichtend, sich von der Peripherie lösend (s. Foto oben links)

Mit dem Blick auf diese Polarität greifen wir in die Masse ein und verschieben sie mit den Fingerspitzen – im äußeren Feld exzentrisch ausweitend, im inneren konzentrisch verdichtend –, beides im stetigen Wechsel. Zuletzt versuchen wir die Oberfläche an der Peripherie zu vergrößern, indem wir sie blattförmig auffalten, zerfasern und verästeln. Im Inneren kommt es zur Isolation eines Kugelgebildes. Nur ein schmaler Steg verbindet noch das innere und das äußere Feld. Es ist der *Haftstil*, durch den dem Keim im Inneren die Stoffe und Wirkungen aus dem mütterlichen Organismus zufließen (s. Foto oben rechts).

Wir sprechen nun von der äußeren *Nährhülle* (*Chorion*), die ihre Zotten in das stark durchblutete mütterliche Gewebe, das *Blutmeer*, hineinsenkt und mit diesem zusammen die *Plazenta* bilden wird.

Wir lassen nun die Schüler beide Handflächen auf die entstandene Halbkugel legen, so dass der Haftstil sich zwischen den beiden Handgelenken befindet. Wir lassen sie unter jeder Hand einen halbkugelförmigen Hohlraum empfinden, dazwischen eine Wand, die *Keimscheibe*. Wir sagen ihnen, dass diese Scheibe die Ausgangsform unserer späteren Leibesgestalt ist, dass sich vor ihr – unter der rechten Hand – ein Raum wölbt, den man *Dottersack* und hinter ihr – unter der linken Hand – ein anderer, den man *Amnionhöhle* nennt. Wir erklären, dass in Opposition zum Haftstiel (also bei den Fingerspitzen) sich der Kopfpol ausbilden wird. Wir deuten an, dass sich der linke Raum in diese Scheibe einstülpen und die Grundlage des Rückgrates und des Zentralnervensystems, dass sich der rechte Raum zum *Urdarm* einstülpen und so die Grundlage des gesamten Stoffwechselsystems bilden wird. Somit ist am 14. Tag der Entwicklung das »Oben« und »Unten«, das »Vorne und Hinten« und damit auch das »Rechts« und »Links« der Leibesgestalt definiert. Gleichzeitig liegt in diesen Räumen die Grundlage der wesentlichen Organfunktionen.

3. Tag: Evolution des Keimes – Involution des Raumes

Was zwischen dem 14. und dem 28. Tag in Bezug auf die Gestaltentwicklung des werdenden Menschen geschieht, ist von so unerhörter Dramatik, dass man schwerlich in der gesamten folgenden Zeit bis zur Geburt einen vergleichbaren Höhepunkt finden wird.

Am 14. Tag finden wir in der Mitte der besprochenen Räume und Hüllen (Dottersack, Amnion, Chorion) eine kleine, fast kreisrunde Scheibe, eine zwei Zellschichten dicke Membran, die Keimscheibe. Es ist ein Flächengebilde ohne Volumen. 14 Tage später finden wir am selben Ort, im Zentrum von Hüll- und Nährgeweben, ein vollplastisches Gebilde von quellendem Volumen und konvexen Formen, in dem wir deutlich den Embryo mit Kopf, Rumpf und Gliedmaßen erkennen. In wenigen Tagen hat ein gewaltiger Umstülpungsprozess stattgefunden, in den neben den Substanzen und den plastischen Formen auch die Räume wie hineingesogen worden sind. Was peripher gebildet worden ist, findet sich nach der Umstülpung im Zentrum. Die Biologen sprechen von der *Gastrulation*². – Wie gehen wir bei einem Nachvollziehen dieser Vorgänge plastisch vor?

Übung 3: Die große Metamorphose

Wir bilden aus einer handflächengroßen Tonwand von 2 cm Stärke eine Keimscheibe, die wir mit einem Fuß versehen, so dass wir sie senkrecht vor uns stellen und von hinten auf die zukünftige Rückenseite (Amnionseite) schauen können. Den Fuß beschreiben wir als Teil der Nährhülle, den Stamm als Haftstil, die Scheibe als Trennwand zwischen Dottersack und Amnionhöhle. Wir sprechen über die Zweischichtigkeit des Gewebes: Ektoderm und Entoderm. In der Vorstellung ergänzen wir die beiden angrenzenden Hohlräume und »sehen« vor uns den Embryo in seiner Kugelgestalt.



1. Schritt: Einkrümmung der Keimscheibe und Einstülpung des Urdarms

Ein verstärktes Wachstum der uns zugewandten Zellschicht, des Ektoderms, führt zu einer Wölbung der Keimscheibe. Wir vollziehen das im Modell nach und spannen die entstehende konvexe Fläche sorgfältig durch, indem wir dabei unseren eigenen uns nach hinten abschließenden Rücken empfinden.

Die beginnende Einkrümmung der Keimscheibe ist der Anfang der Einstülpung des Urdarms. Man mag darum beim Durchspannen der Konkavfläche, des Entoderms (wir drehen die Scheibe zu diesem Zweck um 180°) über Stoffwechselfvorgänge, das Absorbieren des nährstoffreichen Inhalts des Dottersacks usw. sprechen.

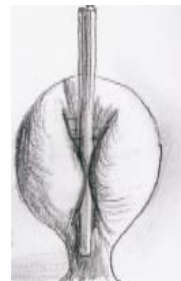
2. Schritt: Einziehen des Mesoderms durch die Primitivrinne und Bildung der Chorda dorsalis

Hinter dem zweiten plastischen Schritt, der nur aus wenigen Handgriffen bestehen kann, verbergen sich die allerwesentlichsten Vorgänge der Menschwerdung: Durch die sich aus dem Primitivknoten entwickelnde Primitivrinne – wir können sie als kleine Furche auf der Rückenseite des Keimschildes einprägen – ziehen aus den Innenwandungen der Amnionhöhle Zellsubstanzen in das Innere der Scheibe und werden dort als *Mesoderm* zur Grundlage von Organbildungen, besonders des Herzens und des Gefäßsystems.

Innerhalb dieser neu angelegten Zwischenschicht bildet sich ein zentraler Bindegewebsstrang, die *Chorda dorsalis*, der sich in der Mittelachse fingerförmig von unten nach oben vorschiebt und der ganzen Bildung eine Vertikale, die Grundlage des Rückgrates, einverleibt. Wir können mit einem Finger diesen Chordakanal anlegen.

3. Schritt: Das Versinken des Neuralrohres

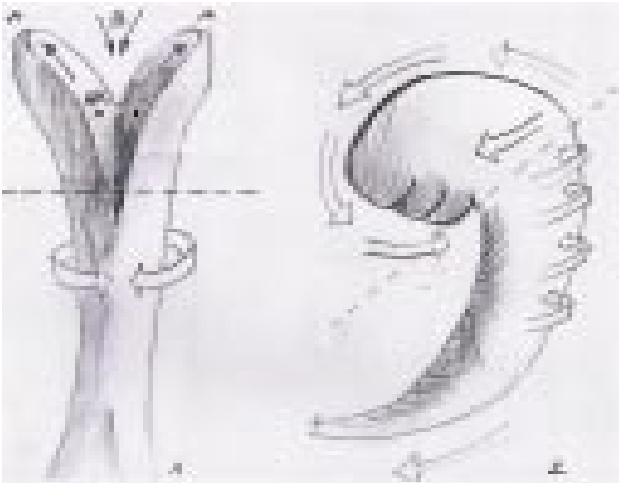
In der dritten Woche vollzieht sich aus versinkenden Partien des Ektoderms die Bildung des *Neuralrohres*. Der Vorgang lässt sich plastisch in seiner Dynamik mit einem Hilfsmittel leicht nachvollziehen: Man ergreife von der Dottersackseite aus durch die Scheibe hindurch einen



vertikal gehaltenen Stab und schlieÙe die umfangreiche Verbindung nach oben und unten wie einen Klettverschluss. Dann ziehe man den Stab heraus und spreche über die mit diesem Rohr gegebene Grundlage der Bildung des Zentralnervensystems (Gehirn und Rückenmark).

4. Schritt: Die große Umwälzung im Kopfbereich

Wir sprechen von einem anhaltenden Längenwachstum des Keimes, von einem regelrechten Wachstumsschub vor allem im Kopfbereich, der sich auffällig nach oben hin gabelt. Im Bereich der Zentralachse, da wo die *Chorda* und das *Neuralrohr* enden, ist das Wachstum offensichtlich zurückgehalten. Im Modell bewirken wir die zweifache Aufwölbung durch Daumendruck von innen (Zeichnung 1,A), das zurückgehaltene Wachstum in der Mittelzone durch Widerstand von außen (B). Der Blick von hinten in das nach oben hin noch geöffnete *Neuralrohr* zeigt eine Sattelfläche (ektodermalen Ursprungs), auf der rechts und links schon erste Augenanlagen sichtbar sind. Diese werden im nächsten Übungsschritt im Dunkel des sich vollkommen schließenden Neuralrohres verschwinden.



Es beginnt nun ein vehementes Wachstum in der Nackengegend des Embryo, das zur Einbeugung des Hauptes und zur Bildung von Beugefalten auf der Vorderseite führen wird. Diese Umwälzung vollziehen wir plastisch, indem wir mit den Daumen von der Dottersackseite her in das Gebilde weitend eingreifen und gleichzeitig mit den Handflächen die im oberen Teil des Gebildes entstehende Kugelfläche auf uns zuziehen und im Kehlbereich zusammenfassen. Ist die einrollende Bewegung abge-

schlossen, können wir durch Einritzen die Beugefalten andeuten.

Nun schließen wir die Einstülpung des Urdarmes ab, indem wir die Seiten der Keimscheibe ganz zusammenziehen und »verschmelzen«. Es bleiben bzw. entstehen die beiden Urdarmöffnungen, Mund und After.

Die Augenknospen, die sich durch verschiedene ektodermale Mutterböden hindurchgearbeitet haben, erscheinen lateral auf der Außenseite des Gebildes und bewegen sich durch ein fortschreitendes Wachstum im Nacken relativ gesehen nach vorne.

5. Schritt: Herz- und Gliedmaßenbildung

Das in der vorderen Körperschicht aufsteigende venöse Blut gerät durch die Einbeugung des Hauptes in eine dramatische Strömungssituation, die zur Bildung der ersten Herzanlage führt. Als Herzwulst tritt sie unterhalb des Kopfes aus dem Leib hervor, so dass das Gesicht unmittelbar auf dem sich bildenden Herzen zu liegen kommt. Rechts und links

davon knospen die Handanlagen hervor: kleine Blättchen, die sich herauschieben, sich taktierend bewegen und dabei fingerförmig einfalten. Wir können dieses Organ mit wenig Ton ansetzen. Nun liegen Kopf, Herz und Hand in unmittelbarer Nachbarschaft. Das pulsierende Herz, die rhythmisch sich bewegenden und sich dabei einfaltenden Hände und das in demselben Vorgang sich einfaltende Gehirn zeugen von der ursprünglichen funktionellen Einheit der physischen Organe für das Denken, Fühlen und Wollen.

6. Schritt: Abschluss der Übung

Wir lösen das inzwischen vollplastische Gebilde vom Haftstil. Das untere Ende ziehen wir schlank zum Steißende aus und haben nun die typische Mondenform des Embryos in der Hand. Den Anfang der Nabelschnur setzen wir mit wenig Ton an der richtigen Stelle an. Hat man genügend Zeit, so spreche man über die *Somiten*, die Urwirbel, die sich auf dem gekrümmten Rücken zeigen, und deute sie plastisch ein wenig an.

4. Tag: Ausstülpfen des Willensorgans – Einstülpfen des Sinnesorgans

Die Polarität der plastischen Gebärde des Aus- und Einstülpens kann man am schönsten erleben, wenn man die Arm- und die Ohrbildung in ihrer Gleichzeitigkeit ins Auge fasst und zeichnerisch oder plastisch nachzubilden versucht.

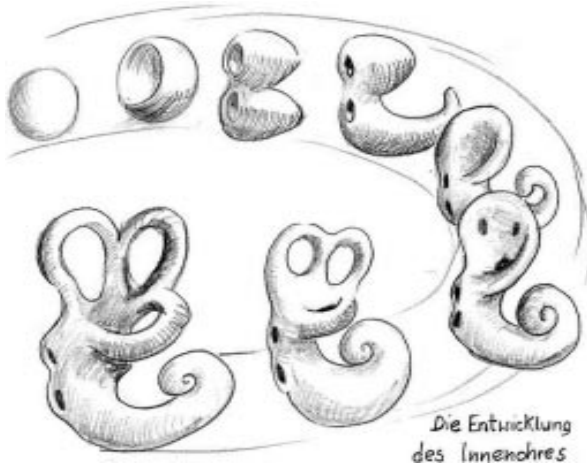
Wie gehen wir methodisch vor? Auf großen Blättern können wir die Stadien dieser polaren Vorgänge nachbilden. Auch die plastische Darstellung des Prozesses ist mit etwas Übung gut möglich und führt zu Erfahrungen, die man in der reinen Betrachtung schwerlich machen kann.

Übung 4: Die Bildung des Innenohres³

Wir formen eine mandarinengroße Kugel und stülpfen von einer Seite mit den Daumen eine Mulde ein, so dass sich nach und nach ein kleines Schälchen bildet. Wir sprechen dabei über die hüllende Haut des Kopfes (Ektoderm) und die Einstülpung der Ohrenbläschen in der Zeit um den 25. Tag der Entwicklung. Das entstandene Hohlgebilde fassen wir mit Daumen und Zeigefinger der linken Hand von oben, so dass es aussieht wie ein Körbchen mit Henkel und prägen mit dem Daumen und Zeigefinger der rechten Hand in die Wölbung eine kräftige Zäsur, die das Gebilde in zwei Räume gliedert (siehe Abbildung S. 546). Mit einer nassen Hand »melken« wir den unteren Abschnitt des Volumens nach hinten aus und bilden aus dem entstandenen Horn eine Schnecke. Wir sprechen über das Gehörorgan, die *Cochlea*.

Es soll bei der Arbeit deutlich werden, dass wir nicht irgendein vollplastisches Organ modellieren, sondern einen Hohlraum in seiner Gestaltveränderung verfolgen, der von feinen Häuten ausgekleidet ist und in eine langsam sich verhärtende Umgebung, in das Felsenbein hereingesogen wird.

Nun mulden wir den oberen »Raumkörper« von der uns zugekehrten Seite so ein, dass hier ein kleines Schälchen entsteht. Der gemeinte Vorgang der »Eintiefung« steigert sich bis zum Durchbruch der entstandenen Tasche an drei Orten. Die entstandenen Ste-



ge – wir haben sie als Löcher vor uns – weiten wir, bis die verbleibenden Hohlräume sich in drei sich durchdringende Ringgänge (*Bogengänge*) verwandelt haben. Wir haben nun das Innenohr mit Bogengängen und Gehörorgan vor uns und können durch eine aufgesetzte Masse im Übergang dieser so unterschiedlichen Gebilde das Gleichgewichtsorgan (*Sacculus* und *Utriculus*) andeuten.

5. Tag: Haupt- und Gesichtsbildung

In der Hauptes- und Gesichtsbildung gipfelt und vollendet sich in gewisser Hinsicht die Entwicklung der Gestalt. So können wir mit dem Modellieren eines Kinderkopfes den kleinen Zyklus der Übungen abschließen.

Übung 5: Der Kinderkopf

Wir formen eine mandarinengroße Tonkugel und stülpen sie sorgfältig zum Schälchen ein. Im Folgenden versuchen wir, während wir von oben auf die Halbkugel schauen, uns die Form eines kindlichen Schädeldaches (*Kalotte*) vorzustellen und sie dem Ton einzuprägen⁴: Vorn bilden wir eine etwas abgeflachte Stirn, seitlich die konisch zulaufenden Schläfen, die kugelige Kuppel wird oben leicht abgeflacht. Nun sprechen wir über die Schädelknochen, die beiden Stirnbeine⁵, die Schläfenbeine, das Hinterhauptbein, ihre noch lose Verzahnung, ihre Überlappung beim Geburtsvorgang, schließlich über die beiden Fontanellen. Wir ritzen für einen kurzen Moment die Nähte ein, um uns den Bau der Kuppel deutlicher zu machen, löschen sie dann wieder aus. Das Rätsel der merkwürdigen Eckpunkte in der Mitte der beiden Stirnbeine kann nun aus embryologischer Sicht erklärt werden. Diese »Hörner«, die sich bei dem einen mehr, bei dem anderen weniger abzeichnen, sind die Verknöcherungszentren der als Haut in der Embryonalzeit vorgebildeten Schädelplatten⁶. In ihnen finden wir also ein Stück der embryonalen Schädelkrümmung fixiert.

Nun schließen wir die Schädelkuppel durch einen Tonboden nach unten hin ab und sprechen über die Schädelbasis, die in Augenbrauenhöhe Gehirn- und Gesichtsschädel trennt. Das entstehende Knochengehäuse birgt – in die Flüssigkeit des *Liquor spinalis* schwimmend gebettet – das empfindlichste Organ, unser Gehirn. Durch die verbleibende Öffnung im hinteren Bereich der Basis wird die Verbindung zum Stammhirn im Rückenmarkskanal hergestellt.

Wir wollen nun zur Gehirnkuppel den Gesichtsschädel hinzufügen. Wir deuten die beiden im Schlaf geschlossenen Lider an, die Wangen werden von innen her mächtig aufgewölbt und in der Mittelachse die kleine Nase, die Oberlippe, die Unterlippe und

das Kinn angelegt. Vieles lässt sich beim Ausarbeiten dieses kleinen Gebildes entdecken, das bei den Schülerinnen und Schülern Erinnerungen und Erfahrungen im Umgang mit Neugeborenen wachruft.

Auf diese Weise, im Gespräch, mit den Händen die Entwicklungsstufen werdenden Lebens nachbildend, wird die »verborgene« Wissenschaft der Embryologie mit der Sinneserfahrung verknüpft. Durch die Übungen treten die Schüler in eine anhaltende innere Beziehung, aus der heraus die Würde allem Leben gegenüber wieder entstehen kann.

Zum Autor: Christian Breme, Werklehrer an der Rudolf-Steiner-Schule in Basel.

Anmerkungen:

- 1 Nach Shettles: Ovum Humanum, 1960; zitiert in K. Appenzeller: Die Genesis, S. 38
- 2 Johannes Rohen spricht in seiner »Morphologie des menschlichen Organismus« (S. 71) über diese räumlichen Einstülpungsprozesse. Er beschreibt sie zugleich als »die funktionale Umstülpung der peripheren auf die im embryonalen Eigenraum stattfindenden Prozesse«. So heißt es wenig später: »Erst wenn die Atmung vom Umfeld (Plazenta) auf die Lungen übergewechselt ist, ist der funktionelle Umstülpungsprozess zum Abschluss gekommen.«
- 3 Vergleiche zur embryonalen Entwicklung des Ohres den Aufsatz »Die Ohrorganisation« von Wolfgang Schad in: Goetheanistische Naturwissenschaft, Nr. 4, Stuttgart 1984
- 4 Auf die ähnliche Bildung und gleiche Bildungszeit von Cochlea- und Darmspiralung hat W. Schad in dem oben erwähnten Aufsatz hingewiesen. Eine Entsprechung auf der physiologischen Ebene kann bei der Betrachtung der Wirkung eines Tonerlebnisses im unteren Organismus festgestellt werden. Vergleiche hierzu auch die Ausführungen Rudolf Steiners in »Meditativ erarbeitete Menschenkunde« (GA 302a, 3. Vortrag) über das Wesen des musikalischen Erlebens.
- 5 Im Unterschied zum ausgewachsenen Schädel finden sich beim Neugeborenen *zwei* Stirnbeine. Die Naht in der Mitte der Stirn »verschmilzt« im Alter von durchschnittlich 2 1/2 Jahren, so dass sie selbst auf einer Röntgenaufnahme nicht mehr zu erkennen ist. Interessanterweise ist dieser Zeitpunkt derselbe, in dem das Kind zu seinem Ich-Bewusstsein erwacht (siehe M. Strauss/W. Schad in: »Von der Zeichensprache des kleinen Kindes«, Stuttgart 2005).
- 6 Die Biologie unterscheidet Haut- und Austauschknöchel. Die Gliedmaßenknöchel werden alle knorpelig vorgebildet und ihre weichere Substanz nach und nach durch Knochensubstanz, d.h. Kalk, ausgetauscht. Die Schalenknöchel des Schädels hingegen sind als Hautlappen vorgebildet und verknöchern von bestimmten Zentren her radial fortschreitend.

Literatur:

- Appenzeller, Kaspar: Die Genesis im Lichte der menschlichen Embryonalentwicklung, Basel 1976
Blechschildt, Erich: Vom Ei zum Embryo, Stuttgart 1968
Clara, Max: Entwicklungsgeschichte des Menschen, Heidelberg 1965
Husemann, Armin: Der musikalische Bau des Menschen, Stuttgart 2003
König, Karl: Embryologie und Weltentstehung, Freiburg 1966
Rohen, Johannes: Morphologie des menschlichen Organismus, Stuttgart 2000
Schad, Wolfgang: Die Ohrorganisation, in: Goetheanistische Naturwissenschaft, Band 4, Stuttgart 1984
Wilmar, Frits: Vorgeburtliche Menschwerdung, Stuttgart 1979

In der Fortbildungstagung für Biologen, Werk- und Klassenlehrer zum Thema: **Das Wirken der Metamorphose** Pfingsten 2005 in der Waldorfschule Schopfheim, wird Christian Breme einen Kurs **Plastisch erarbeitete Embryologie** anbieten. Auskunft und Anmeldung über Ch. Breme, Rütliweg 65, CH-4143 Basel, Tel. 0041-61-7019426. E-Mail: c.breme@gmx.ch. Bezug einer ausführlichen Dokumentation unter der gleichen Adresse.

Anzeige VFG