

Wolf Dieter Kohlberg, Thomas Unseld

## **Mathetik**

Mathetik des E-Learnings

## **Mathetics**

Mathetics of E-Learning

## **Mathétique**

Mathétique du E-Learning

Druck / Print / Imprimé:  
ColorCopyShop  
Iburger Straße 78  
49082 Osnabrück

Übersetzung / Translation / Traduction:  
Sylvie Rousseau-Kohlberg  
Thomas Unseld

Layout:  
Thomas Unseld

Umschlaggestaltung / Coverdesign / Couverture:  
Harald Angerer

Projekt / Project / Projet:  
*EISWEB* – Europäische Innovative Schulentwicklung WEBbasiert  
Mit Unterstützung der Kommission der Europäischen Union.  
With support of the Commission of the European Union  
Avec la soutien de la Commission Européenne

ISBN 978-3-00-022171-2



## **Inhaltsverzeichnis – Table of Contents – Table des matières**

Mathetik – Mathetik des E-Learnings .....	01
Mathetics – Mathetics of E-Learning .....	35
Mathétique – Mathétique du e-learning .....	65



# Mathetik

Mathetik des E-Learnings

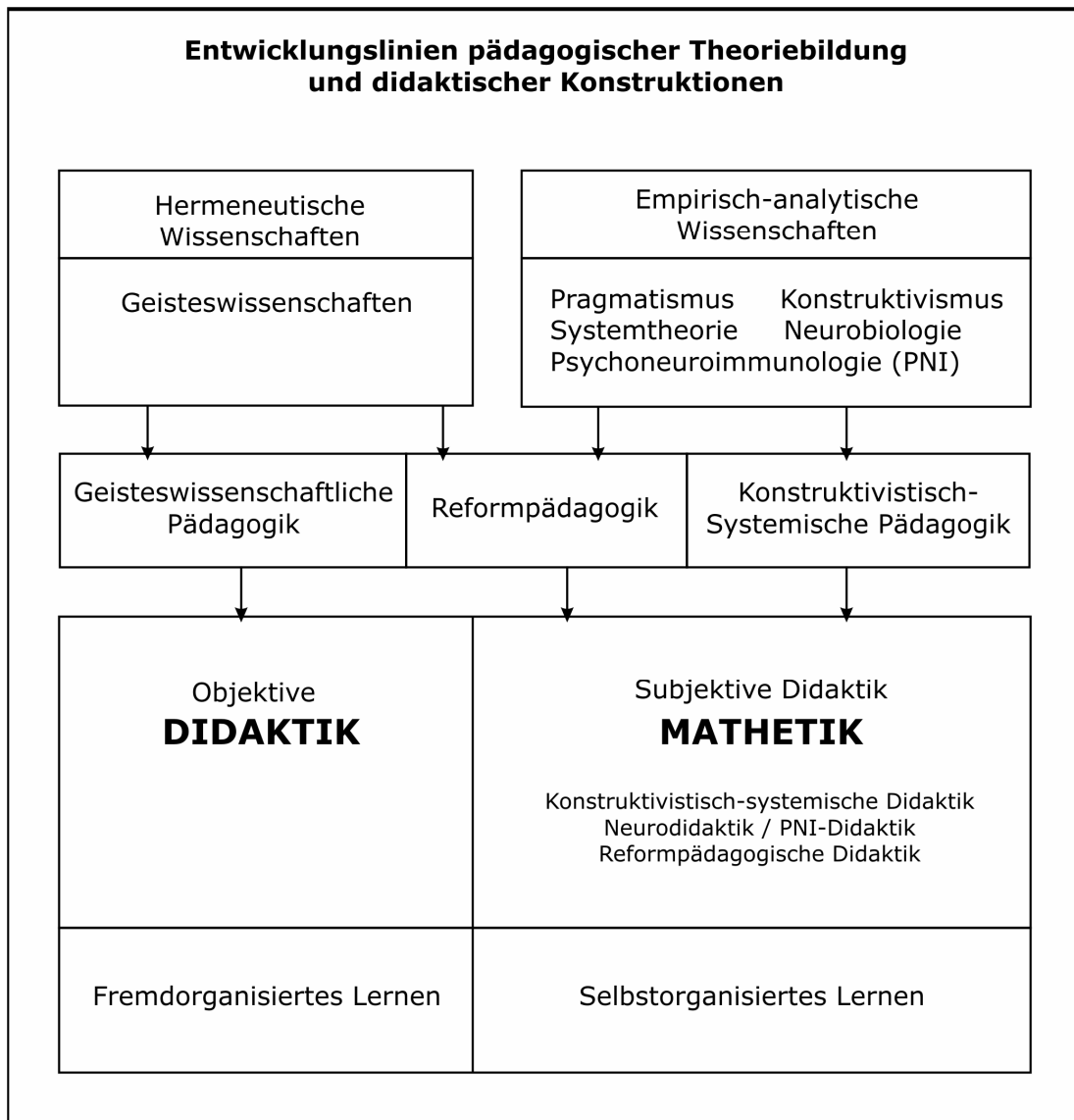
Traditionell ist die Lehr- / Lernkultur in Schulen durch das Paradigma der geisteswissenschaftlichen Pädagogik geprägt. Aus der Sicht der Didaktik – als Kernbereich der Professionalisierung von Lehrern – ist ein vorherrschendes didaktisches Modell, insbesondere geprägt durch die lehrtheoretische Didaktik, entstanden, das ich als „Objektives Modell“ (Objektive Didaktik) bezeichnen möchte.

Dieses durch die lehrtheoretische Didaktik geformte Lehrerleitbild ist einerseits durch einen hohen pädagogischen Anspruch – die systemische Verknüpfung von Ziel, Inhalt, Methode und Medium – andererseits aber durch zunehmende Überforderung der Lehrer gekennzeichnet. Bedingt durch die allumfassende Verantwortung des den Lernenden (in bester pädagogischer Absicht) verobjektivierenden Lehrers und bedingt durch die zunehmende Divergenz und Komplexität von Lerngruppen und –situationen kommt es im Unterricht immer häufiger zu einer völligen Überforderung des sich am objektiven Didaktik-Modell orientierenden Lehrers.

Im Zuge der Entwicklung einer neuen Reformpädagogik und der steigenden Bedeutung des E-Learnings entsteht zur Zeit ein alternatives, das Lehrerleitbild zunehmend prägendes, „Subjektives Didaktik-Modell“ (vgl. Kösel 1993). Dieses neue Modell wird in Anlehnung an Comenius als Mathetik bezeichnet und kann als „Lehre vom Lernen“ verstanden werden. „MATHETIK geht auf das griechische Verb ‚mathein‘ bzw. ‚manthanein‘ zurück. Beide Verbformen stehen im Infinitiv und bedeuten ‚lernen‘. ‚Manthanein‘ steht im Infinitiv Präsens und ‚mathein‘ im Infinitiv Aorist. Der zuerst genannte meint eine lineare, abfolgende Tätigkeit, während der zweite ein punktuell, plötzliches Tun bezeichnet. ‚Manthanein‘ weist also auf einen Prozess hin, während ‚mathein‘ auf ein plötzliches Erkennen deutet. Beide Verben bedeuten lernen um der Bildung willen. MATHETIK ist demnach die *Klärung des im Unterrichts stattfindenden Lerngeschehens – und zwar aus der Sicht des Schülers.*“ (Chott 1998, S. 392)

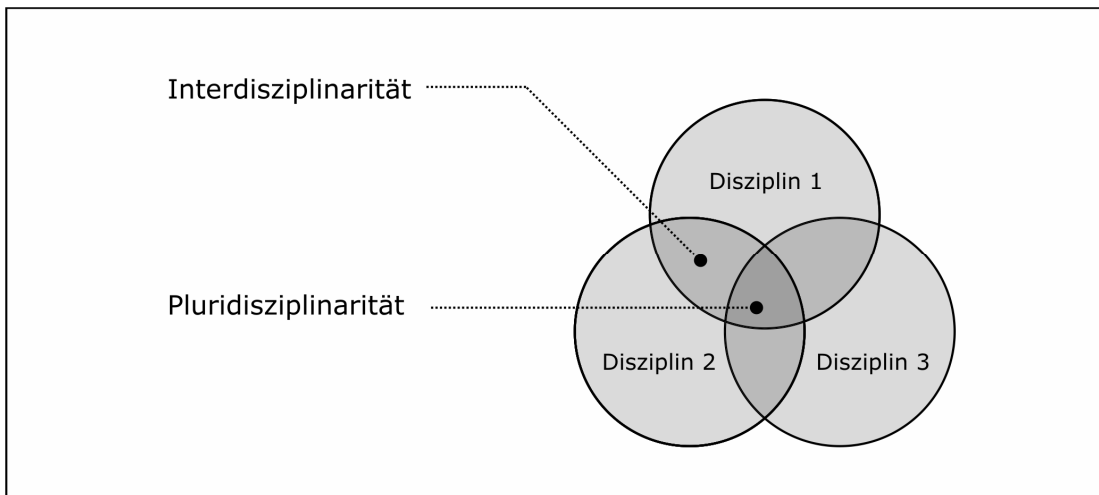
Auf dem Hintergrund neuer reformpädagogischer Überlegungen, gestützt durch konstruktivistisch-systemtheoretische Erkenntnisse und Erkenntnisse der Neurophysiologie und der Psychoneuroimmunologie (PNI) entwickelt sich ein Mathetik-Modell, das sich nicht mehr am Leitbild des allgegenwärtigen Lehrers orientiert, sondern weite Bereiche der Lernsituation in die Verantwortung der Lernenden überführt. Die Mathetik „(...) nimmt den Lernenden in die ‚Holpflicht‘, verlangt Anstrengung und Leistung“ und „(...) ist gekennzeichnet durch eine nachhaltige Konsolidierung des konditionalen und metakognitiven Wissens und dient der Erprobung von Lernstrategien“. (Anton 2003, S. 76)

Wir haben es offensichtlich im Rahmen der allgemeinen Diskussion um die Schulentwicklung mit einem Paradigmenwechsel auch und vor allem in der didaktischen Modellkonstruktion zu tun. Dieser Paradigmenwechsel soll in dem folgenden Schaubild verdeutlicht werden:



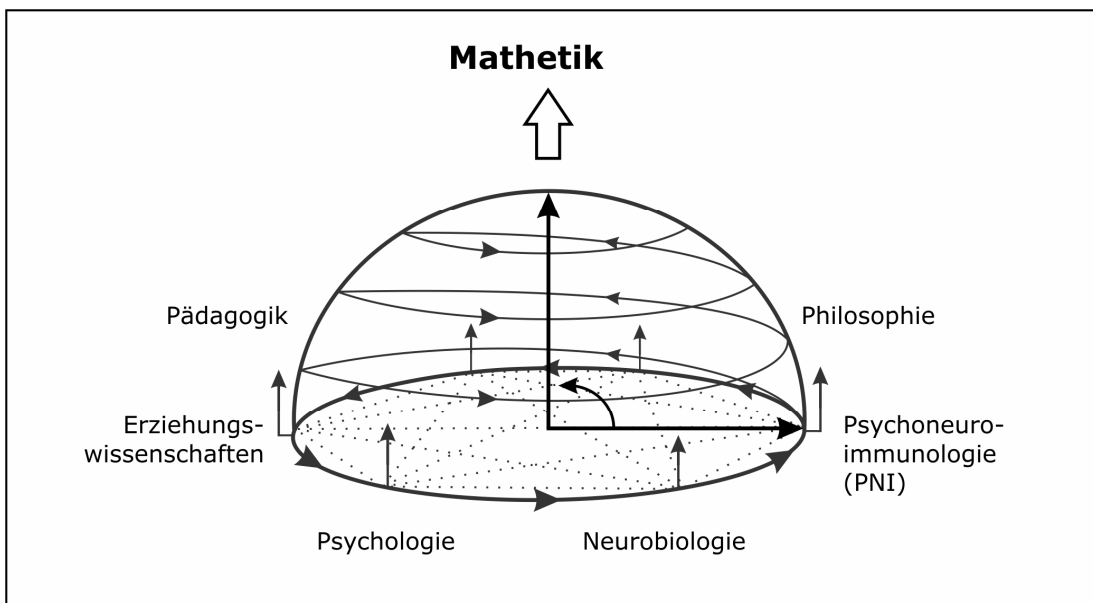
Die Entwicklung einer Mathetik erfolgt nicht inter- oder pluridisziplinär, sondern transdisziplinär.

Neue übergreifende Forschungsbereiche können nicht einfach nur als eine Gruppe oder simple Kombination mehrerer verwandter wissenschaftlicher Disziplinen angesehen werden, da diese Konzepte der Inter- und Pluridisziplinarität nur auf einer zweidimensionalen Ebene angesiedelt sind.



vgl. Koizumi 2003, S. 113

In solchen neuen Forschungsbereichen werden die Erkenntnisse zahlreicher Disziplinen herausgegriffen, um eine eigene konzeptuelle Struktur aufzubauen, die die Grenzen von Natur-, Sozial- und Geisteswissenschaften überschreiten kann. Das Konzept der Transdisziplinarität füllt einen dreidimensionalen Raum aus. Dieses Konzept steht auf einer höheren hierarchischen Ebene, die auf den Verknüpfungen zwischen mehreren Disziplinen auf der niedrigeren hierarchischen Ebene aufbaut. Die Transdisziplinarität beinhaltet das Konzept des Brückenbauens zwischen vollkommen unterschiedlichen Disziplinen und deren Verschmelzung zu einem neuen Fachgebiet.

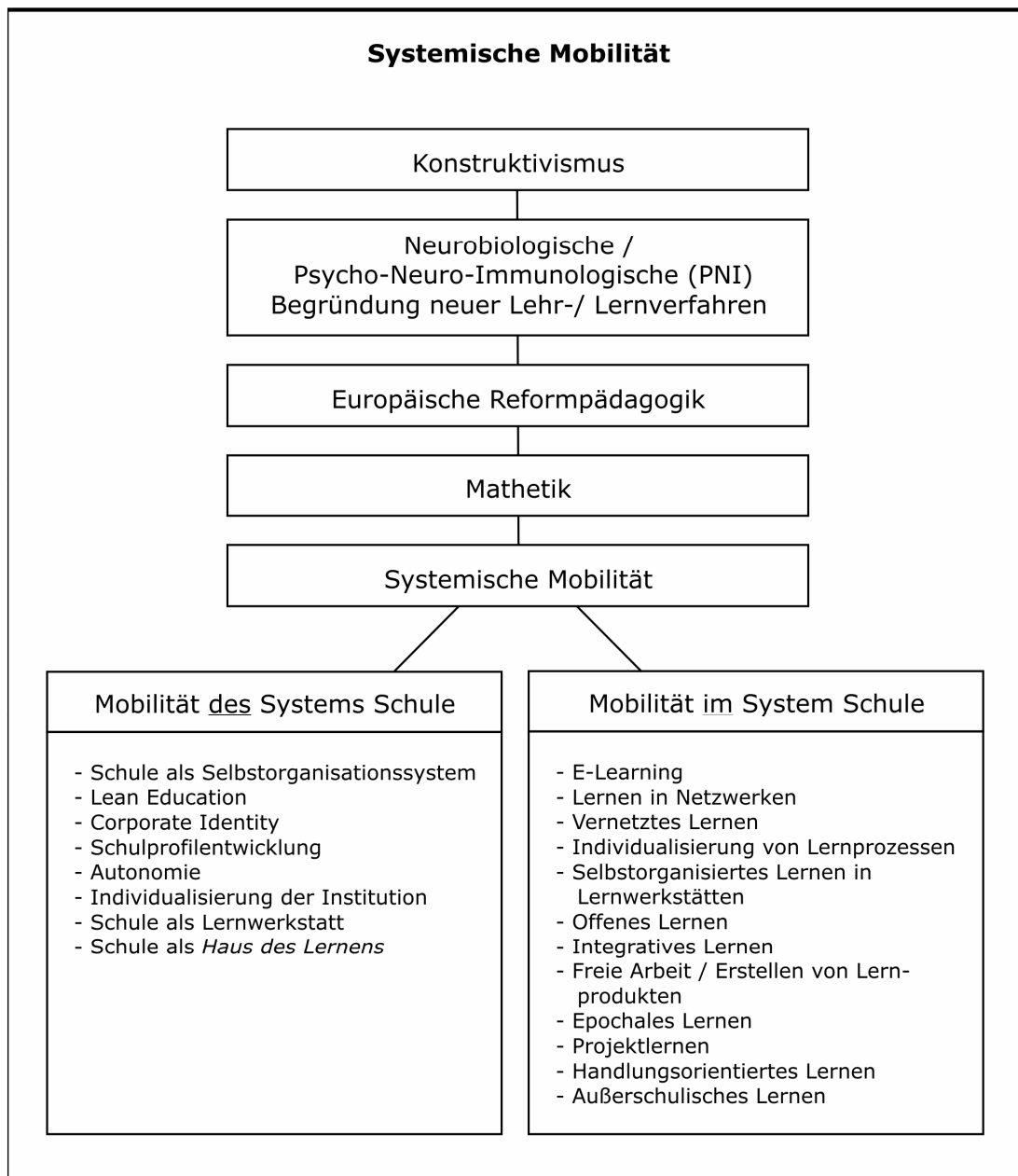


vgl. Koizumi 2003, S. 113

Im Weißbuch „Lehren und Lernen“ der EU-Kommission von 1995 finden wir bereits ähnliche Überlegungen bezüglich eines neuen Lehr-Lern-Modells. In diesem Weißbuch wird das Ziel „einen Beitrag zur Entwicklung einer qualitativ hochstehenden Bildung (Lehrerbildung) in der EU“ zu leisten, formuliert. Qualitativ hochstehende Bildung wird - das ist aus Sicht der Erziehungswissenschaften/ Lehrerbildung ein längst überfälliger Umdenkungsprozess - als Ziel eines ganzheitlich-systemischen, vernetzten, lebens-



langen Lernprozesses verstanden. Diese Forderung kann man durchaus im Sinne einer Reaktualisierung der entscheidenden Ideen der europäischen Reformpädagogik als gemeinsames europäisches pädagogisches Erbe verstehen. Aus neuer reformpädagogischer Sicht scheint uns im Weißbuch der EU ein wichtiges Bildungsziel deutlich zu werden, das wir als „**Systemische Mobilität**“ (selbstorganisierte Mobilität des lehrenden und lernenden Individuums in komplexen und vernetzten Bildungssystemen/-institutionen und selbstorganisierte Mobilität des Bildungssystems und dessen Institutionen) bezeichnen möchten.



Systemische Mobilität beschreibt den Versuch, schul- und unterrichtstheoretische Ziele zu definieren als Antwort auf die im Weißbuch der EU formulierten sog. drei großen Umwälzungen unserer Zeit:

1. Die Entwicklung hin zur Informationsgesellschaft
2. Die Globalisierung der Wirtschaft
3. Die sich immer schneller entwickelnde wissenschaftlich-technische Zivilisation.

„Systemisches Lernen“ bezeichnet den Weg zur systemischen Mobilität, die sich durch sieben im Weißbuch aufgezeigte Komponenten auszeichnet (vgl. Weißbuch 1995, S.10-19). Diesen Komponenten als reine Sollensforderungen werden im Folgenden reformpädagogische Grundideen als mögliche Umsetzungshilfen in die pädagogische Praxis beispielhaft zugeordnet:

1. Die Bedeutung der Dinge erfassen durch ausreichende wissenschaftliche Bildung (Systemische Mobilität durch Reduktion von Systemkomplexität).

Reformpädagogische Praxis:

Reduktion von Sachkomplexität durch exemplarisches Lernen mit dem Ziel, fundamentale Strukturen des Wissensbereiches zu verdeutlichen (**Wagenschein**).

2. Verstehensvermögen durch selbstorganisiertes innovatives Handeln (Systemische Mobilität durch Produktion von Systemkomplexität).

Reformpädagogische Praxis:

Wochenplanarbeit, Arbeit in Lernwerkstätten, freier Ausdruck (**Freinet**)

Selbsttätigkeit, Wahlfreiheit, Lernen am didaktischen Material (**Montessori**)

Selbstorganisiertes Lernen in Orientierung an Assignments (**Parkhurst**)

Individuelles Lernen in „Pädagogischen Situationen“ (**Petersen**)

3. Urteils- und Entscheidungsvermögen, das sich im Spannungsfeld vom Wissen über Vergangenes und Intuition der Zukunft entwickeln soll (Systemische Mobilität in der Gegenwart durch Reflektieren und Einordnen der eigenen Handlungen in den historischen Kontext).

Reformpädagogische Praxis:

Schule als Lebensgemeinschaft (**Petersen**)

Sicherung der eigenen Tätigkeitsspuren im Fluss der Geschichte (**Freinet**)

4. Entwicklung der Eignung zur Beschäftigung und zur Erwerbstätigkeit durch bessere Verbindung von Allgemein- und Fachwissen und flexible und vielseitige Zugänge zur allgemeinen und beruflichen Bildung (Systemische Mobilität im Bildungsraum und Systemische Mobilität des Bildungsraums).

Reformpädagogische Praxis:

Arbeitsschulbewegung (**Dewey, Kerschensteiner, Gaudig, Blonskij, Oestreich, Freinet**)

5. Bildung in regionalen/europäischen Netzwerken (Systemische Mobilität durch Lernen in Netzwerken/vernetztes Lernen).

Reformpädagogische Praxis:

Community Education (**Morris**)

Vernetzung von Schulen (**Freinet**)

6. Garantie des Zugangs zur lebenslangen Bildung - hier insbesondere die Nutzung sämtlicher Möglichkeiten der Informationsgesellschaft (Systemische Mobilität in virtuellen Netzen/ICT - Learning).

Reformpädagogische Praxis:

Selbsttätiges Lernen als Voraussetzung für einen selbstorganisierten lebenslangen Lernprozess (**alle Reformpädagogen**)

Offener Unterricht als Voraussetzung für ICT-Learning (**alle Reformpädagogen**)

7. Der Erwerb von Fremdsprachen soll entscheidend gefördert werden (Systemische Mobilität in der vielsprachigen europäischen Gesellschaft).

Reformpädagogische Praxis:

„Sensible Phasen“/ „Absorbierender Geist“ – früher Fremdsprachenunterricht  
(**Montessori**)

Internationale Vernetzung von Schulen (**Freinet**)

(vgl. Weißbuch der Kommission der Europäischen Gemeinschaft 1995)

Wenn die bisher geleistete Interpretation des Weißbuches richtig ist, dann müssen wir von einer nicht zu übersehenden Defizitstruktur der Lehr- / Lernkultur in Schulen ausgehen.

Schulen verfügen bisher kaum über innovative Mathematik-Konzeptionen, die selbstorganisiertes Lernen fördern und fordern – sie verfügen somit weder über Systemische Mobilität der Eigenstruktur, noch lassen sie Systemische Mobilität des Lernenden entstehen.

Im folgenden Schaubild werden in kritischer Absetzung von der Objektiven Didaktik die zehn Begründungszusammenhänge zwischen der Mathematik, der Neurodidaktik und der reformpädagogischen Didaktik dargestellt:

<b>Objektive Didaktik</b>	<b>Mathetik</b>	<b>Neurodidaktik PNI-Didaktik</b>	<b>Reformpäd. Didaktik</b>
Erkenntnis als Abbildung	Erkenntnis als Konstruktion	Erkenntnis als sub-symbolische neuronale Vernetzung	Experimentelles Tasten
Technologischer Machbarkeits-optimismus	Unterstützung von Selbstorganisation	Selbstorganisation von Neuronengruppen	Selbsttätiges Lernen in anregenden Lernumgebungen
Informations-gesellschaft	Lern- und Kommunikations-gesellschaft	Strukturelle Kopplung	Lernen in der Ge-meinschaft
Wissensvermittlung Steuerung	Selbstgesteuertes Lernen	Autopoietisches Lernsystem	Individuelle Lernwege
Verbindliche Wahrheiten	Pluralität der Wirklichkeits-konstruktionen	Differierende Verknüpfungsqualität neuronaler Netzwerke	Individuelle Lernergebnisse
Reduktionistisches Weltbild	Holistisches Weltbild	Multisensorische Integration	Ganzheitlichkeit von Lernsubjekt und -objekt
Vermittlung von Antworten	Anregung von Fragen	Pertubation des autopoietischen Systems	Sokratischer Dialog
Konsens Einheit	Differenz Vielfalt	Umwelteinflüsse als Zufalls-generatoren unterschied-licher neuronaler Ver-netzung	Individuelle Lern-methoden, Lern-rhythmen, Lern-produkte
Perfekte Lösungen	Irrtums-wahrscheinlichkeit	Hypothesenverifikation oder -falsifikation durch Interaktion von niederen und höheren Gehirnarealen	Entdeckendes und erforschendes Lernen, Projektlernen
Kognition	Kognition und Emotion	Emotionen als Operatoren neuronaler Vernetzung	Lernen im positiven Lernklima Schule als Lebensraum

(vgl. Siebert 1999, S.15)

Im Folgenden werden die kritische Absetzung zur Objektiven Didaktik und die zehn Begründungszusammenhänge zwischen Subjektiver Didaktik, Neurodidaktik und Reformpädagogischer Didaktik näher erläutert.

## 1.

### Objektive Didaktik:

**Erkenntnis (Lernen) als Abbildung:** Während der naive Realismus von einer Ein-zu-Eins-Abbildung der Wirklichkeit im Menschen ausgeht, spricht der kritische Realismus bereits von einem durch Vorwissen modifizierten Abbild der bestehenden Wirklichkeit. Die auf dem Neopragmatismus aufbauende Allgemeine Modelltheorie geht noch einen Schritt weiter indem sie formuliert, dass alle Erkenntnis Erkenntnis in Modellen oder durch Modelle ist. Interne Modelle des Menschen zeichnen sich nach Auffassung von Stachowiak (Stachowiak 1973) durch drei Hauptmerkmale aus:

#### 1. Abbildungsmerkmal

„Modelle sind stets Modelle von etwas, nämlich Abbildungen, Repräsentationen natürlicher oder künstlicher Originale, die selbst wieder Modell sein können“ (ebenda S. 13).

#### 2. Verkürzungsmerkmal

„Modelle erfassen im allgemeinen nicht alle Attribute des durch sie repräsentierten Originals, sondern nur solche, die den jeweiligen Modellerschaffern und/oder Modellbenutzern relevant scheinen“ (ebenda, S. 132).

#### 3. Pragmatisches Merkmal

„Modelle sind ihren Originalen nicht per se eindeutig zugeordnet. Sie erfüllen ihre Ersetzungsfunktion.

- a) für bestimmte – erkennende und/oder handelnde modellbenutzende Subjekte;
- b) innerhalb bestimmter Zeitintervalle und
- c) unter Einschränkung auf bestimmte gedankliche oder tatsächliche Operationen“ (ebenda, S. 132f).

„Über die abbildungsgemäße Originalbezogenheit hinaus ist mithin der allgemeine Modellbegriff dreifach pragmatisch zu relativieren. Modelle sind nicht nur Modelle von etwas. Sie sind auch Modelle für jemanden, ... . Sie erfüllen dabei ihre Funktionen in der Zeit, innerhalb eines Zeitintervalls. Und sie sind schließlich auch Modelle zu einem bestimmten Zweck“ (ebenda, S. 133).

Aber auch dieser Ansatz, der schon konstruktivistische Züge trägt (vgl. Stachowiak 1983), bleibt letztlich dem Abbildungsgedanken verhaftet.

### Mathetik:

**Erkenntnis (Lernen) als Konstruktion:** „Die Kernthese des Konstruktivismus lautet: Menschen sind autopoietische, selbstreferenzielle, operational geschlossene Systeme. Die äußere Realität ist uns sensorisch und kognitiv unzugänglich. Wir sind mit der Umwelt lediglich strukturell gekoppelt, das heißt, wir wandeln Impulse von außen in unserem Nervensystem „struktureldeterminiert“, das heißt auf der Grundlage biographisch geprägter psycho-physischer kognitiver und emotionaler Strukturen, um. Die so erzeugte Wirklichkeit ist keine Repräsentation, keine Abbildung der Außenwelt, sondern eine funktionale, viable Konstruktion, die von anderen Menschen geteilt wird

und die sich biografisch und gattungsgeschichtlich als lebensdienlich erwiesen hat“ (Siebert 1999, S. 5-6).

Der Begriff des autopoietischen Systems geht auf die chilenischen Neurobiologen Maturana und Varela zurück. Autopoietische Systeme sind strukturdeterminiert, von außen nicht direkt beeinflussbar und erzeugen sich selbst (vgl. Maturana/Varela 1987). Nach konstruktivistischer Auffassung entwickeln Menschen im Lernprozess viable Modelle, die es ihnen ermöglichen, sich in einer ihnen im Prinzip unzugänglichen Welt zu orientieren (vgl. von Glasersfeld 1995), oder um es im Sinne des verwandten Pragmatismus zu formulieren, Probleme zu lösen (Dewey-Projektunterricht).

### Neurodidaktik

**Erkenntnis (Lernen) als subsymbolische, neuronale Vernetzung:** Neuronale Netze haben keine Regeln (Zuordnungsregeln) z. B. zur Mustererkennung „gespeichert“, sondern das „Regelwissen“ wird durch die Konstruktion neuronaler Vernetzungen bzw. durch die Verstärkung neuronaler Verbindungen repräsentiert (lernende Netzwerke). „..... dann erscheinen geistige Prozesse in einem ganz neuen Licht. Solche Prozesse sind nicht regelhaftes Hantieren mit Symbolen, sondern ein nur schwer mit Regeln beschreibbarer *subsymbolischer* Prozess, in dessen Verlauf interne Repräsentationen sich beständig verändern. *Regeln sind nicht im Kopf*, sie sind lediglich brauchbar, um bestimmte geistige Leistungen im nachhinein zu beschreiben“ (Spitzer 2000, S. 29).

### Reformpädagogische Didaktik

**Experimentelles Tasten:** Insbesondere die Freinet-Pädagogik scheint eine gewisse innere „konstruktivistische“ Struktur zu besitzen, die sich in der systemischen Vernetzung von Arbeitsbedürfnis, Arbeitsstrukturen, Arbeitstechniken und Arbeitsdokumenten im Lernprozess widerspiegelt (vgl. Hagstedt 1997). Insbesondere der Begriff des „experimentellen Tastens“ bei Freinet scheint für eine konstruktivistische Interpretation besonders geeignet zu sein. „Zweifelsohne existieren Gemeinsamkeiten zwischen dem informationstheoretisch geschlossenen Modell der Kognition und dem Modell des *tâtonnement expérimental*. So ist z.B. auch der Theorie des experimentellen Tastens folgend Wissen nicht Abbildung sondern Konstruktion, wobei auch Freinet mit dem Aspekt der Homöostase bzw. der Aufrechterhaltung oder Wiederherstellung des inneren Gleichgewichts die große Bedeutung des subjektiven Faktors, d.h. die jeden Wahrnehmungs-, Interpretations- oder Konstruktionsprozess begleitende subjektiv-interpretative Komponente, herausstellt und damit genau wie Maturana (vgl. Maturana 1985, S. 29f) die Suche nach der Wahrheit und dem Absoluten, nach einer festen und sicheren Welt und nach letztmöglicher Stabilität durch Ausschluss allen Wandels aufgibt“ (Kock 2003, S. 51).

Darüber hinaus lassen sich konstruktivistische Elemente in den in reformpädagogischen Traditionen entwickelten Bereichen Freiarbeit, Wochenplanarbeit, entdeckendes Lernen und handlungsorientiertes Lernen wiederfinden.

## 2.

### Objektive Didaktik

**Technologischer Machbarkeitsoptimismus:** Beispielsweise zeichnet sich die lehrerlerntheoretische Didaktik durch einen hohen Binnendifferenzierungsgrad im sogenannten Bedingungs- bzw. Entscheidungsfeld aus. Dieses bis in kleinste Detail gegliederte Faktorenfeld verführt leicht zu der Annahme, dass eine solche multifunktionale Didaktik Unterrichtsgeschehen präzise planbar macht.

## Mathetik

**Unterstützung von Selbstorganisation:** Sowohl kognitive als auch soziale Systeme sind durch Nicht-Linearität und Selbststeuerung gekennzeichnet. Didaktisches Handeln kann daher Lernprozesse nur anregen, aber nicht determinieren. Diese Sichtweise hat weitreichende Auswirkungen auf didaktische Modelle. Der einzelne Lernende oder eine Gruppe Lernender kann somit nicht direkt durch Lehrende zu einem Verhalten bzw. zu einer Verhaltensänderung – als weiteste Umschreibung von Lernen – veranlasst werden. Komplexe Systeme (Lernende/Gruppen von Lernenden) können aus dieser Perspektive nur zu je eigenen – durch ihre interne Struktur vorgegebene – Operationen angeregt, aber nicht determiniert werden. Hieraus leitet sich eine prinzipielle Unsicherheit didaktischen Handelns ab. Folgen wir dieser Orientierung, müssen wir als Lehrende akzeptieren, dass Lernende sich die angebotenen Lerninhalte nach ihren Regeln und Vorerfahrungen, nach ihren eigenen Verständniszugängen und im Kontext ihrer je individuellen Lebenswelt aneignen. Grundlage jeder didaktischen Handlungsmöglichkeit ist somit die prinzipielle Fähigkeit komplexer Systeme, mit der Umwelt zu interagieren und je eigene Modelle von Wirklichkeit zu konstruieren. Lehren (Lernmanagement) ist somit der Versuch, komplexe Systeme, die nach ihrer eigenen Logik operieren, anzuregen. Das heißt, es ist prinzipiell unmöglich (direkt) zu lehren, sondern es ist nur möglich, Lernprozesse zu aktivieren.

Selbstorganisiertes Lernen ist kein technokratisch zu planender und zu steuernder Prozess, sondern hier geht es um die verantwortliche Konstruktion von förderlichen Lernwelten.

Selbstorganisiertes Lernen erfordert die Überwindung einer Defizit- zu Gunsten einer Fähigkeitsorientierung. Die didaktische Herausforderung liegt hierbei in der Vermeidung einer überheblichen „Besserwisserdidaktik“ zu Gunsten einer konstruktiven Grundhaltung der Lehrenden.

Selbstorganisiertes Lernen überwindet gleichschrittiges, lehrzentriertes Lernen, das sich an der Illusion von homogenen Lerngruppen orientiert. Stattdessen wird die Entwicklung einer didaktischen Kultur der Lernförderung und Lernbegleitung und die damit verbundene Gestaltung von motivierenden Lernlandschaften für die Lernenden in ihrer Unterschiedlichkeit betont (vgl. Werning 1996).

## Neurodidaktik

**Selbstorganisation von Neuronengruppen:** Spezielle systemische Funktionen des neuronalen Netzwerkes gepaart mit sich wiederholendem gleichbleibendem Input führen zu selbstorganisiertem Lernen. Jedes Neuron ist in säulenartigen Schichten mit jedem anderen Neuron dieser Schicht verbunden und erregt damit diese in der näheren Umgebung und hemmt entferntere. Bedingt durch diese Struktur kommt es zu einer Verstärkung der Systemverbindungen, .....„dass bestimmte Merkmale des Input in gesetzmäßiger Weise auf einen bestimmten Ort des Netzwerkes abgebildet werden.“ (Spitzer 2000, S. 104).

## Reformpädagogische Didaktik

**Selbsttätiges Lernen in anregenden Lernumgebungen:**

Reformpädagogischer Unterricht öffnet sich gegenüber der Individualität der Lernenden. Nicht mehr der Lernende muss sich den Bedingungen und Anforderungen der Bildungseinrichtung anpassen, sondern die Bildungseinrichtung ist aufgefordert, möglichst für alle Lernenden eine lernförderliche Arbeitswelt zu werden (z.B. didaktische Materialien bei Montessori).

Reformpädagogischer Unterricht erfordert die Wahrnehmung und Berücksichtigung der Potenziale der Lernenden. Die didaktische Herausforderung liegt dabei in der Einbeziehung von Erlebnissen und Erfahrungen, von Ängsten, Wünschen und Hoffnungen der Lernenden (z.B. freier Ausdruck bei Freinet)

Reformpädagogischer Unterricht ist insbesondere durch Handlungsorientierung gekennzeichnet. Die Zielperspektiven heißen hier „Förderung eines positiven Selbstwertgefühls“ und „Förderung kooperativen, solidarischen Handelns“. Entscheidend ist hierbei die Realisierung von Handlungsprodukten, auf die sich Lernende und Lehrende gemeinsam einigen (z.B. Pädagogische Situation bei Petersen).  
(vgl. Werning 1996)

### 3.

#### Objektive Didaktik

**Informationsgesellschaft:** Das sogenannte Sender-Empfänger-Modell verführt zu der falschen Vorstellung, dass der codierte Energiestrom (z.B. Schallwellen) bereits vom Sender mit Sinnhaftigkeit versehen wird, die der Empfänger nur aufnehmen muss.

#### Mathetik

**Lern- und Kommunikationsgesellschaft:** Nach konstruktivistischer Auffassung lernen wir rekursiv, d.h. zu Lernendes wird von bereits Gelerntem überformt, strukturdeterminiert. Im Kommunikationsprozess (Lernprozess) wird also nicht Sinn transportiert sondern dem eingehenden codierten Energiestrom wird vom Lernenden erst Sinn zugeordnet.

#### Neurodidaktik

**Strukturelle Kopplung:** Neuronale Netzwerke sind mit anderen neuronalen Netzwerken (mit der Umwelt) strukturell gekoppelt, das heißt interne Modelle werden mit anderen (externen) Modellen abgeglichen, es kommt zu einer koevolutiven Modellkonstruktion.

#### Reformpädagogik

**Lernen in der Gemeinschaft:** Insbesondere Peter Petersen hat den Gemeinschaftsbegriff in den Mittelpunkt seiner reformpädagogischen Bemühungen gestellt. „Wie muss diejenige Erziehungsgemeinschaft gestaltet werden, in welcher sich ein Menschenkind die für es beste Bildung erwerben kann, eine Bildung, die seinem in ihm angelegten und treibenden Bildungsdrange angemessen ist, die ihm innerhalb dieser Gemeinschaft vermittelt wird und die es reicher, wertvoller zur größeren Gemeinschaft zurückführt, es ihr als tätiges Glied wiederum übergibt. Oder kürzer: Wie soll die Erziehungsgemeinschaft beschaffen sein, in der und durch die ein Mensch seine Individualität zur Persönlichkeit vollenden kann“ (Petersen 1927).

### 4.

#### Objektive Didaktik

**Wissensvermittlung – Steuerung:** Im herkömmlichen lehrergesteuerten Unterricht richtet sich die Mehrzahl der Lehrerfragen an alle Schüler. Überwiegend verlangen diese Fragen Reproduktionsleistungen, wobei es zu einer Frageverdichtung von bis zu 80 Fragen/45 Minuten-Einheit kommt. Diese Didaktik ist seitens der Schüler primär



durch Leistungszeit und nicht durch Lernzeit gekennzeichnet (vgl. Frey et. al. 1999, S. 339-340).

#### Mathetik

**Selbstgesteuertes Lernen:** „Selbstgesteuertes Lernen ist eine Form des Lernens, bei der die Person in Abhängigkeit von der Art ihrer Lernmotivation selbstbestimmt eine oder mehrere Selbststeuerungsmaßnahmen (kognitiver, volitionaler oder verhaltensmäßiger Art) ergreift und den Fortgang des Lernprozesses selbst (metakognitiv) überwacht, reguliert und bewertet“ (Konrad/Traub 1999, S. 13).

#### Neurodidaktik

**Autopoietisches Lernsystem:** Autopoietische Systeme sind strukturdeterminiert und können daher nicht von außen direkt beeinflusst werden, sie können lediglich perturbiert (gestört) werden.

#### Reformpädagogische Didaktik

**Individuelle Lernwege:** In fast allen reformpädagogischen Modellen sind ähnliche Schrittfolgen selbstgesteuerten Lernens wiederzufinden: Lernzielprojektion, Lernprozessplanung, Lernprozessrealisierung, Lernprozessreflexion (Metakognition), Ergebnisevaluation.

### 5.

#### Objektive Didaktik

**Verbindliche Wahrheiten:** Im Sinne des Neopragmatismus kann die Konstruktion von Wissen nur von intentionshomogenen Gruppen in der Zeit und auf Zeit erfolgen. Das bedeutet eine grundsätzliche Absage an alle Wissensmodelle mit raum- und zeitübergreifendem Anspruch.

#### Mathetik

**Pluralität der Wirklichkeitskonstruktionen:** Menschen sind Menschen – Außenwelt – Rückkopplungssysteme, sie konstruieren ihre je eigenen internen Modelle der Wirklichkeit. „Das Subjekt-Objekt-Verhältnis ist relational interdependent und dynamisch. Der Konstruktivismus bestätigt die grundsätzliche **Anthropozentrik** und auch **Egozentrik** menschlicher Existenz“ (Siebert 1999, S. 7).

#### Neurodidaktik

**Differierende Verknüpfungsqualität neuronaler Netzwerke:** Werden bestimmte Input-Signale aus der je individuellen Stimulus-Welt des lernenden Individuums regelmäßig angeboten, kommt es zu einer Stabilisierung der Output-Struktur. „Die Hebbsche Lernregel besagt somit, dass immer dann, wenn zwei miteinander verbundene Neuronen gleichzeitig aktiv sind, die Verbindung zwischen ihnen stärker wird“ (Spitzer 2000, S. 44).

#### Reformpädagogische Didaktik

**Individuelle Lernergebnisse:** Die relative Offenheit von projektorientiertem Lernen (Dewey), von Ausgangslernen in pädagogischen Situationen (Petersen), von freien Ausdruckswegen (Freinet) führt zu je individuellen Lernprodukten, die sich in ihrer differierenden Vielfalt zu einem synergetischen Lernergebnis der Gemeinschaft formen.

## 6.

### Objektive Didaktik

**Reduktionistisches Weltbild:** Primär fachlich/fachdidaktisch geprägte Lehrer neigen zwangsläufig zu didaktischen Reduktionsprozessen die zu formelhaften Wissensseparationen der Schüler führen.

### Mathetik

**Holistisches Weltbild:** Die Konstruktion/erweiternde Konstruktion von inneren Modellen erfolgt auf der Grundlage unterschiedlicher und vielfältiger externer Stimuli und trifft dabei auf komplexe innere Vernetzungsstrukturen, die in keinster Weise einer einschränkenden fachstrukturellen Außenwelt entsprechen.

### Neurodidaktik

**Multisensorische Integration:** Lernen mit allen Sinnen heißt nicht, dass es aufgrund eines vielfältigen Reizimpuls zu einer automatischen Verstärkung einer sub-symbolischen Verbindung (Repräsentation) kommt, sondern dass unterschiedliche *Anschlussmöglichkeiten* geschaffen werden..

„Die aus verschiedensten Sinneskanälen einströmenden Informationen werden miteinander verglichen, d.h. z.B. auf Ähnlichkeiten, Gemeinsamkeiten und Widersprüchen hin „durch–gecheckt“. Da wir über eine ganze Anzahl von Sinnen verfügen, über die wir Informationen aus der Umwelt und das eigene Selbst „hereinholen“, gestaltet sich dieser Prozess der Feststellung von Konkordanz und Diskonkordanz ganz schön aufwendig. Praktisch gleichzeitig werden alle diese Sinnesinformationen – je einzeln, aber auch das Ergebnis des gerade genannten „Durch-Checkens“ auf Passung untereinander – mit dem gesamten Bestand an früheren Erfahrungen abgeglichen, die in den diversen Speichersystemen vorgehalten werden. Je nach Passung zu diesen früheren Erfahrungen werden die neuen Informationen abgewertet oder aufgewertet, umgruppiert, in die Zeitschiene als dringlich oder weniger dringlich eingeordnet, an frühere Erfahrungen „angedockt“ oder von diesen abgegrenzt abgespeichert.“ (Schusser 2002)

### Reformpädagogische Didaktik

**Ganzheitlichkeit von Lernsubjekt und –objekt:** Die Reformpädagogen haben durchgängig die ganzheitliche Sicht des Lernenden und des zu Lernenden betont (z.B. die Handlungsorientierung in der Arbeitsschulpädagogik (Kerschensteiner), die Definition von fächerübergreifenden Lernbereichen: Gott, Natur und Mensch (Petersen) und die selbsttätige Schaffung von Ganzheiten durch die Schüler (Freinet).

## 7.

### Objektive Didaktik

**Vermittlung von Antworten:** Martin Wagenschein hat schon früh kritisiert, dass herkömmliche Didaktik den genetischen Lernprozess des Lerners missachtet, in dem nicht der Dreischritt vom phänomeninitiierten, umgangssprachlichen Staunen über vorfachliches Formulieren zu präzisen Antworten vollzogen wird (vgl. Wagenschein 1962).

### Mathetik

**Anregung von Fragen:** Die Präsentation (Existenz) von Phänomenen, die bestehende (zunächst viable) Modelle in Frage stellen, führen zu deren Umbau (Erweiterung).

### Neurodidaktik

**Perturbation des autopoietischen Systems:** „Neue Situationen und Umgebungen können zu Perturbationen, das heißt zu Störungen führen. Dabei determiniert oder instruiert die Umwelt nicht das autopoietische System, sondern löst Veränderungen aus“ (Siebert 1999, S. 200).

### Reformpädagogische Didaktik

**Sokratischer Dialog:** Reformpädagogischer Appell an Lehrer: Stellen Sie möglichst oft Fragen, die keine präzisen Reproduktionsleistungen erfordern, sondern formulieren Sie weitreichende Impulse, die konstruktiv-produzierende Schüleraktivitäten initiieren.

## 8.

### Objektive Didaktik

**Konsens-Einheit:** Herkömmlicher Unterricht zielt auf die Vermittlung von raum- und zeitunabhängigem objektiven Wissens. Diese Vorgehensweise beruht auf einem Erkenntnisbegriff, der Wissen noch als Seinsverhältnis auffasst. Neopragmatismus und Konstruktivismus stellen dem einen multiplen, pragmatischen und intentionalen Erkenntnisbegriff entgegen.

### Mathetik

**Differenz-Vielfalt:** „Der Konstruktivismus betont Differenzen, Heterogenität, Unterschiede, Vielfalt und weniger Konsens, Homogenität, Identität. Lernen setzt die Wahrnehmung von Differenzen, Fremdheit, anderen Perspektiven voraus“ (Siebert 1999, S. 198).

### Neurodidaktik

**Umwelteinflüsse als Zufallsgeneratoren unterschiedlicher neuronaler Vernetzung:** „Während die Entwicklung der grundlegenden Struktur des Gehirns genetisch vorbestimmt ist, ist es verblüffend festzustellen, dass ein Großteil der elektrischen Aktivität, das Wachstum von Dendritenbäumen, die synaptischen Verbindungen zwischen den Neuronen, die Bildung einer Myelinscheide, die das Axon schützend umgibt und die für eine schnelle Reizweiterleitung verantwortlich ist, durch Erfahrung beeinflusst werden. Die lebenslange Veränderungsbereitschaft und –fähigkeit des Gehirns bei Erfahrungen mit der Umwelt, nennt man Plastizität („plasticity“). Als Lehrer muss man wissen, dass mit Lernen kein „Füttern“ mit Informationen gemeint ist, sondern: Lehrer unterstützen Schüler darin, Neuronengruppen, die gleichzeitig feuern, zu entwickeln. Das Ergebnis davon ist die Entstehung von immer größeren und komplexeren neuronalen Netzwerken, die der Aneignung von Fertigkeiten und Ideen, die an Ziele und Sinnhaftigkeit gebunden sind, entsprechen“ (Arnold 2002, S. 122).

### Reformpädagogische Didaktik

**Individuelle Lernmethoden, Lernrhythmen, Lernprodukte:** Ein Beispiel – Hugo Gaudigs Prinzip der freien Tätigkeit: „Selbsttätigkeit fordere ich für alle Phasen der Arbeitsvorgänge. Beim Zielsetzen, beim Ordnen des Arbeitsganges, bei der Fortbewegung zum Ziel, bei den Entscheidungen an kritischen Punkten, bei der Kontrolle des Arbeitsganges und des Ergebnisses, bei der Korrektur, bei der Beurteilung soll der Schüler freitätig sein. Der freitätige Schüler bedarf keiner Fremdeinwirkung, um den Antrieb zur Tätigkeit zu gewinnen. Er bedarf während der Arbeit keiner Erregung der

Kraft von außen, er bedarf nicht der Wegführung, damit er den Weg zur Lösung seiner Aufgaben findet. Das Prinzip der Selbsttätigkeit beherrscht den gesamten Schulkursus, vom ersten bis zum letzten Tag. (Gaudig 1922, S. 93)

## 9.

### Objektive Didaktik

**Perfekte Lösungen:** Objektive Didaktik dynamisiert Unterrichtsprozesse in Richtung auf das definierte Unterrichtsziel, wobei dem Schüler pseudo-perfekte Modelle viel zu schnell „übergestülpt“ werden, die häufig nur „Apportiercharakter“ und damit eine zu geringe Nachhaltigkeit besitzen.

### Mathetik

**Irrtumswahrscheinlichkeit:** Wenn wir konstruktive, rekonstruktive und dekonstruktive Lernprozesse durchlaufen (vgl. Reich 1996), indem wir in der Lerngemeinschaft Hypothesen (Modelle) zur Lösung von Problemen konstruieren, die viabel oder nichtviabel sind, die verifiziert oder falsifiziert werden, dann haben wir – auch im Falle der Modellfalsifikation – vermutlich mehr gelernt.

### Neurodidaktik

**Hypothesenverifikation oder –falsifikation durch Interaktion von niederen und höheren Gehirnarealen:** Nach Spitzer werden in sogenannten höheren Arealen des ZNS konstruierte Modelle mit dem sensorischen Input niederer Areale verglichen. „Dieser Vergleich ergibt entweder, dass der Input der von „oben“ kommenden „Interpretation“ vollständig entspricht oder dass noch ein Rest bleibt, der durch die vorgeschlagene Interpretation nicht „erklärt“ wird. Im ersten Fall hat das System einen stabilen Zustand erreicht; im zweiten Fall wird der noch nicht erklärte Rest von der tieferen Schicht zur höheren Schicht als neuer Input zur weiteren Bearbeitung (d.h. zum „Errechnen“ neuer „Interpretationsvorschläge“) zurückgemeldet. Diese Vorschläge werden in Form neuer Muster an die tiefere Schicht gemeldet, bis entweder der gesamte Input eine hinreichende „Interpretation“ gefunden hat oder die ursprüngliche Hypothese verworfen und eine neue Hypothese „probiert“ wird“ (Spitzer 2000, S. 140).

### Reformpädagogische Didaktik

**Entdeckendes und erforschendes Lernen, Projektlernen:** Problemorientiertes Lernen – wie es Dewey und andere Reformpädagogen fordern – führt zu einer produktiven Unterrichtssituation, in der die Schüler konkurrierende Hypothesen entwickeln, die im Praxistest verifiziert oder falsifiziert werden, wobei auch der Weg zu einem nicht-viablen Modell hohes Lernpotenzial enthält. „Doch in allen Bereichen des Lernens gilt das Prinzip, dass nicht unbedingt das Wissen, sondern vielmehr das Entdecken und das Forschen für die Entwicklung des Kindes von entscheidender Bedeutung sind“ (Eichelberger 2002, S. 54).

## 10.

### Objektive Didaktik

**Kognition:** Obwohl in den einschlägigen objektiven Didaktiken immer wieder darauf hingewiesen wird, dass bei der Planung von Unterricht auch die emotionale Dimension

zu berücksichtigen sei, so stellt doch die Alltagsdidaktik die kognitive Dimension eindeutig in den Vordergrund.

#### Mathetik

**Kognition und Emotion:** Der Konstruktivismus hat in seiner ersten Ausprägung die Interaktion zwischen Systemen primär auf der kognitiven Ebene zu erklären versucht. Es gilt inzwischen jedoch als relativ gesichert, dass jede kognitive Leistung von Emotionen begleitet oder von dieser beeinflusst wird.

#### Neurodidaktik

**Emotionen als Operatoren neuronaler Vernetzung:** „Es setzt sich immer stärker die Tendenz durch, Emotionen von ihrem neuronalen Ursprung her zu beschreiben. Emotionen sind, in diesem Licht gesehen, dann psychoneurale Prozesse, die besonders wirksam darin sind, die Intensität und Strukturierung von Handlungen im dynamischen Strom intensiver Interaktionen mit anderen Lebewesen oder Objekten zu regeln. Dabei besitzt jede Emotion ihren ganz speziellen Gefühlsunterton, der direkt erlebbar und der besonders wichtig bei der Speicherung des intrinsischen, lebenserhaltenden Werts dieser Interaktion ist. Im Rahmen der hier vertretenen Argumentation ist es notwendig hervorzuheben, dass gerade diese emotionalen Wertzuschreibungen bewirken, dass neuen Informationen besser gespeichert und bei späteren Gelegenheiten auch besser rekapituliert werden!“ (Arnold 2002, S. 43)

Ciampi hat in seiner sogenannten Affektlogik Emotionen als Motoren und Einflussfaktoren von kognitiven Prozessen bezeichnet. *„Affekte sind entscheidende Energielieferanten oder Motoren und Motivatoren einer kognitiven Dynamik. Affekte bestimmen andauernd den Fokus der Aufmerksamkeit. Affekte wirken wie Schleusen oder Pforten, die den Zugang zu unterschiedlichen Gedächtnisspeichern öffnen oder schließen. Affekte schaffen Kontinuität; sie wirken auf kognitive Elemente wie ein Leim oder Bindegewebe. Affekte bestimmen die Hierarchie unserer Denkinhalte. Affekte sind eminent wichtige Komplexitätsreduktoren“* (Ciampi 1997, S. 95-99)

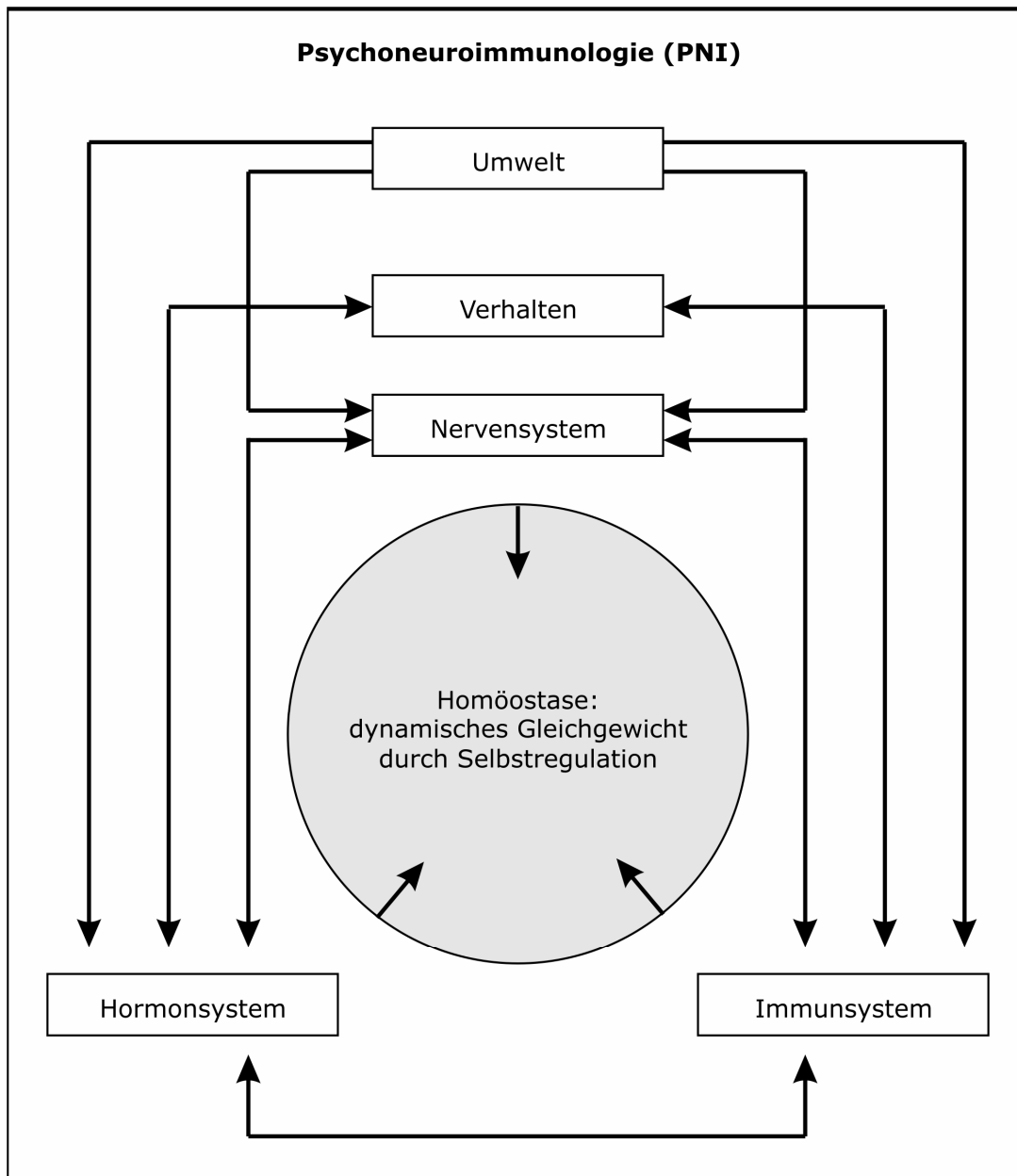
#### Reformpädagogische Didaktik

**Lernen im positiven Lernklima, Schule als Lebensraum:** Nicht nur Petersen hat immer wieder gefordert, die Lehr- und Lernanstalt in eine Lebensgemeinschaftsschule umzuwandeln. „Peter Petersen versteht die Schule als „*Lebensstätte*“ und nicht als Unterrichtsanstalt, weil letztere nur am Schüler interessiert sein kann, der Jenaplan aber an der „ganzen Person“ des Kindes. Der Klassenraum darf nicht länger „Belehrungszelle“ sein, er muss vielmehr zur „*Schulwohnstube*“ ausgestaltet werden, die den Kindern Geborgenheit bietet und zugleich reiche Möglichkeit zur Erweiterung des Horizonts. Peter Petersen zweifelt energisch daran, ob der „Fetzenstundenplan“ mit seinen permanent expandierenden Fächerkombinationen ein geeigneter Zugang zur Welt für Kinder sein kann. Er entwarf einen „*rhythmischen Wochenarbeitsplan*“, der die Woche für ein Kind sinnvoll gliedert ...“

(Eichelberger 2002, S. 68)

Eine über die neurophysiologische Argumentation hinausgehende Begründung der Mathetik ist durch die sogenannte Psychoneuroimmunologie (PNI) entwickelt worden. Die PNI-Forschung hat den Nachweis der engen Verbindung zwischen Psyche, ZNS, Hormonsystem und Immunsystem erbracht. Das ZNS steht mit dem Immunsystem durch Nervenfasern und mit dem Hormonsystem durch Hormonausschüttung in engem Kontakt. Mit dem Hintergrund des neuen Organismuskonzepts versteht die PNI den

Menschen als bio-psycho-soziales Wesen, und beleuchtet das „Netzwerk Mensch“ auf molekularer Ebene. Krankheit ist demnach eine Kommunikationsstörung zwischen biologischen, psychischen und sozialen Vorgängen. Positiv formuliert: Der menschliche Organismus lernt optimal, wenn er sich im Zustand der Homöostase befindet.

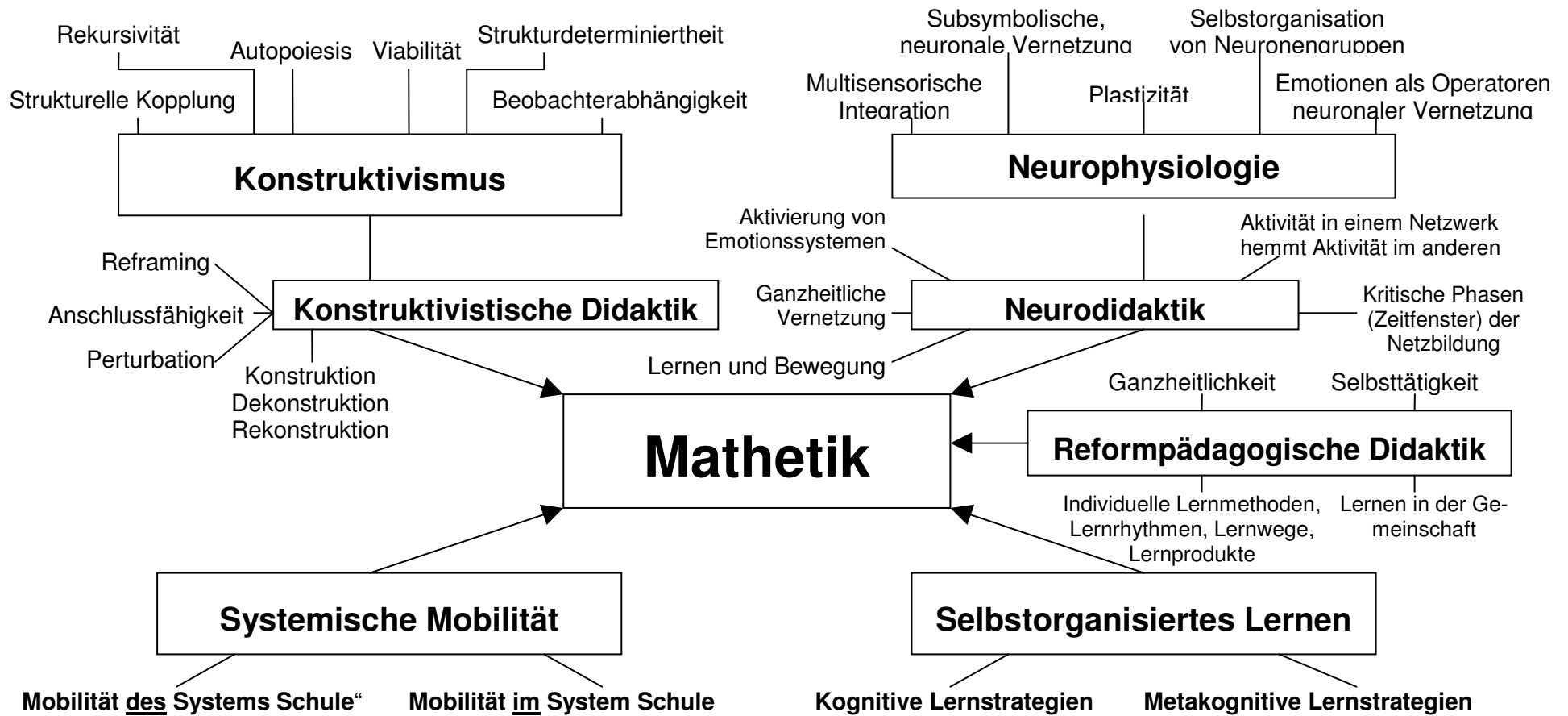


(vgl. Miketta 1997, S.24)

Die bisher dargelegten Überlegungen zur subjektiven Didaktik haben zu der Forderung geführt, dass die unterrichtswissenschaftliche Qualifikation von Lehrern um eine wesentliche Komponente erweitert werden muss. Neben der klassischen Qualifikation im Bereich der Didaktik (Lehre vom Lehren) muss es zu einer ebenso bedeutsamen Qualifikation im Bereich der Mathetik (Lehre vom Lernen) kommen (vgl. Chott 2003, Anton 2003).

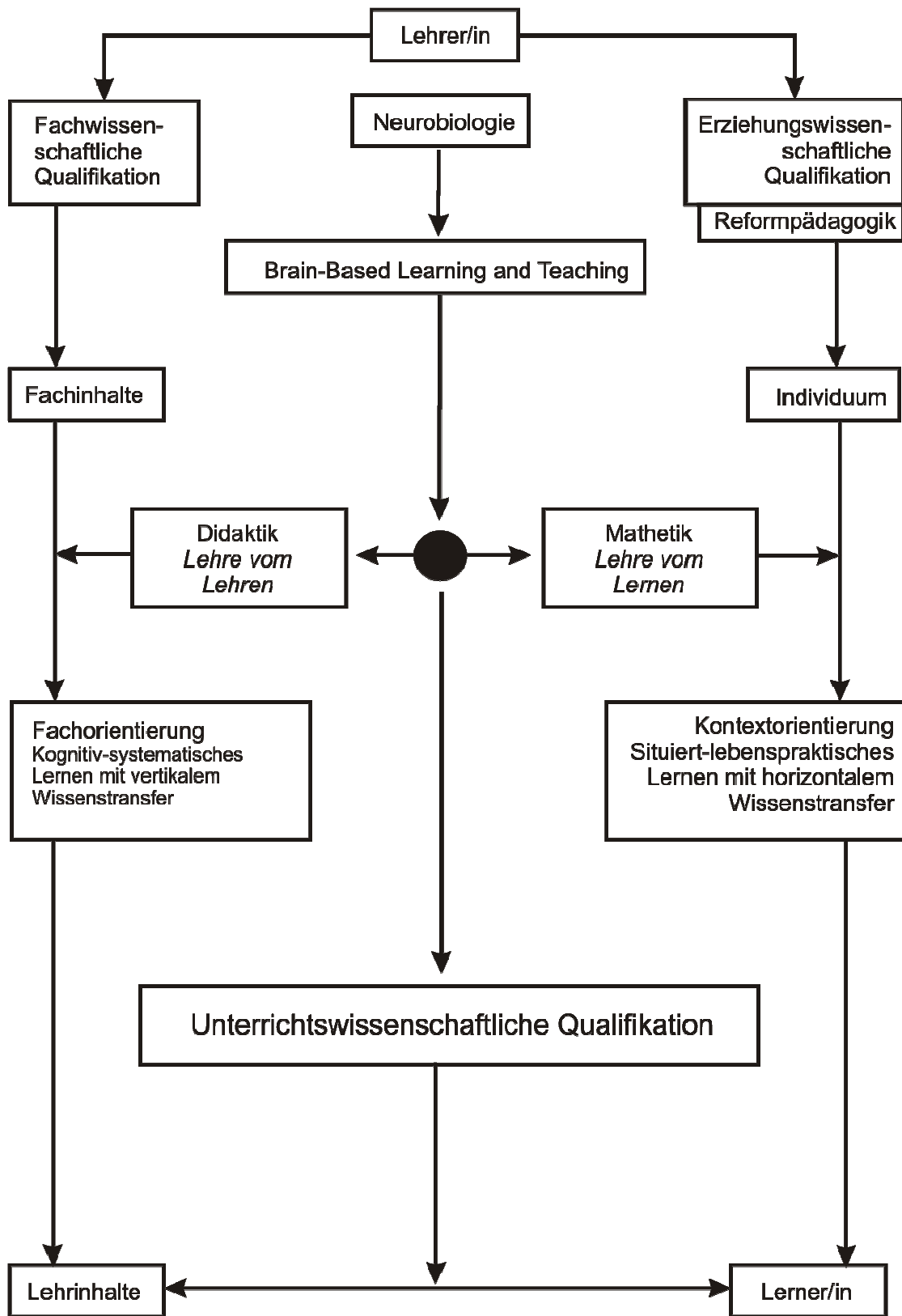
„*Mathetik* – verstanden als Gegenpol zur (lehrerorientierten) Didaktik – schließt das unterrichtliche Voranschreiten vom konkreten hin zum formalen Operieren ein. Sie relativiert die in der Lernziel-orientierten Didaktik betonte, dezidierte Evaluation dahin gehend, dass eine punktgenaue Lernzielkontrolle häufig nicht möglich und sinnvoll ist. *Mathetik* impliziert das konstruktivistische Verständnis von Lernen, das dieses als aktiven, selbst-organisierenden Prozess versteht, bei dem die je eigenen Wirklichkeiten des Individuums von diesem konstruiert werden“ (Chott 2003, S. 1).

Das folgende Schaubild verdeutlicht die bisher entwickelten konvergierenden Argumentationslinien bezüglich des Mathetikbegriffes:





In Anlehnung an Anton könnte man die Kohärenz von Didaktik und Mathematik im folgenden Schaubild darstellen:



(vgl. Anton 2003)

Der Zusammenhang von Didaktik (vertikaler Lerntransfer) und Mathematik (horizontaler Lerntransfer) wird ebenso von F. E. Weinert dargestellt: Weinert argumentiert, dass eine hohe Qualität von Lehr- und Lernprozessen unter den Bedingungen von z.B. lebenslangem Lernen in unmittelbarem Zusammenhang mit verschiedenen Bildungszielen stehe. Im Folgenden werden vier Bildungsziele Weinerts betrachtet. (Weinert 2000, S. 5 f.)

<b>1. Bildungsziel</b>
<p><b>Erwerb intelligenten Wissens</b> erfordert <b>vertikalen Lerntransfer</b> enthält <b>Anschlussfähigkeit für lebenslanges Lernen</b> wird begünstigt durch <b>lehrergesteuerten, aber schülerorientierten Unterricht.</b></p>

vgl. Weinert, 2000

Priorität misst der Verfasser dem „Erwerb intelligenten Wissens“ bei. Dazu führt Weinert aus, dass intelligentes Wissen sich dadurch auszeichne, dass es nicht nur materiales Wissen sei, sondern darüber hinaus auch flexibel nutzbare Fähigkeiten und Fertigkeiten sowie metakognitive Kompetenzen umfasse. (ebd.)

„Intelligentes Wissen zu besitzen heißt also, ein Wissen besitzen, das bedeutungshaltig und sinnhaft ist. Gut verstandenes Wissen ist ein Wissen, das nicht 'eingekapselt' ist, nicht tot im Gedächtnis liegt, nicht 'verlötet' ist, mit der Situation in der es erworben wurde, sondern das lebendig, flexibel nutzbar, eben intelligent ist.“ (Weinert 2000, S.5)

Weinert führt dazu weiter aus, dass anschlussfähiges, intelligentes Wissen in systematischer Weise erworben werden muss. Dies bedürfe einer Unterrichtsmethode, die sowohl durch den Lehrer gesteuert werde, als auch den Schüler ins Zentrum der Aufmerksamkeit rücke. Weinert argumentiert an dieser Stelle, dass es nicht in die Beliebigkeit des einzelnen Schülers gestellt sein könne, dieses Wissen zu erwerben. Es bedürfe daher der Verantwortlichkeit des Lehrers. (Weinert 2000, S. 6)

<b>2. Bildungsziel</b>
<p><b>Erwerb anwendungsfähigen Wissens</b> durch <b>situationsspezifische Erfahrungen</b> erfordert <b>horizontalen Lerntransfer</b> wird begünstigt durch <b>situationsspezifisches Lernen</b> wird erleichtert durch <b>Projektunterricht</b></p>

vgl. Weinert, 2000

Weinert betont in einem zweiten Bildungsziel den Erwerb von anwendungsfähigem Wissen. Dies impliziert den Widerspruch zwischen der Ausbildung von systematischem Wissen einerseits und situationsbezogenem, anwendungszentriertem Wissen andererseits.

Der Verfasser unterstreicht dabei die Bedeutung beider Aspekte und spricht sich für eine Ergänzung von lehrergesteuertem Unterricht durch projektiertes Arbeiten an sinnvollen, komplexen und transdisziplinären Problemen aus. (Weinert 2000, S.7)

<b>3. Bildungsziel</b>
<p><b>Erwerb variabel nutzbarer Schlüsselqualifikationen</b> erlaubt <b>vielfältige, flexible, variable Nutzung wichtiger Kompetenzen</b> (konkrete und abstrakte Kompetenzen) erfordert <b>vertikalen und horizontalen Lerntransfer</b> wird begünstigt durch <b>Kombination von lehrergesteuertem und schülergesteuertem Unterricht</b></p>

vgl. Weinert, 2000

Drittens stellt der Verfasser die Frage nach methodischem Wissen, Kenntnissen und Fertigkeiten, die in unterschiedlichen Tätigkeiten anwendbar sein können. Diese Schlüsselqualifikationen unterteilt Weinert in erstens konkrete Schlüsselqualifikationen und zweitens abstrakte Schlüsselqualifikationen:

Konkrete Schlüsselqualifikationen bezieht der Verfasser auf die sprachlichen Möglichkeiten des Lerners (Ausdruck, Fremdsprachen) sowie Medienkompetenz.

Als abstrakte Schlüsselqualifikationen kategorisiert Weinert in Anlehnung an die OECD persönliche Merkmale; z. B. Autonomie und Selbstmanagement. (Weinert 2000, S. 8)

<b>4. Bildungsziel</b>
<p><b>Erwerb von Lernkompetenz (Lernen lernen)</b> Erfordert <b>Expertise über das eigene Lernen</b> wird begünstigt durch <b>lateralen Lerntransfer</b> gefördert durch <b>angeleitetes und selbstständiges Lernen</b> <b>und Reflexion über erfolgreiches Lernen</b></p>

vgl. Weinert, 2000

Mit Blick auf die Anforderungen des lebenslangen Lernens unterstreicht Weinert viertens, die Bedeutung der Lernkompetenz von Lernern. Lerner müssten dabei zu Experten ihrer eigenen Lernprozesse werden und also eigenes Lernen planen, Lerngegenstände strukturieren und den eigenen Lernprozess überwachen und evaluieren. (Weinert 2000, S. 9)

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass Weinert mit seinen Bildungszielen sowohl eine didaktische Dimension aufzeigt (vertikaler Lerntransfer) als auch eine

Sichtweise andeutet, die mathetisch orientiert ist (horizontaler Lerntransfer). Dabei flankieren die genannten Bildungsziele hinsichtlich Schlüsselqualifikationen und Lernkompetenz den vertikalen und horizontalen Lerntransfer auf der Ebene formaler Bildung.

Deutlich wird dabei, dass sich vertikaler und horizontaler Wissenstransfer ergänzen müssen, da diese beiden Bildungsziele nur in ihrer Summe sowohl für systematisch strukturiertes als auch anwendungsfähiges Wissen stehen.

Darüber hinaus sind die Bildungsziele betreffend Schlüsselqualifikationen und Lernkompetenz in direkter Weise auf eine Verschränkung von vertikalem und horizontalem Lerntransfer bezogen:

Schlüsselqualifikationen werden unter dieser Perspektive als konkrete und abstrakte Qualifikationen betrachtet, die bei Lernprozessen als Nebenprodukte entstehen. Metakognitive Kompetenzen des Lernalers über sein eigenes Lernen rückt Weinert ebenso als lateralen Lerntransfer in den Fokus.

Die bisherigen Überlegungen zur Mathetik (Didaktik) sind in den 12 Prinzipien des „Brain-Based Learning and Teaching“ von Arnold systemisch zusammengefasst.

„Es geht darum, herauszufinden, wie das, was gelernt wird, mit dem verknüpft werden kann, was der Lernende schon weiß, und die Erfahrungen und Informationen verbunden werden können. Die wichtigste Aufgabe des Gehirns ist es, durch das Finden von gemeinsamen Strukturen und Beziehungen, sinnvolle Verbindungen zwischen vorherigen Erfahrungen und neuen Informationen herzustellen. Die Aufgabe eines Lehrers ist es folglich, dabei Hilfestellung zu geben. Die wesentlichen Kriterien für „Brain-Based Learning and Teaching“ sind damit:

- Sinnvolles Lernen (“meaningful learning“),
- Einbeziehung der Erfahrung des Schülers (“capitalising on experience“).

Da ein Schüler ständig damit beschäftigt ist, Verbindungen auf vielerlei Ebenen zu suchen und herzustellen, ist es die primäre Aufgabe des Lehrers, die Erfahrungen, die der Schüler als Verständnishilfen benutzt, zu modellieren, zu orchestrieren (“orchestrate the experiences“).“ (Arnold 2002, S. 108)

Erstes Prinzip:

Der Mensch als wachsender (lernender) Organismus interagiert mit der Umwelt auf kognitiver, emotionaler und physiologischer Ebene. Dieser Wachstumsprozess (Lernprozess) kann nicht von außen gesteuert, sondern nur durch Perturbation beeinflusst werden.

Lernen und Handeln basieren auf der individuellen Konstruktion von Sinnhaftigkeit (vgl. Arnold 2002, S. 109 – 111).

Zweites Prinzip:

Der Mensch als lernender Organismus ist auf soziale Interaktion angewiesen. Interaktion (Kommunikation) kann als ein biologisch bedingter Prozess betrachtet werden, der sich im Spannungsfeld von internem (viablen, nichtviablen) Modell und Außenwelt vollzieht. Unterrichtswissenschaftliche Kompetenz von Lehrern ist demnach durch didaktisch begründete Forderung und mathetisch begründete Förderung gekennzeichnet (vgl. Arnold 2002, S. 111 – 112).

#### Drittes Prinzip:

Der Mensch als lernender Organismus ist ständig auf der Suche nach Sinn, nach sinnhaften Konstrukten, die das Überleben in einem umfassenden Sinne sichern sollen. Die Konstruktion von Sinn erfolgt je individuell. Aufgabe des Lehrers ist es daher, ein didaktisch/mathematisch anspruchsvolles Umfeld zu schaffen, in dem der Schüler seinem angeborenen Drang nach Sinnsuche nachgehen kann (vgl. Arnold 2002, S. 112 – 113).

#### Viertes Prinzip:

Der Mensch als lernender Organismus bildet (besitzt) neuronale Muster als sinnstiftende kategoriale Konstruktionen. „Meaningful Learning“ bedeutet, den multisensorischen Input einer vielseitigen Lernumwelt auf grundlegende Muster zurückzuführen. Es gilt: Reduktion von Komplexität durch Produktion metakognitiver Kompetenzen, intelligenten Wissens (vgl. Arnold 2002, S. 113 – 115).

#### Fünftes Prinzip:

Der Mensch als lernender Organismus konstruiert übergeordnete Muster im kognitiv-emotionalen Interferenzprozess. Erfolgreiches Verstehen / nachhaltiges Lernen heißt daher, eine emotionale Beziehung zum Lerngegenstand („felt meaning“) aufzubauen (vgl. Arnold 2002, S. 115 - 116).

#### Sechstes Prinzip:

Der Mensch als lernender Organismus ist in seiner strukturellen Kopplung mit der Umwelt konstruktiv tätig. Dieser Konstruktionsprozess ist durch die Parallelität von Ganzheit und Detailanalyse im Wahrnehmungs- und Verarbeitungsbereich geprägt. „Brain-Based Learning and Teaching“ führt daher zu der Forderung nach einem vernetzten Lehr-/Lernangebot (vgl. Arnold 2002, S. 116 - 117).

#### Siebtens Prinzip:

Der Mensch als lernender Organismus konstruiert den primären Lerninhalt eingebettet in ein sekundäres Sensorfeld. Dieses Sekundärfeld darf in seiner Einflussnahme auf kognitive (primäre) Prozesse nicht unterschätzt werden. Hier gilt die Forderung nach Schaffung eines positiven Lernklimas (vgl. Arnold 2002, S. 117- 118).

#### Achstes Prinzip:

Der Mensch als lernender Organismus konstruiert Sinn emergent innerhalb kognitiver Netzwerke. Emergenzprozesse (zum Beispiel „Aha-Erlebnisse“) verlaufen auf der Zeitschiene und teilweise unbewusst, das heißt sie können in Lehr-/Lernsituationen häufig nur angestoßen werden (vgl. Arnold 2002, S. 118 – 120).

#### Neuntes Prinzip:

Der Mensch als lernender Organismus verfügt über zwei unterschiedliche Speichersysteme:

Das „taxon memory system“ ist auf Fakten – und nicht auf Strukturspeicherung ausgelegt und durch Übung und Rekapitulation gekennzeichnet.

Das „local memory system“ ist auf vernetzte Speicherung ausgerichtet – Speicherung und Verarbeitung erfolgen in Erlebenskontexten. Lehr-/ Lernsituationen sollten so angelegt werden, dass beide System synergetisch zusammengeführt werden (vgl. Arnold 2002, S. 120 – 122).

#### Zehntes Prinzip:

Der Mensch als lernender Organismus entwickelt aufgrund der Plastizität des Gehirns permanent neue (größere) und leistungsfähigere neuronale Netzwerke. Neben einer anregenden Lernumgebung (horizontaler Lerntransfer) spielt die Eigenerfahrung der Lehrperson (vertikaler Lerntransfer) eine ebenso wichtige Rolle im Entwicklungsprozess von neuronalen Netzwerken (vgl. Arnold 2002, S. 122–123).

#### Elftes Prinzip:

Der Mensch als lernender Organismus kann durch hohe Herausforderungen ("high challenge") in einem positiven Lernklima zu optimalen Lernleistungen gelangen. Wichtig für den Lerner ist hierbei die Erfahrung der Selbstwirksamkeit.

Negativ emotional besetzte Lehr-/Lernsituationen führen hingegen zur Reduktion von Selbstvertrauen ("downshifting") (vgl. Arnold 2002, S. 123-126).

#### Zwölftes Prinzip:

Der Mensch als lernender Organismus ist aufgrund zufälliger Wechselwirkungen zwischen der genetisch bedingten Netzwerkvorstruktur und der Vielfältigkeit des sensorischen Inputs ein einmaliges Konstrukt. Durch Beobachtung zweiter Ordnung (Analyse metakognitiver Strukturen) / Dekonstruktion können Lehrende je individuelle Lernwege der Lernenden ermöglichen (vgl. Arnold 2002, S. 126-127).

Auch Friedrich/Preiß haben sieben „Lehren“ aus der Neurowissenschaft für die Didaktik/Mathematik entwickelt (vgl. Friedrich/Preiß 2003)

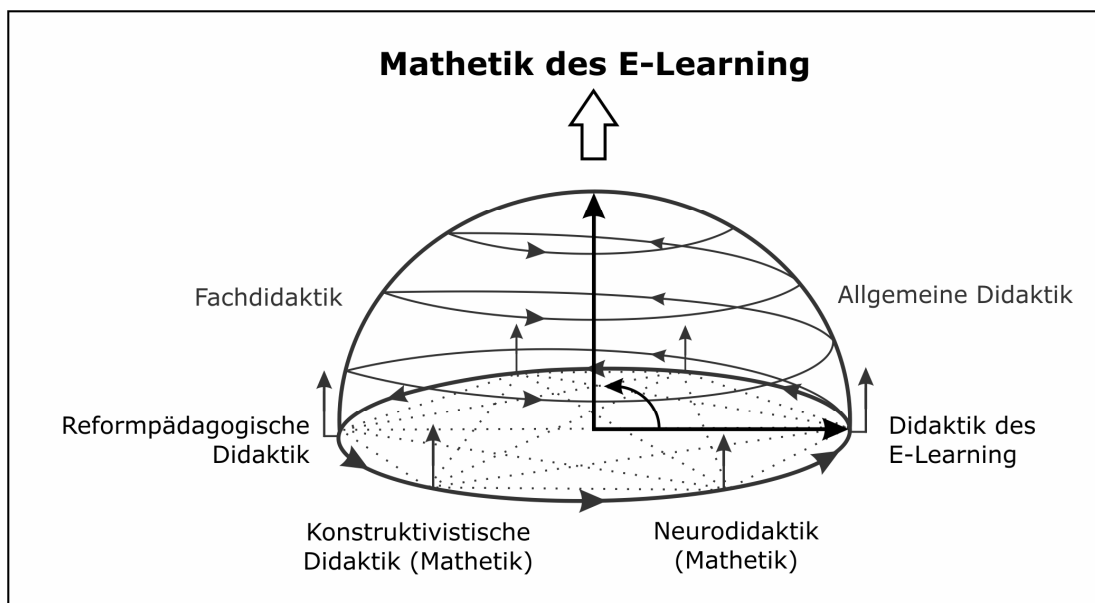
1. Der hohe Grad der neuronalen Vernetzung (jedes Neuron kann im Prinzip mit jedem anderen Neuron kommunizieren) kann als Argument für eine ganzheitliche Erziehung und Bildung herangezogen werden.
2. Die Plastizität des ZNS liefert eine direkte Argumentation für lebenslanges lernen.  
Passivität des ZNS führt zu Abbau von Vernetzung, Aktivität führt zu Aufbau von Vernetzung.
3. Der mathetische Zugang zum Lernen fordert die Konzentration auf einen Lernkomplex, denn die Aktivität in einem neuronalen Netzwerk hemmt die Aktivität in anderen Netzwerken.
4. Das emotionale Umfeld von Lernsituationen wird parallel zu den kognitiven Inhalten mitgespeichert und bei der Reproduktion des Gelernten wieder mitgeliefert.
5. Bei der Entwicklung des ZNS stoßen Umweltsignale auf genetisch vorstrukturierte Netzwerke. Diese Weiterentwicklung der Netzwerke erfolgt durch Vielfalt und gleichzeitig durch stabile Ordnung (Wiederholung).
6. Nach Lurija kann das ZNS in drei Grundeinheiten aufgeteilt werden:
  - a. Steuerung des Tonus, der Wachheit und der psychischen Zustände.
  - b. Aufnahme, Verarbeitung und Speicherung von Informationen.
  - c. Programmierung, Steuerung und Kontrolle von Tätigkeiten.

Alle drei Einheiten sind eng miteinander verbunden; diese Verbundenheit führt zu einer Optimierung von Lernprozessen (bewegtes Lernen, Handlungslernen).

- Die Lateralität des ZNS beschreibt eine „Spezialisierung“ beider Hemisphären. Didaktisch/mathetisch wichtig ist hierbei die gleichmäßige Nutzung beider Hemisphären.

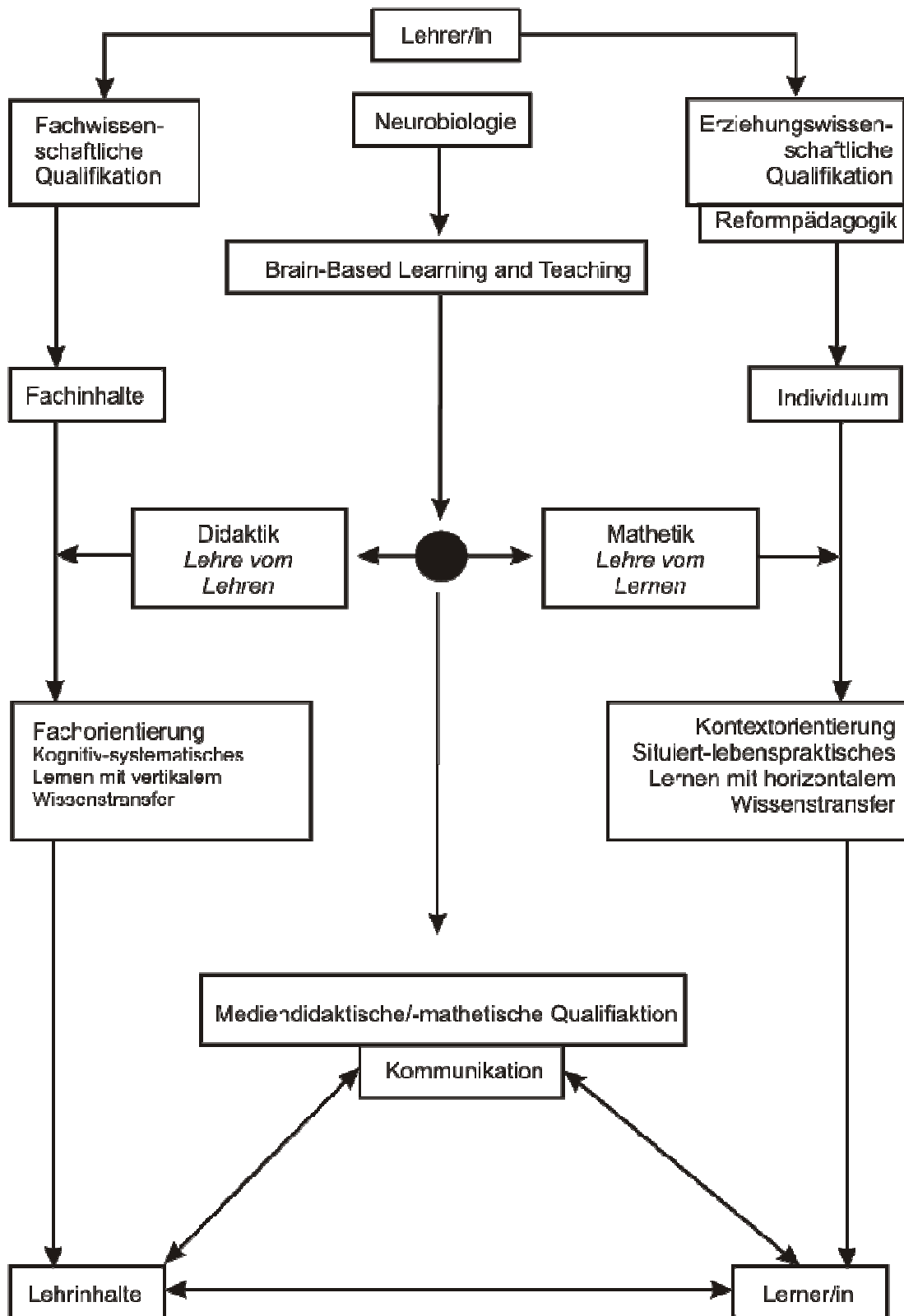
### Mathetik des E-Learnings

In einer durch die Informations- und Kommunikationstechnologie geprägten Wissensgesellschaft wird in einem hohen Maße selbstorganisiert gelernt, was mit einem Bedeutungsverlust von Lehre einhergeht. Mehr noch als für die allgemeine Unterrichtstheorie gilt es daher neben einer bereits bestehenden Didaktik des E-Learnings eine Mathetik des E-Learnings zu entwickeln (vgl. Bronkhorst, 2002):



vgl. Koizumi 2003, S. 113

Unterrichtswissenschaftlich kann auch hier zwischen einer mediendidaktischen und einer medienmathetischen Qualifikation der Lehrenden – im folgenden Schaubild – unterscheiden werden.



Die bisher im allgemeinen unterrichtswissenschaftlichen Kontext verfolgte Unterscheidung zwischen Didaktik und Mathetik lässt sich auch auf die medienpädagogischen Ansätze von Kerres und Tulodziecki/Herzig projizieren.



Die gestaltungsorientierte Mediendidaktik, wie sie von Michael Kerres (2000) formuliert wird, ermöglicht an diesem Punkt eine vertiefende Betrachtung der grundlegenden Fragen des E-Learnings. Von zentraler Bedeutung scheint im Zusammenhang mit der Begründung einer Mathetik des E-Learnings der Aspekt der *Qualität von Interaktionen* zwischen Lernern und Medien zu sein, da diese nach Kerres den medialen Lernprozess im Wesentlichen prägen (vgl. Kerres 2000, S. 37). Es ist in diesem Kontext zweierlei zu hinterfragen.

Erstens: Welche Rolle spielen elektronische Medien in alltäglichen Lernprozessen und wie unterscheidet sich eine dezidiert geschaffene Lernumgebung von alltäglichen Informationsquellen?

Zweitens: Welche Anforderungen werden aus Sicht der gestaltungsorientierten Mediendidaktik an ein Medium gestellt und welche Konzepte liegen zur Erfüllung dieser Ansprüche vor?

Es sei eingeräumt, dass eine Beantwortung dieser Fragen an dieser Stelle mit Verkürzungen und Weglassungen behaftet ist und eine vollständige Ausführung aller Aspekte nicht erfolgen kann; stattdessen sollen nachfolgend die Impulse der gestaltungsorientierten Mediendidaktik für die Entwicklung einer Mathetik des E-Learnings kurz dargelegt werden.

Durch das Fortschreiten der Computertechnologie für den Privatanwender haben sich auch entscheidende neue Informationsquellen in der alltäglichen Lebenswelt (z. B. Internet) aufgetan. Medial vermittelte Lern- und Erfahrungswelten nehmen dadurch mehr denn je Einfluss auf alltägliches Lernen und sind namentlich in den folgenden Bereichen bedeutsam: Autodidaktisches Lernen (z. B. die vorläufige Klärung eines Begriffs bei Wikipedia), Lernen in Selbstlernzentren (virtuelle und reale Mediotheken), Lernen in einem koordinierten Medienverbund (Selbststudium und Lerngruppen), konventionelles Fernlernen und Tele-Lernen mit web-basierten Lernmaterialien und Kommunikationsprozessen (ebd., S. 32).

Diese Elemente sind - im besten Falle - in eine Umwelt gebettet, die den Lernprozess besonders anregt: Beispielsweise als Teil eines betreuten Fernstudien- oder Weiterbildungssystems. Besondere Bedeutung kommt der Eigenaktivität des Lerners zu, obschon der (indirekten) Regulierung des Lernverhaltens ebenfalls Bedeutung beigemessen wird (ebd.).

Der Begriff der Lernumgebung umfasst damit nicht nur das technische Umfeld und die Materialien, sondern unterstreicht die Bedeutung von einem sozialen Kontext, innerhalb dessen sich z. B. die individuelle Betreuung und Unterstützung eines Lerners abspielt. Dies sieht Kerres als Voraussetzung für den Erfolg einer medialen Lernumgebung (ebd. S. 34).

Man kann somit die erste Frage dahingehend beantworten, dass (nahezu) jedermann Zugriff auf elektronische Informationsmedien erhalten und für alltägliches Lernen nutzen kann.

Es ist dabei zwischen elektronischen Informations- bzw. Lernangeboten, die mehr oder minder frei verfügbar sind und einer mehr oder minder abgeschlossenen Lernumgebung, die eigens geschaffene Lernmedien und/oder weitere „fremde“ Ressourcen in einen sozialen Kontext – z. B. eine Lerngruppe – bettet, zu unterscheiden.

Damit ergeben sich Forderungen an die Qualität(en) von Lernmedien wie Lernumgebungen gleichermaßen. Diese lassen sich – eingehend auf die zweite Frage – wie folgt skizzieren:

Didaktisch wertvolle Medien lassen sich nicht an Qualitäten wie Navigation, Layout und Typografie bemessen (ebd. S. 36), sondern müssen auch die Umgebungsvariablen des jeweiligen Medieneinsatzes berücksichtigen: Orientierung am Vorwissen der Zielgruppe, angemessen sequenzierte Lernpfade und Berücksichtigung von fallgebundenem Wissen skizziert Kerres als basale Qualitätsindikatoren für elektronische Lernmedien (ebd.).

Einen präskriptiven Ansatz der Lehr-Lernforschung, der aufs engste an die gestaltungsorientierte Mediendidaktik gekoppelt ist, stellt das *Didaktische Design* dar; DD thematisiert die Planung und Gestaltung von Lernangeboten und stellt diese Prozesse auf eine professionelle Basis (vgl. ebd. S.39). Es erscheint im Zusammenhang mit der Begründung einer Mathetik des E-Learnings wichtig darauf hinzuweisen, dass DD nicht auf eine Technik der Instruktion zu reduzieren ist, da im Rahmen des DD medial gestützte Lernprozesse nicht nur im Sinne programmierter Unterweisungen durch das Medium betrachtet werden, sondern alle Strukturen von medial gestützten Lehr-/Lernprozessen – also auch nichtlinear verlaufende Prozesse (vgl. PNI). Didaktisches Handeln im Sinne von DD ist kein linear anwendbarer Algorithmus, sondern muss als intuitive, kreative Aufgabe gesehen werden, deren Ziel eine optimale Interaktion der Lernenden mit einem Medium ist (ebd. S. 40).

Didaktisches Design im Bereich der Mediendidaktik bedeutet damit letztlich auch eine präzise und erschöpfende Planung der Interaktionsmuster von Lernern und Medien. Dies ist dadurch bedingt, dass – im Gegensatz zu personalem Unterricht – die Möglichkeiten zur Interaktion bei mediengestütztem Lernen durch die Gestaltung des Mediums definiert sind (Programmierung); und damit einhergehend auch die Qualität der Interaktionen (ebd., S.32).

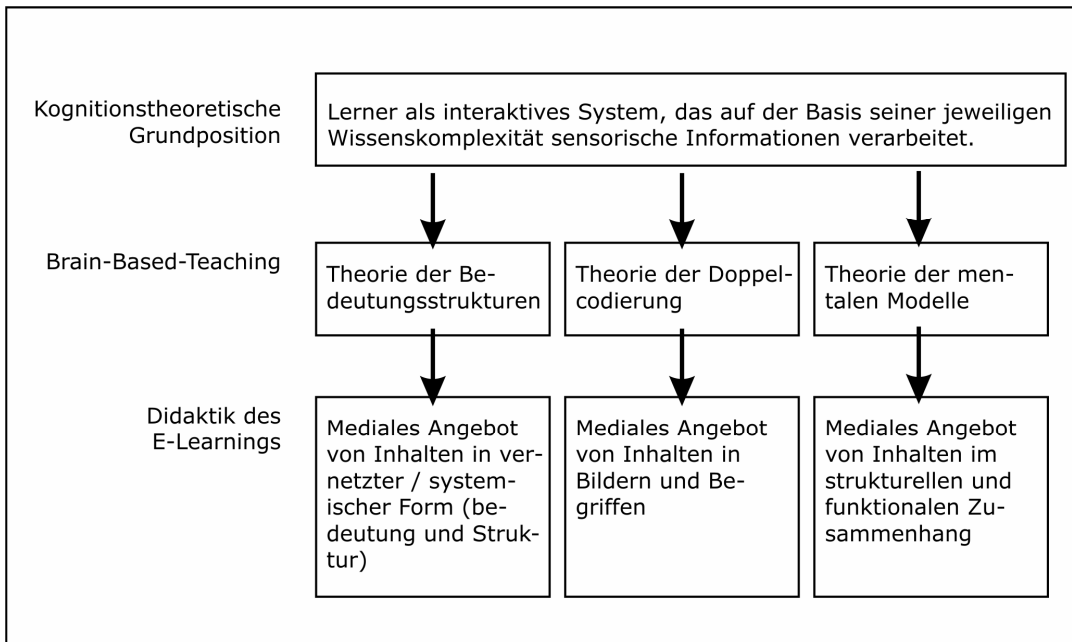
Aus diesem Grund ist bei jeder Frage, Information, Darstellung zu überlegen:

„Werden die Adressaten die Darstellung verstehen? Was kann angeboten werden, wenn dies nicht der Fall ist? Wie kann an dieser Stelle die Motivation, die kognitive Aktivierung oder soziale Kooperation gefördert werden? ... Die Qualität möglicher Interaktion von Lernern mit dem Medium ist unmittelbar an die Medienkonzeption gebunden.“ (ebd.)

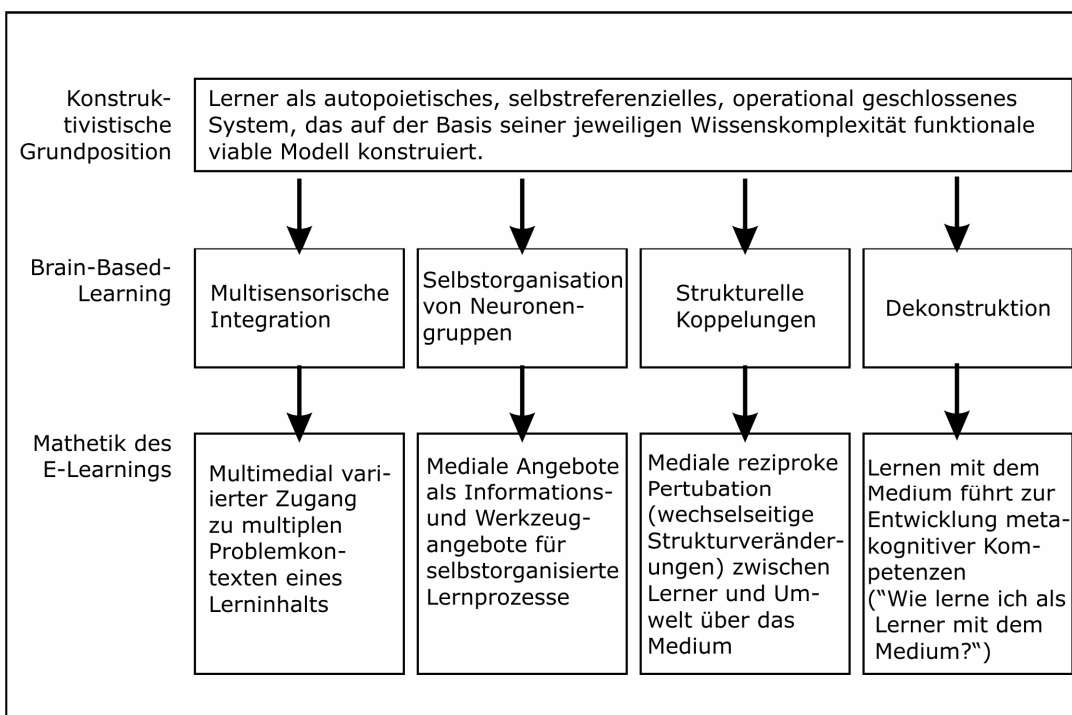
Zusammenfassend betrachtet sind bei der Gestaltung bzw. Bewertung elektronischer Lernmedien aus Sicht einer Mathetik des E-Learnings Faktoren die folgenden Felder zu berücksichtigen:

- a.) Lernerorientierte (vgl. b.) Adressierung eines bestimmten Bildungsproblems.
  - b.) Analyse des didaktischen Feldes bzw. Passungscharakters eines Lernmediums
  - c.) Möglichkeiten der sozialen Interaktion bei der Arbeit mit dem Lernmedium.
- (ebd. S.47)

Tulodziecki/Herzig (T./H.) haben eine Didaktik (vertikaler Lerntransfer) des E-Learnings auf kognitionstheoretischen und eine Mathetik (horizontaler Lerntransfer) des E-Learning auf konstruktivistischen Grundpositionen entwickelt. Das Didaktikkonzept von T./H. kann vereinfacht im folgenden Schema dargestellt werden (vgl. T./H. 2002, S. 80-83):



Das Mathetikkonzept ist von T./H. nicht so detailliert wie das Didaktikkonzept entwickelt worden (vgl. T./H. 2002, S. 83 f.). Das folgende Schaubild stellt eine Weiterentwicklung des Ansatzes von T./H. dar:



**Schlussbemerkung:**

Die pädagogisch-praktischen Konsequenzen aus einer Synthese von Didaktik und Mathematik sind nicht wirklich neu. Die Ergänzung (teilweise Ersetzung) des Lehrer-Instruktions-Modells durch das Schüler-Konstruktions-Modell (vgl. Herrmann 2006, S. 112) ist schon durch die Reformpädagogik realisiert worden. Neu ist jedoch der transdisziplinäre Begründungshintergrund bestehend aus konstruktivistisch-systemtheoretischen, neopragmatischen und neurophysiologischen (psycho-neuro-immunologischen) Modellen.

## Literatur:

- Anton, M.A.: Lehrwissenschaftliche Qualifikationen. [www.chemie.uni-muenchen.de/didaktik](http://www.chemie.uni-muenchen.de/didaktik) 2003
- Anton, M.A.: Erziehen und Sich-bilden – Lehren und Lernen – Didaktik und Mathetik. In: Lernwelten 2/2003
- Arnold, M.: Aspekte einer modernen Neurodidaktik. Emotionen und Kognitionen im Lernprozess. München 2002
- Berendt, B. / Voss, H.-P. / Wildt, J. (Hrsg.): Neues Handbuch Hochschullehre. Berlin 2002
- Bronkhorst, J.: Basisboek ICT en Didactiek, HBUitgevers, Baarn 2002.
- Chott, P.O.: Die Entwicklung des MATHETIK-Begriffs und seine Bedeutung für den Unterricht der (Grund-)Schule. In: Pädagogisches Forum Heft 4, 1998
- Chott, P.O.: [www.schulpaed.de](http://www.schulpaed.de), 2003, S. 1
- Ciampi, L.: Die emotionale Grundlage des Denkens. Göttingen 1997. Zit. nach: Siebert, H.: Pädagogischer Konstruktivismus. Neuwied 1999, S. 29-31
- Eichelberger, H.: Die Bedeutung der Reformpädagogik. In: Kohlberg, W.D. (Hrsg.): Europäisches Handbuch Reformpädagogischer Seminardidaktik. Osnabrück 2002
- Freinet, C.: Pädagogische Texte. Reinbek 1980
- Friedrich, G.; Preiß, G.: BEITRÄGE UND BERICHTe - Neurodidaktik. Bausteine für eine Brückenbildung zwischen Hirnforschung und Didaktik. In: Pädagogische Rundschau. Bd. 57 (2003), Heft 2, Frankfurt (M): Lang S. 181 - 200
- Frey, K. et.al.: Biologische Hypothesen zum dominierenden Lehr-Lernverfahren in Schulen. In: Bildung und Erziehung Heft 3/1999
- Gaudig, H.: Die Schule im Dienste der werdenden Persönlichkeit. Leipzig 1922
- Glaserfeld, E.v.: Aspekte einer konstruktivistischen Didaktik. In: Landesinstitut für Schule und Weiterbildung (Hrsg.): Lehren und Lernen als konstruktive Tätigkeit. Soest 1995
- Greif, S. / Kurtz, H.-J.: Handbuch Selbstorganisiertes Lernen. Göttingen 1993
- Hagstedt, H. (Hrsg.): Freinet-Pädagogik heute. Weinheim 1997
- Herrmann, U.: Neurodidaktik. Weinheim, Basel 2006.
- Hüholdt, J.: Wunderland des Lernens. Sprockhövel 1990
- Kerres, M.: Multimediale und telematische Lernumgebungen. München 2000.
- Kock, R.: Freinet – Ein Vorläufer konstruktivistischer Didaktik? In: Fragen und Versuche Heft 105, September 2003
- Koizumi, H.: In OECD (Hrsg.): Wie funktioniert das Gehirn? Paris: OECD Publikation, 2003. S. 113f.
- Konrad, K. / Traub, S.: Selbstgesteuertes Lernen in Theorie und Praxis. München 1999
- Kösel, E.: Die Modellierung von Lernwelten. Elztal-Dallau 1993
- Maturana, H./Varela, F.: Der Baum der Erkenntnis. München 1987
- Miketta, G.: Netzwerk Mensch. Reinbek 1997
- Petersen, P.: Der Jena-Plan einer freien allgemeinen Volksschule. Langensalza 1927
- Reich, K.: Systemisch-konstruktivistische Pädagogik. Neuwied, Kriftel 2000
- Schusser, G.: Sensorische Integration. Unveröffentlichtes Seminarmanuskript. Osnabrück 2002
- Siebert, H.: Pädagogischer Konstruktivismus. Neuwied 1999
- Spitzer, M.: Geist im Netz: Modelle für Lernen, Denken und Handeln. Heidelberg, Berlin 2000
- Stachowiak, H.: Allgemeine Modelltheorie. Wien 1973
- Stachowiak, H. (Hrsg.): Modelle – Konstruktion der Wirklichkeit. München 1983
- Tulodziecki, G.; Herzig, B.: Computer & Internet im Unterricht: medienpädagogische Grundlagen und Beispiele. Berlin: Conelsen Scriptor 2002. (=Studium Kompakt).
- Wagenschein, M.: Die Pädagogische Dimension der Physik. Braunschweig 1962
- Weinert, F. E.: Lehren und Lernen für die Zukunft - Ansprüche an das Lernen in der Schule. Vortragsveranstaltung mit Prof. Dr. Franz E. Weinert, Max-Planck-Institut für psychologische Forschung, gehalten am 29. März 2000 im Pädagogischen Zentrum in Bad Kreuznach  
<http://66.249.93.104/search?q=cache:ySMEJgaVGsYJ:sform.bildung.hessen.de/gymnasium/skii/braucht-grund/pool/weinert+weinert+%2B+lehren+und+lernen+f%C3%BCr+die+zukunft&hl=de>  
Letzter Zugriff: 06.09.2005
- Weißbuch der Kommission der Europäischen Gemeinschaften zur allgemeinen und beruflichen Bildung „Lehren und Lernen“ (KOM(95) 590 endg.; Ratsdok. 125488/95)
- Werning, R.: Anmerkungen zu einer Didaktik des Gemeinsamen Unterrichtens. In: Zeitschrift für Heilpädagogik 11/96



# Mathetics

Mathetics of E-Learning

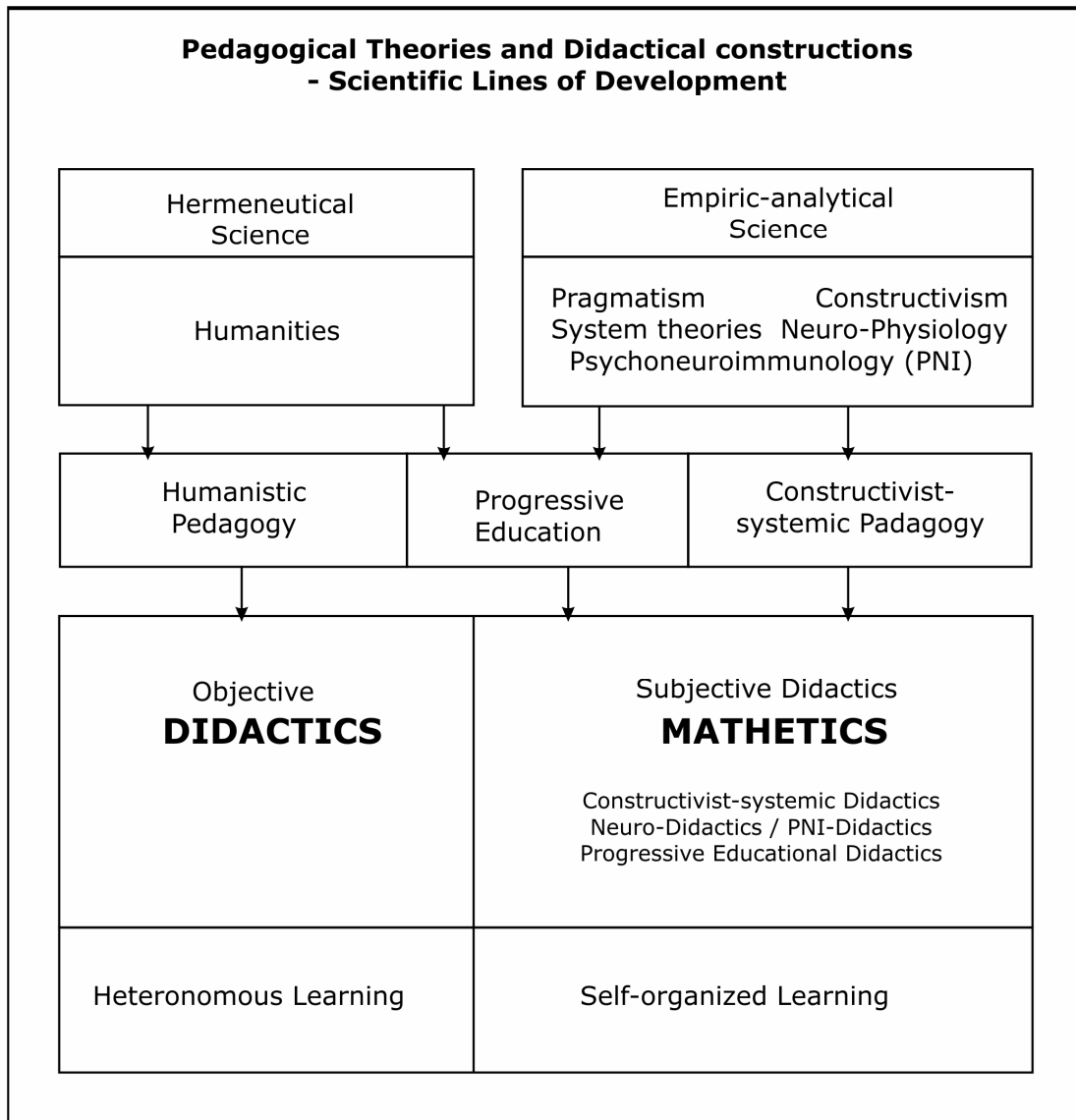
Traditionally, the culture of teaching and learning is characterized by the paradigm of humanistic pedagogy. From the view of didactics - as core range for professionalism in teacher training – a prevailing didactical model developed, in particular coined by the teaching-theoretical didactics which I would like to call “the objective model” (objective didactics).

This teaching/learning culture formed by the teaching-theoretical didactics is on the one hand characterized by a high educational requirement, i.e. the systemic linkage of target, contents, method and medium and, on the other, by increasing stress for the teacher who with his very best intentions regards the pupil as an object. Due to the all inclusive responsibility of the teacher and due to the increasingly divergent and complex structure of the groups of learners and situations of learning, the teacher who orientates his classes along the principles of objective didactics will find himself more and more involved in situations of instruction which he is utterly unable to cope with.

In the present course of outlining new progressive didactical models, an alternative form is being developed, the “model of mathetics” that attributes a new role to the person of the teacher (cp. Kösel 1993). This new model can be seen as a kind of “teachings of learning” and is – referring to J. A. Comenius – named “Mathetics” in this essay.

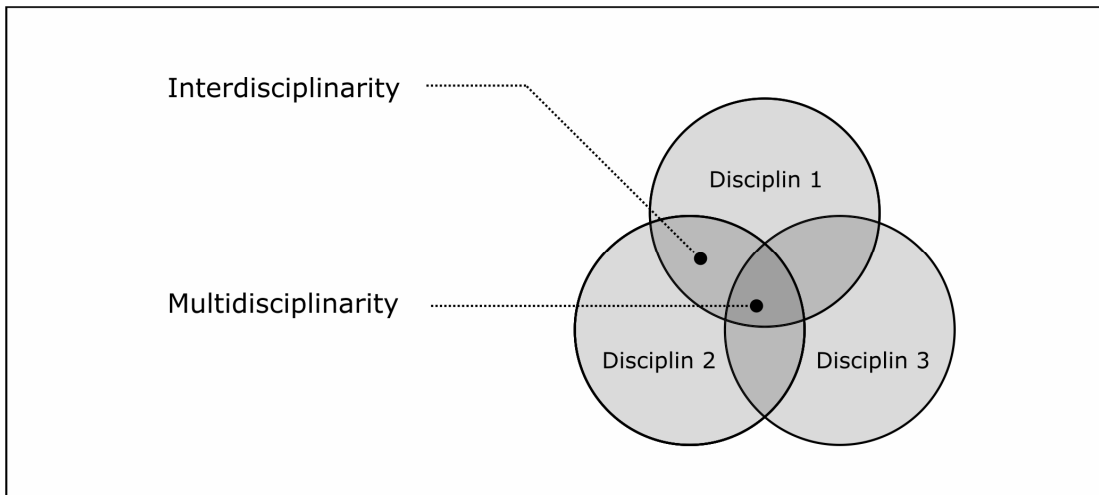
Based on new progressive educational ideas and reinforced by insights from constructivism and system-theories as well as neuro-physiology a didactical model emerges which no longer is oriented towards the model of the omnipotent teacher but transfers large parts of the situation of learning to the responsibility of the learner. Obviously, the general discourse on school development is also to be seen in the context of change of paradigm, in particular where the construction of didactical models is concerned. This change of paradigm is illustrated in the following graphic:





Mathetics are not developed from the point of view of inter- or multidisciplinary, but in the tradition of transdisciplinarity.

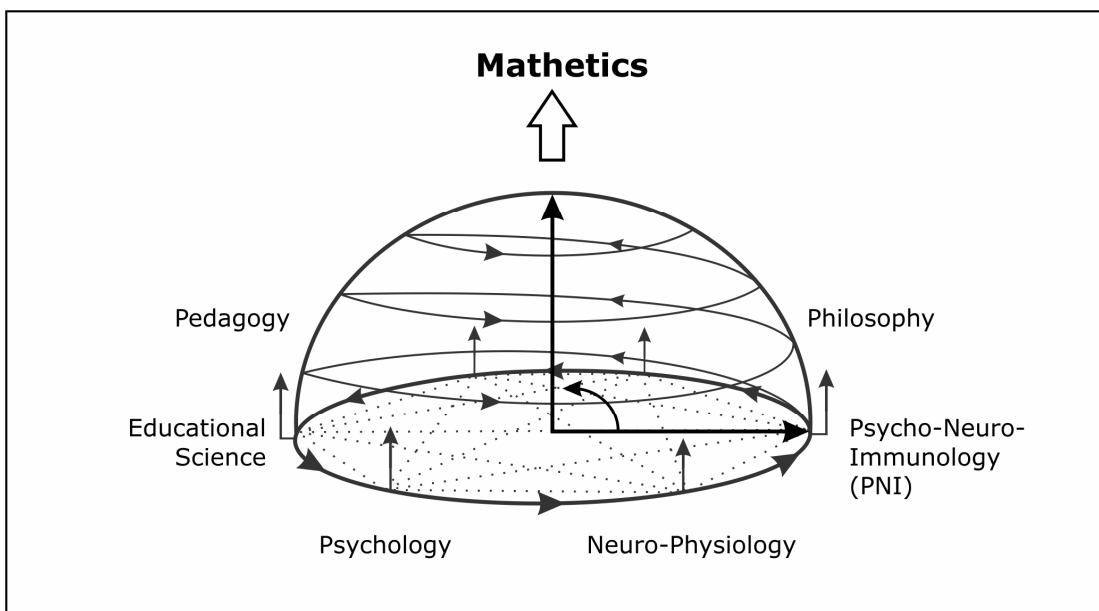
New areas of scientific research cross the borders of single subjects (e.g. the Cognitive Sciences, Environmental Sciences), thus, they can not be perceived as groups or simple combinations of some related scientific disciplines. Subjects of inter- or multidisciplinary are conceived in two dimensions (overlapping areas), which neglects dynamics in the linkages between subjects in highly complex scientific structures.



cp. Koizumi 2003, p. 113

In inter- or multidisciplinary fields of research findings of numerous related disciplines are picked out to build new scientific concepts that cross the borders of Empiric-Analytical Sciences, Humanities and Social Sciences.

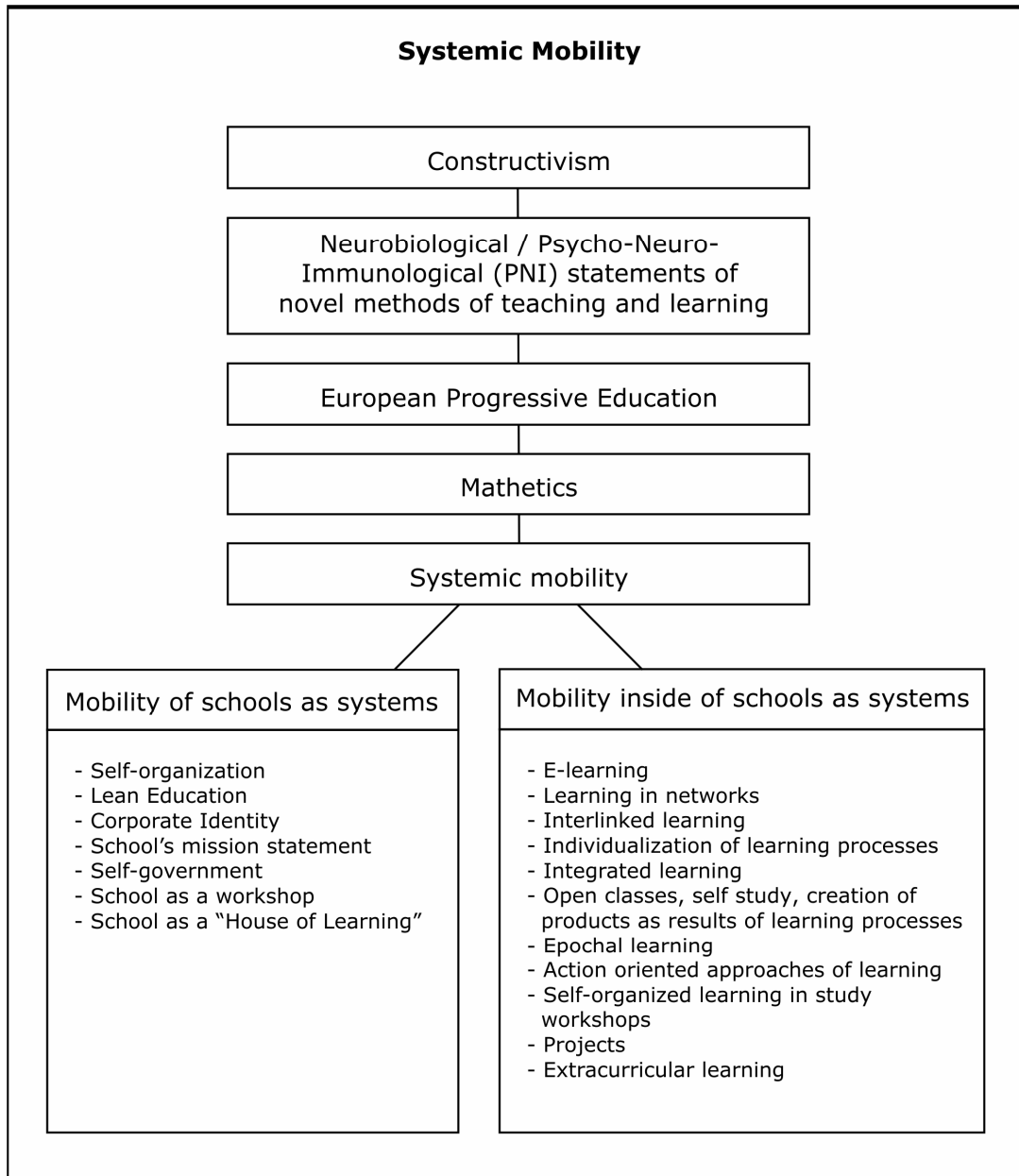
The concept of transdisciplinarity fills a three-dimensional space. It is based on linkages between numerous disciplines on a lower hierarchic level, but the concept itself goes into a higher hierarchic dimension (transdisciplinary vector). Transdisciplinarity means bridging the gaps between – fundamentally – different disciplines and there merging to the maximum extent which leads to a new scientific discipline.



cp. Koizumi 2003, p. 113

In 1995, the EU-Commission published the "White book of Teaching and Learning" that outlined a new model of teaching and learning. This white book underlines the aim of providing a contribution to the development of a high-class education (teacher training). Such a kind of literacy must be understood as a conclusion of holistic-systemic, interlinked and lifelong learning processes. Seen from the the point of view of educational sciences/teacher training this leads to a process of rethinking education that is overdue anyway. This demand can absolutely be seen as an update to the crucial ideas

of the European progressive education and therefore it is a European pedagogical inheritance. From the point of view of latest movements of progressive education, a major educational aim is illustrated in the white book of the EU that shall be called "systemic mobility" in the context of this essay: it implies a self-organized mobility of individuals in teaching and learning within complex and interlinked educational systems and institutions and furthermore a self-organized mobility of the educational system itself and its constitutive institutions.



The concept of systemic mobility is intended as an attempt to define a theoretical framework for classes and school in general as an answer to the so called three great revolutions taking place nowadays. The white book of the EU defines them as follows:

1. Development towards an information society.
2. Globalization of economy.
3. Continuously accelerating advance of technology.

“Systemic learning” can be understood as a path towards systemic mobility that is characterized in the white book through seven aspects (cp. White Book of teaching and Learning 1995, pp. 10-19). As regards these seven aspects/components as desired targets, the following seven subsections supplement basic ideas of progressive education that can be seen as an assistance on the way to realizing these aims within the terms of pedagogical practice:

1. Comprehension of the meaning of things by sufficient scientific education (Systemic mobility through reduction of system’s complexness).

Progressive educational practice:

- Reduction of subjects complexity by exemplary learning geared towards the study of scientific structures of subjects in the context of school (Wagenschein)

2. Acquiring the ability of understanding by self-organized innovative acting (Systemic mobility through production of system’s complexness).

Progressive educational practice:

- Working with a weekly schedule, workshop learning, open expression (Freinet)
- Self study, freedom of choice, learning with didactical resources (Montessori)
- Self-organized learning on the basis of assignments (Parkhurst)
- Individual learning within “pedagogical situations” (Petersen)

3. The ability to evaluate and decide that must be developed within the interaction of knowledge about the past and intuition of the future (Systemic mobility at the present time through reflecting and classifying one’s own actions in the context of history).

Progressive educational practice:

- School as a community (Petersen)
- Making sure that one’s own actions will leave a mark within the stream of time. (Freinet)

4. Development of an adequate mentality for employment and occupation by enhanced interconnections between general and specific knowledge and, furthermore, flexible and versatile access to general and vocational literacy (Systemic mobility within an area of literacy and systemic mobility of an area of literacy).

Progressive educational practice:

- Schools that are oriented towards working experiences (Dewey, Kerscheneiner, Gaudig, Blonskij, Oestreich, Freinet)

5. Education within local and European networks. (Systemic mobility through learning in networks / interlinked learning)

Progressive Educational practice:

- Community Education (Morris)
- Networking of schools (Freinet)

6. Assurance of access to lifelong learning in general and the opportunity of using all options that are offered by the information society to achieve this aim (Systemic mobility in virtual networks / ICT-Learning).

Progressive educational practice:

- Self study as prerequisite for self-organized lifelong learning processes (all agents of progressive education)
- Open classes as precondition for ICT-Learning (all agents of progressive education)

7. The acquisition of foreign languages shall be advanced decisively (Systemic mobility within the multilingual European society).

Progressive educational practice:

- "Sensitive Phases" / "absorbing intellect" – foreign language teaching at an early stage of human development (Montessori)
- International networking of schools (Freinet)

(cp. White Book of Teaching and Learning 1995)

If the interpretation of the white book done so far is correct, we will have to act on the assumption that there is a strong orientation towards deficiency in the culture of teaching and learning in schools that can't be ignored in the context of mathematics.

Schools are hardly induced with ground-breaking concepts of mathematics that feed and demand their pupil's self-organized learning processes. Therefore, schools neither have access to the systemic mobility of their own structure nor do they empower their students to develop their individual systemic mobility within the context of school.

The following diagram shows which differences appear as critical points when objective didactics is compared to Mathematics, and illustrates the ten logical contexts of Mathematics, neuro-didactics and progressive educational didactics:

<b>Objective Didactics</b>	<b>Mathetics</b>	<b>Neuro-Didactics PNI-Didactics</b>	<b>Progressive Educational Didactics</b>
Knowledge as depiction	Knowledge as construction	Knowledge as subsymbolic neuronal linkage	Experimental Trying Out
Optimism that everything is feasible by technology	Support of Self-organisation	Self-organisation of groups of neurons	Independent Learning in motivating learning environments
Information society	Society of Learning and Communication	Structural Coupling	Learning in a Community
Transfer of Knowledge, Steering	Self-directed Learning	Autopoietic System of learning	Individual Paths of Learning
Liabile Truths	Plurality of construction of reality	Varying quality of linkage of neuronal networks	Individual Learning results
Reductional World View	Holistic World View	Multi sensory Integration	Unity of Learning subject and object
Teaching of answers	Encouragement to ask questions	Perturbation of the auto-poietic system	Socratic Dialogue
Consens Unity	Difference, Variety	Environmental influence as incidental generators of different neuronal linkages	Individual methods, rhythm and results of learning
Perfect Solutions	Probability of Errors	Verification of hypotheses or falsification by interaction of lower or higher brain areals	Discovery and investigation learning Project Learning
Cognition	Cognition and Emotion	Emotions as operators of neuronal linkages	Learning in positive learning environments; School as space of life

(cp. Siebert 1999, p. 15).

In the following, the differences that appear as critical marks in objective didactics when compared to Mathetics and the ten logical contexts of Mathetics, neuro-didactics and progressive educational didactics will be explained in detail:

1.

Objective Didactics:

**Cognition (Learning) as depiction:**

Whilst naive realism starts off from a one-to-one depiction of reality in man's brain, the critical realism already refers to a depiction of the reality which has been modified by previous knowledge. The general theory of models based on Neo Pragmatism even goes one step further by stating that all cognition is cognition in or by models (cp. Stachowiak 1973). But even this approach which already shows constructivistic features (cp. Stachowiak 1983), remains basically stuck in the idea of depiction.

Mathetics:

**Cognition (Learning) as construction:** „The central thesis of constructivism states that men are autopoietic, self-referential and operational closed systems. The outside reality is inaccessible to us by sensoric or cognitive approach. We are coupled with the environment only by structures, i.e. we convert impuls from the outside within our nervous system in a “structure determined“ manner, i.e. on the basis of biographically coined psycho-physical cognitive and emotional structures. The reality produced in such a manner is not a representation, no illustration of the external world, but a functional, viable construction which is shared by other persons and which proved to be helpful for life during the biographic and generic history. (Siebert 1999, p. 5-6).

Neuro-Didactics:

**Cognition (Learning) as sub-symbolic, neural cross-linking:** Neural nets do not function according to “stored” rules (rules of allocation) e.g. for recognition of patterns, but the knowledge of “existing rules” represented by the construction of neural cross-linkings and/or the reinforcement of neural connections (learning networks). “(...) thus mental processes will appear in a completely new light. Such processes do not imply a mere handling of symbols according to rules, but consist of a *sub-symbolic* process hardly to be described in rules during which internal representations continuously change. *Rules are not stuck in the brain*, they are merely useful to describe certain mental achievements after completion“ (Spitzer 2000, p. 29).

Progressive Educational Didactics:

**Experimental trying-out:** In partical the pedagogy of Freinet seems to dispose of a certain internal “constructionalistic“ structure which is reflected in the learning process by the systematic cross-linking of work requirement, work structures, work techniques and work documents (cp. Hagstedt 1997). Freinet's term of the “experimental trying-out” seems a particularly appropriate one for interpretation according to the constructionalistic approach. Further more, constructionalistic elements may be found within the ranges of free work, week plan work, discovery learning and action-oriented learning.

## 2.

### Objective Didactics:

**Technological optimism of feasibility:** Learning theoretical didactics are characterised by a high degree of internal differentiation within the so-called field of condition and/or decision. This factor field may easily lead to the assumption that such a multifunctional type of didactic will make classroom teaching predictable up to any details.

### Mathetics:

**Support of self-organisation:** Both cognitive and social systems are characterized by their non-linearity and self-control. Didactical action may therefore only energize but not determine the processes of learning. Teaching (learning management) is thus the attempt to energize complex systems that operate according to their own logic. This implies that it is basically impossible to teach (in a direct manner), and that it is only possible to activate processes of learning.

Self-organised learning overcomes the uniform teacher-centred type of learning step-by-step that is oriented along the illusion of homogenous group of learners and stresses the importance of promotion of learning and the creation of motivating learning environments for all learners with all their individual differences instead (cp. Werning 1996).

### Neuro-Didactics:

**Self organization of groups of neurons:** Special systemic functions of the neural network paired with repetitive continuous input lead to self-organised learning. Each neuron is connected with any other neuron of this layer in column-shaped layers and thus stimulates other neurons in the closer environment and restrains those that are more distant. Due to this structure the linkage of the system is reinforced „(...)so that certain characteristic features of the input are depicted at a certain location of the network in a regular manner“ (Spitzer 2000, p. 104).

### Progressive Educational Didactics:

**Independent learning in motivating learning environments:** Progressive educational teaching opens up towards the individual personality of the learner. It is no longer the learner who has to adapt himself to the conditions and requirements of the educational institute, but it is the educational institute who is challenged to develop into a positive world of learning which offers supportive conditions of learning possibly to all individual learners (e.g.. Montessori's didactical materials) (cp. Werning 1996).

## 3.

### Objective Didactics:

**Information society:** The so-called transceiver model entices to the wrong idea that the coded flow of energy (e.g. acoustic waves) has already been filled with meaning which only needs to be taken up by the receiving person.

### Mathetics:

**Learning and communication society:** According to the constructionalistic approach we learn in a recursive manner, i.e. the content of learning is being transformed, structure-determined by the previous learning content. Thus, it is not meaning which is being transported during the process of communication (learning process), but it is the learner himself who attributes meaning to the incoming coded flow of energy.



#### Neuro-Didactics:

**Structural coupling:** Neuronal networks are coupled with other networks (with their environment) in their structures, i.e. internal models are adjusted with other (external) models so that a co-evolutional construction of models will develop.

#### Progressive Education:

**Learning in community:** Peter Petersen in particular focusses his progressive educational effort on the term of community. "In which way can we create an educational community that will enable a human creature to acquire an optimal individual education, such a type of education that responds in an utmost manner to his inborn urge for education and which is appropriate for him? Such a type of education that will then take him back to the larger community as a more valuable, richer and active member. Or more briefly: In which way should the educational community be constituted so that a person may fulfill his individuality?" (Petersen 1927)

#### 4.

##### Objective Didactics:

**Teaching of knowledge – steering:** In traditional teacher-centred forms of instruction, most of the questions teachers ask are directed to all pupils. The answers to these questions require mostly reproductive achievements thereby reaching a density of questions up to 80 questions during 45 minutes/teaching unit. For the pupils, this type of didactics is primarily characterized by achievement time and not by learning time (cp. Frey et. al. 1999, p. 339-340).

##### Mathetics:

**Self-directed learning:** „Self-directed learning is a form of learning, during which the person decides himself which kind of self-control measures he/she wants to apply according to his/her motivation for learning (of cognitive, volitional or behavioural kind) and controls, regulates and evaluates the progress of learning by him/herself (at meta-cognitive level)“ (Konrad/Traub 1999, p. 13).

##### Neuro-Didactics:

**Autopoietic system of learning:** Autopoietic systems are determined by their structure and may therefore not be influenced directly from the outside. They may merely be perturbed (disturbed).

##### Progressive Educational Didactics:

**Individual paths of learning:** Nearly all models in progressive education contain similar sequences of self-directed learning: projection of learning target, planning of the learning process, realisation of the learning process, reflection on the learning process (meta-cognition), evaluation of results.

#### 5.

##### Objective Didactics:

**Liabile truths:** In the sense of neo-pragmatism, the construction of knowledge may only be achieved by groups with homogenous intention during a determined period of

time and for a determined period of time. This basically implies a general rejection of all models of knowledge that claim to be valid independent of space and time.

Mathetics:

**Plurality of construction of reality:** Men are recoupling systems of men – external world. Every one constructs an internal model of reality of its own. “The relation subject - object is interdependent in its relational and dynamical. Konstruktivism confirms the basic **anthropocentricity** and also the **egocentricity** of human existence.” (Siebert 1999, p. 7).

Neuro-Didactics:

**Differing quality of linkage of neural networks:** If certain input signals from each individual world of stimulus of the learning individual are offered on a regular basis, the output-structure will be stabilized. “Thus Hebb’s rule of learning implies the following: If two inter-connected neurons are simultaneously active, the connection between the two neurons will automatically grow stronger” (Spitzer 2000, p. 44).

Progressive Educational Didactics:

**Individual results of learning:** The relative openness of project-oriented learning (Dewey), of initial learning starting off from educational situations (Petersen), of ways of free expression (Freinet) will each lead to individual products of learning which in their differing variety will form a synergetic result of learning of the community.

**6.**

Objective Didactics:

**Reductionist world view:** Teachers that are primarily oriented along object-related principles inevitably tend to apply didactical reductional processes. This will induce pupils to separate knowledge into formulars.

Mathetics:

**Holistic world view:** The construction/extending construction of internal models takes place on basis of different variety of external stimuli thereby reaching complex internal structures of linkage which in no way correspond to a restricted external world limited by the structures of a subject.

Neuro-Didactics:

**Multi-sensory integration:** Learning with all senses, this does not imply that one sub symbolic connection (depiction) is automatically reinforced on basis of a diverse impetus of stimulus, but that different forms of possible subsequent linkages are created.

Progressive Educational Didactics:

**Holistic relation between subject of learning and object of learning:** Progressive Educationalists constantly stressed the holistic view of the learner and the subject of learning (e.g. action orientation in Work School pedagogy (Kerschensteiner), the definition of interdisciplinary fields of learning: God, nature and man (Petersen) and the independent creation of holistic unities by the pupils (Freinet).

## 7.

### Objective Didactics:

**Promotion of answers:** Already at an early stage Martin Wagenschein critically remarked that the traditional didactic ignored the genetic process of learning which consists of carrying out the three-fold step starting off from common astonishment initiated by phenomena and achieving precise answers via preformulation of the facts by non-technical terminia (cp. Wagenschein 1962).

### Mathetics:

**Suggestion of questions:** The presentation (existence) of phenomena that question existing models (viable at first) lead to their re-construction (extension).

### Neuro-Didactics:

**Perturbation of the autopoietic system** „New situations and environments may lead to perturbations, i.e. interferences. During this process, the environment does not determine or instruct the autopoietic system, but initiates transformation“ (Siebert 1999, p. 200).

### Progressive Educational Didactics:

**Socratic dialogue:** Appeal to teachers under progressive educational aspects: Ask as many questions as possible that do not imply a precise reproduction performance, but formulate comprehensive impetus that will initiate pupil activities in a constructive and productive manner

## 8.

### Objective Didactics:

**Unity of consensus:** Traditional instruction aims at teaching objective knowledge independent of time and space by taking recourse to an ontological concept of cognition. Contrary to this, the neo-pragmatism and constructivist approach are based on a multiple, pragmatic and intentional concept of cognition.

### Mathetics:

**Multiple differences:** “Constructivism stresses differences, heterogeneity, variety and less consensus, homogeneity and identity. Learning presupposes the recognition of differences, aspects that appear as strange ones, other perspectives.“ (Siebert 1999, p. 198).

### Neuro-Didactics:

**Environmental influences as incidental generators of neural linkages:** The development of the basic brain structure is predetermined by genetics. Further neural linkages are influenced by experience. “The life-long disposition and capacity of the brain to accept changes during experience with the environment is called plasticity. Being a teacher one has to know that learning does not imply a simple ‘feeding of information’, but that teachers support pupils in developing groups of neurons that simultaneously fire off. As result more and more complex and larger neural networks are produced that correspond to the capability of acquiring competences and ideas in accordance to objectives and meanings.” (Arnold 2002, p. 122).

#### Progressive Educational Didactics:

**Individual learning methods, rhythm of learning, products of learning:** An example– Hugo Gaudig's principle of independent activity. "Autonomous action is what I claim for all phases of working processes. The pupil should act autonomously during the phase of identification of the target, scheduling his processes of work, during the pursuit of the target, decision-making at critical stages, during the process of controlling the work and the result, correction and evaluation. An autonomous pupil does not need external impetus to be motivated for his work. During his work he does not need to be pushed from the outside or to be guided in order to find the right solution for his problem. The principle of autonomous action prevails during the entire time of the school course, from the first to the last day. (Gaudig 1922, p. 93)

#### 9.

#### Objective Didactics:

**Perfect solutions:** Objective Didactics dynamize processes of teaching and learning into the direction of the determined target of learning, by dictating to the pupil pseudo-perfect models in a far too swift manner thereby lacking sustainability.

#### Mathetics:

**Probability of errors** If, however, we pass through processes of learning by constructing, reconstructing and deconstructing (cp. Reich 1996), by constructing within the learning community hypotheses (modela) for solving problems which may be viable or not viable, to be verified or falsified, then we are likely to have learnt more – even in the case of falsifying the model.

#### Neuro-Didactics:

**Verification of hypotheses – or falsification by interaction of upper and lower brain areas:** According to Spitzer models that were constructed in the so-called upper areas of the CNS, are compared with the sensory input of lower areas. "This comparison may either come up with the result that the input corresponds completely to the 'interpretation' coming from 'above' or that a residual part was not 'explained' by the suggested interpretation. In the first case, the system has acquired a stable state; whereas – in the second case - the residual part that remained unexplained case will be resignalled from the lower area to the upper area as a new input for further processing (i.e. for 'calculating' new 'proposals of interpretation'). These proposals are being signalled to the lower area in form of new patterns either until the total input has been met with a sufficient 'interpretation', or the original hypothesis has been rejected and a new hypothesis will be 'tested'". (Spitzer 2000, p. 140)

#### Progressive Educational Didactics:

**Discovery and explorative learning, projected learning** Problem-oriented learning – as claimed by Dewey and other Progressive Educationalists – leads to a productive situation of instruction during which pupils develop hypotheses that compete against each other, which will be verified or falsified during tests in practice, a procedure that contains a high potential of learning effects even if the path does not lead to a viable model. "In all areas of learning, however, the principle holds true that it is not necessary the knowledge but rather the process of discovering and exploring that will significantly promote the development of the child." (Eichelberger 2002, p. 54).

## 10.

### Objective Didactics:

**Cognition:** Although the importance of considering the emotional dimension during the planning of lessons is continuously stressed in learning-theoretical didactics, the cognitive dimension unambiguously prevails in didactics of every-day teaching.

### Mathetics:

**Cognition and emotion:** In its initial shaping, constructivism intended to explain the interaction between systems primarily at cognitive level. In the meantime, however, it appears to have been confirmed that any cognitive achievement is being accompanied or influenced by emotions.

### Neuro-Didactics:

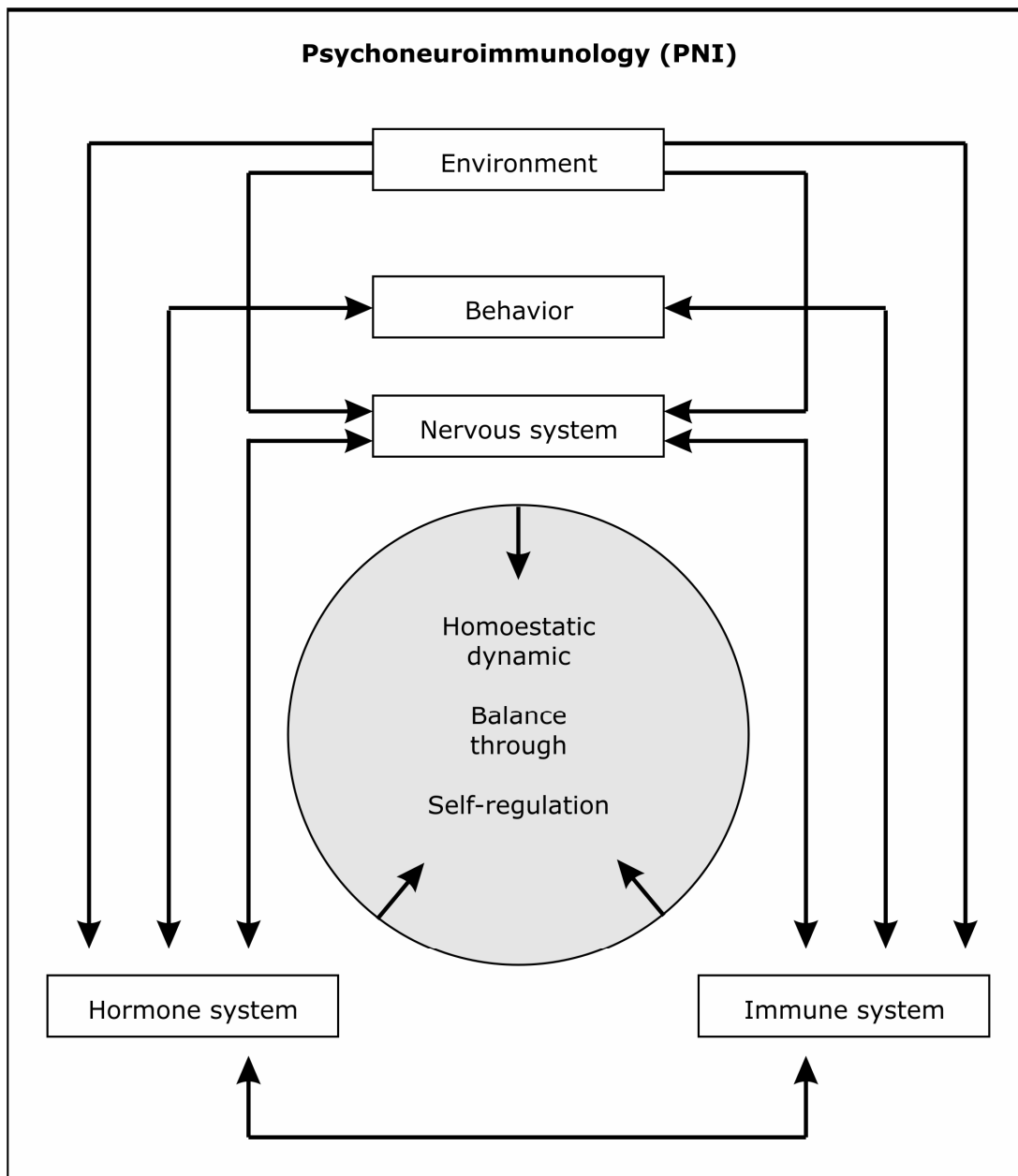
**Emotions as operators of neural networks:** In his so-called Affective Reasoning, Ciompi defined emotions as motors and influential factors of cognitive processes: "Affects are significant suppliers of energy or motors and motivators of a cognitive dynamics. Affects continuously determine the focus of attention. Affects work like sluices or gates that open up or close the approach to different stores of the brain. Affects create continuity; they act upon cognitive elements like glue or connective tissue. Affects determine the hierarchy of our thought contents. Affects are of eminent importance as reducers of complexity". (Ciompi 1997, p. 95-99)

### Progressive Educational Didactics:

**Learning within a positive learning atmosphere, school as a space of life:** Petersen and others all over again claimed to change the educational establishment into a community school for life. "Peter Petersen understands school as a '*place of life*' and not as an educational establishment which merely considers the pupil whereas the Jena Plan considers the entire personality of the child. The classroom may no longer remain 'a cell for instruction', it must be refurnished to become a '*School living room*' which offers comfort to the children and possibilities for enlarging their horizon. Peter Petersen vehemently doubts that the 'scrab time table' with its continuously expanding combination of teaching subjects may be adequate for children to approach the world. He designed a "*rhythmical weekly working plan*", which structures the week of a child in a sensible manner." (Eichelberger 2002, p. 68)

A substantiation for *Mathetics* that goes beyond the extent of neurophysiological reasons has been developed with the approach of the so called *Psychoneuroimmunology* (abbreviation *PNI*). PNI-Research has given proof of a close linkage between psyche, central nervous system, hormonal system, immune system and environmental influences; e.g. social contacts.

The central nervous system is in close contact with the immune system through nerve fibers and with the hormonal system through the emission of hormones. Given this new concept of the human organism, PNI conceives man as bio-psycho-social beings and regards the "network of man" on a molecular level. Thus, diseases are a disruption of the communication between biological, mental and social processes. To turn it the other – positive – way out: Only if the human organism is in homeostasis, it is able to learn in an optimum stage.



(cp. Miketta 1997, S.24)

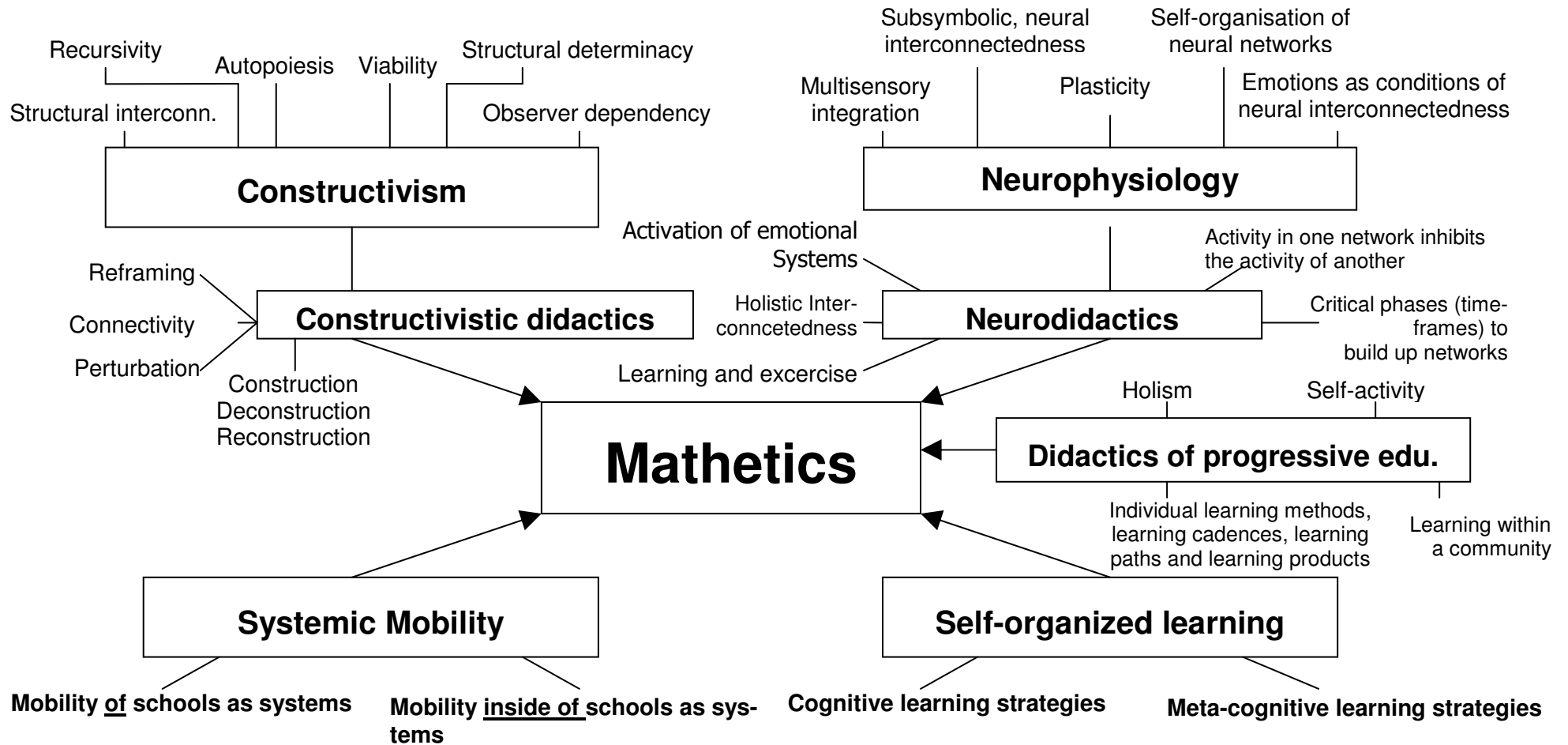
### Consequenses for the Professionalization of Teachers

Taking into account all considerations stated above leads to the conclusion that teachers' qualification needs to be extended by a further essential component. Besides the classical qualification in the area of didactics (theory of how to teach) teachers should develop an equally important qualification in the area of mathetics (theory of how to learn) (cp. Chott 2003, Anton 2003).

“Understanding the concept of mathetics as an antipole of (teacher-centered) didactics means an in-class progression from concrete operations to more formal operations. The concept of mathetics relativizes decided evaluation highlighted by objective didactics and points out that a precise monitoring of learning targets is often impossible or futile. The concept of mathetics implies a constructivist perception of learning: Learning

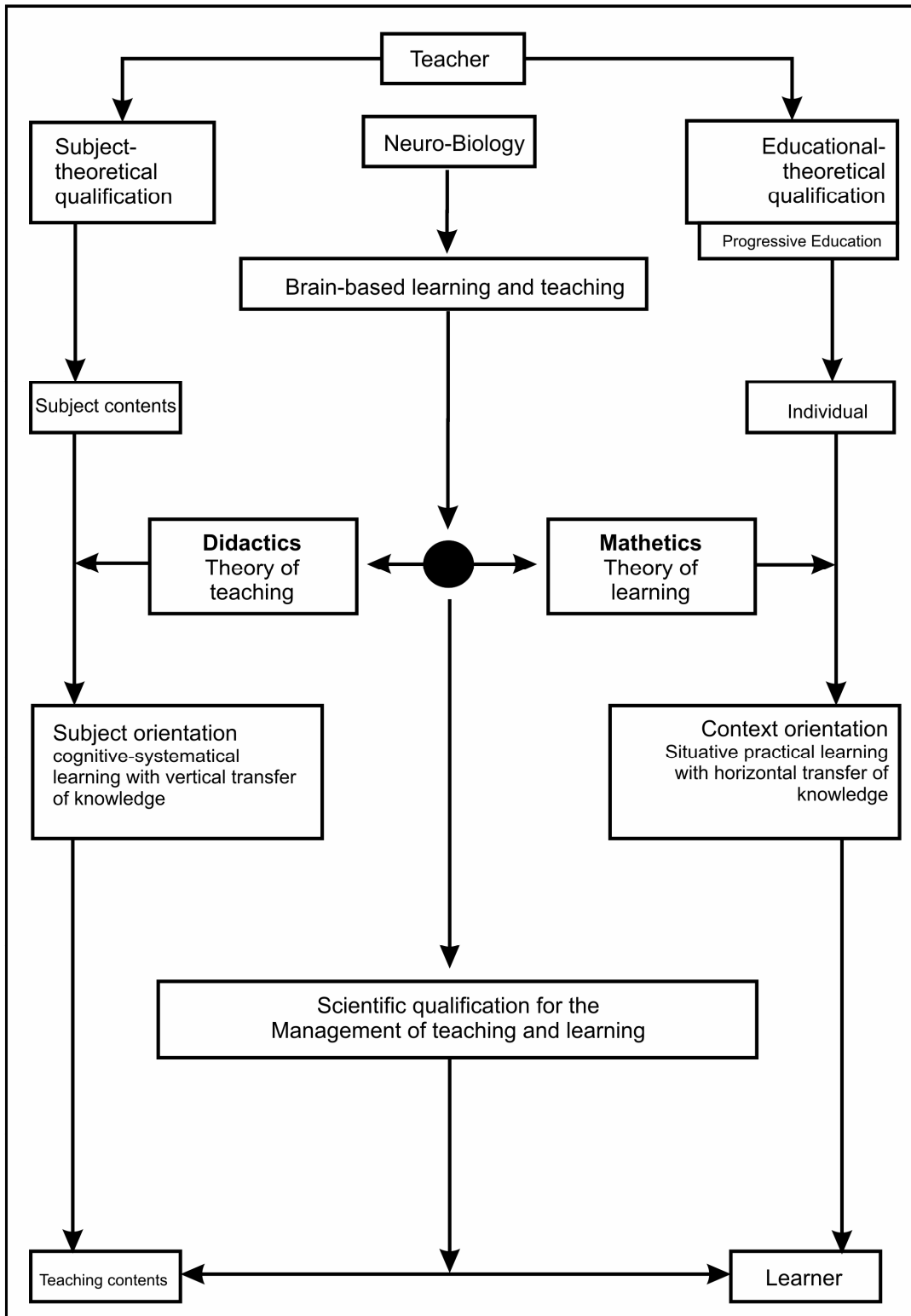
is an active self-organized process that leads to the construction of individual's unique realities." (cp. Chott 2003, p. 1)

The following diagram illustrates the converging arguments considering the concept of mathetics developed so far:





In the following diagram, which has been supplemented with the component “Progressive Education”, Anton developed the structure of a modern theoretical qualification for teachers:



(cp. Anton 2003)

The connection between didactics (vertical learning transfer) and mathetics (horizontal learning transfer) is also depicted by Weinert: He argues that a high quality of processes of teaching and learning, considering conditions like lifelong learning, must be immediately interwoven with a number of educational aims. In the following section, four of these are described in detail (cp. Weinert 2000, p. 5).

<b>First educational aim</b>
<p><b>Acquisition of intelligent knowledge</b>  requires  <b>vertical learning transfer</b>  contains  <b>abilities for lifelong learning</b>  facilitated through  <b>teacher controlled but pupil centered lessons.</b></p>

(cp. Weinert 2000)

The author attaches priority to the acquisition of intelligent knowledge. He underlines that intelligent knowledge stands out by the fact that it is not only material related knowledge, but also means flexibly utilizable abilities and skills as well as meta-cognitive abilities (ibid.).

“Intelligent knowledge therefore is a knowledge that has a meaning and is meaningful as well. Knowledge understood well is a kind of knowledge which is neither encapsulated nor deadily stored in the brain nor soldered to a certain situation it has been acquired in, but alive, flexibly utilizable, just intelligent.” (cp. Weinert 2000, p. 5)

Moreover, Weinert points out that connection capable intelligent knowledge must be acquired in a systematic way. This requires teaching methods which both are directed by the teacher and move the pupils to the center of attention too. Weinert underlines that it cannot be put into the single pupil’s arbitrariness to gain his knowledge. Thus, the author puts emphasis on the teacher’s responsibility for the learning process (cp. Weinert 2000, p. 6).

<b>Second educational aim</b>
<p><b>Acquisition of applicable knowledge</b>  through  <b>situation-specific experiences</b>  requires  <b>horizontal learning transfer</b>  is facilitated through  <b>situative practical learning</b>  facilitated through  <b>project lessons.</b></p>

(cp. Weinert 2000)

Weinert underlines the acquisition of applicable knowledge in a second educational aim. This implies an inconsistency between systematic knowledge on the one hand and situation related, application-centered knowledge on the other.

The author highlights the significance of these aspects and argues for a completion of teacher centered lessons by projects on complex and transdisciplinary problems (ibid., p. 7).

<b>Third educational aim</b>
<p><b>Acquisition of variably applicable key qualifications</b>            permitting  <b>flexible and variable use of important key competencies</b>            (abstract and concrete competencies)            requires  <b>vertical and horizontal learning transfer</b>            and is facilitated through  <b>a combination of teacher controlled and pupil controlled lessons.</b></p>

(cp. Weinert 2000)

Thirdly, the author asks about methodical knowledge, proficiency and skills that can be applicable within the context of different activities. He subdivides these key skills into concrete and abstract key competencies. In compliance with the OECD, Weinert categorizes personal features like autonomy and self-management as abstract key competencies. Concrete key competencies are related to language skills of a learner (expression, foreign languages) as well as media competence (ibid., p. 8).

<b>Fourth educational aim</b>
<p><b>Acquisition of competencies for learning (learning how to learn)</b>            requires  <b>expertise on one's own styles of learning</b>            and is facilitated through  <b>lateral learning transfer</b>            which means  <b>instructed and self-organized learning</b>  <b>and reflection on learning successfully in particular.</b></p>

(cp. Weinert 2000)

With the requirements of lifelong learning in mind, Weinert points out the significance of the learner's competencies for their individual learning. Learners should become experts on their own learning processes and therefore plan learning, structure learning objects and supervise and evaluate the learning process itself on their own (ibid., p. 9).

The author summarizes that his educational aims outline both a didactic dimension (vertical learning transfer) as well as a position oriented towards mathematics (horizontal learning transfer). The educational aims stated above flank vertical and horizontal learning transfer with respect to key qualifications and competencies for individual learning at the level of formal education.

Obviously, vertical and horizontal transfer of learning have to complement each other because it is only their interaction that leads to systematically structured and applicable knowledge. Moreover, key qualifications and educational aims related to competencies on one's own learning are oriented towards a connection of vertical and horizontal

learning transfer: From this view, key qualifications are regarded as concrete and abstract qualifications which arise in learning processes as by-products. Weinert also refers to meta-cognitive competencies of learners on their own learning as “lateral learning transfer”.

The reflections on mathematics/didactics stated above are summarized by Arnold in a systemic array of 12 principles for brain-based learning and teaching:

“It is all about finding out how to connect the active learning processes with knowledge already gained so far by a pupil and to connect experiences with information. It is the most important task of the brain to make sensible connections by figuring out common structures and relations within previous experiences and new information. Consequently, it is the teacher’s task to support these processes. Fundamental criteria for brain-based learning and teaching are therefore:

- meaningful learning
- capitalizing on pupil’s experience

Since a pupil is permanently busy searching and creating interconnections of knowledge on various levels, the primary task of the teacher must be modeling the pupil’s personal experience and pre-knowledge because a pupil’s understanding relies on this specific basis; a teacher therefore has to orchestrate the experiences.”

(cp. Arnold 2002, p. 108)

First principle:

Man as a learning organism (growing) interacts at a cognitive, emotional and physiological level with the environment. This process of learning (also growth process) cannot be directed from the outside but can only be influenced by perturbation. Learning and behavior are based on the individual constructions of meaningfulness (ibid., p. 109 – 111).

Second principle:

Man as a learning organism is dependent on social interaction: In terms of socialization, interaction can be regarded as a biologically conditioned process which is taking place within the area of conflict between internal (viable or not) models and the outside world. Therefore, the professionalism of teachers must be characterized on the one hand by demands based on didactics and mathematically motivated encouragement of pupils on the other (ibid., p. 111 – 112).

Third principle:

Man as a learning organism is in permanent search of meaningful constructs that safeguard survival in a comprehensive way. The construction of meaning is ever carried out individually. Therefore it is the teacher’s task to create a didactically/mathematically demanding environment which allows pupils to follow this innate drive (ibid., p. 112 – 113).

Fourth principle:

Man as a learning organism forms (and owns) neural patterns as categorical constructions that cause meaning. “Meaningful Learning” explains the multisensory input of a versatile learning environment by basic patterns. Therefore the diminution of complexity by increasing meta-cognitive competencies and intelligent knowledge is absolutely imperative (ibid., p. 113 – 115).

Fifth principle:

Man as a learning organism constructs primary patterns in cognitive, emotional interference processes. Understanding successfully/learning lastingly thus means to build up an emotional relation to the learning object (“felt meaning”) (ibid., p. 115-116).

Sixth principle:

Man as a learning organism is constructively active within his structural coupling with the environment. This construction process is characterized by parallelism of entirety and detail analysis in the perception and processing range. “Brain-based learning and teaching” therefore leads to the demand for offering learning objects that cross-link teaching and learning (ibid., p. 116-117).

Seventh principle:

Man as a learning organism constructs the primary learning contents embedded in a secondary sensor field. This secondary field may not be underestimated in its influence on cognitive (primary) processes. The demand for the creation of a positive learning atmosphere is particularly important under this aspect (ibid., p. 117-118).

Eighth principle:

Man as a learning organism constructs meaning inside cognitive networks emergently. Processes of emergence (e.g. light bulb moments) proceed unconsciously and on the time line which means that they can only be initiated in teaching and learning situations (ibid., p. 118 – 120).

Ninth principle:

Man as a learning organism has two different storage systems available. The “taxon memory system” is designed for facts – characterized by exercise and recapitulation – and not for the storing of structures. The “local memory system” is designed for the storing of cross-linkages – organization and processing are carried out within the context of experiences. Teaching/learning situations should be laid-out to bring together these two systems synergetically (ibid., p. 120 – 122).

Tenth principle:

Man as a learning organism permanently develops new (larger) and more efficient neural networks due to the plasticity of the brain. In the development process of neural networks, stimulating learning environments (horizontal learning transfer) are just as important as the experience of the teaching person (vertical learning transfer) (ibid., p. 122 – 123).

Eleventh principle:

Man as a learning organism is able to reach optimal learning performance by high challenges in a positive learning atmosphere. It is absolutely important for the learning person to experience his self-efficacy. Teaching/learning situations that are occupied with negative emotions lead, however, to the diminution of self-confidence (downshifting) (ibid., p. 123 – 126).

Twelfth principle:

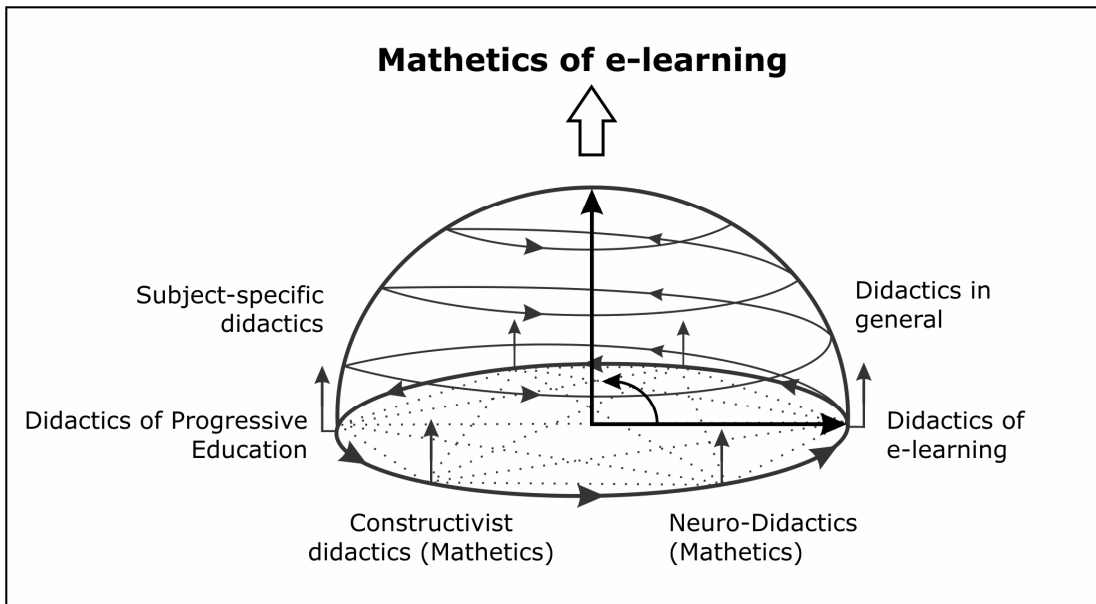
Man as a learning organism is a unique construct due to coincidental interactions between the genetically based structures of his neural networks and the diversity of sensory input. By observation of second order (analysis of meta-cognitive structures)/deconstruction teachers might offer the chance for learners to find individual styles of learning (ibid., p. 126 – 127).

Moreover, Friedrich and Preiß developed seven “teachings” for didactics/mathetics on the basis of neural sciences (Friedrich/Preiß 2003).

1. The high level of neural interconnectedness (generally speaking every neuron is capable of communicating with every other neuron) can be considered as a reason for an integral education.
2. The plasticity of the CNS gives an immediate reason for lifelong learning. Passiveness of the CNS leads to the reduction of neural interconnectedness, activity leads to the build-up of neural networks.
3. Accessing learning mathetically demands for the concentration on one learning object because the activity in one neural network inhibits the activity of another.
4. The emotional atmosphere of a learning situation is stored together with the cognitive contents and recalled in the process of reproduction of the acquired knowledge or skills.
5. In the permanent development of the CNS, environmental signals encounter genetically prestructured networks. Such a further development of networks occurs by variety and stable order (repetition) simultaneously.
6. According to Lurija the CNS can be partitioned into three basic units:
  - a. Control over tone, alertness and mental conditions.
  - b. Absorbing, processing and storing of information.
  - c. Programming and controlling of activities.All these units are interconnected closely; their coupling leads to an optimization of learning processes (learning by doing, learning combined with physical exercises).
7. The lateracy of the CNS describes a specialization of both hemispheres of the brain. Seen from the view of didactics/mathetics, the even use of both hemispheres is of great importance.

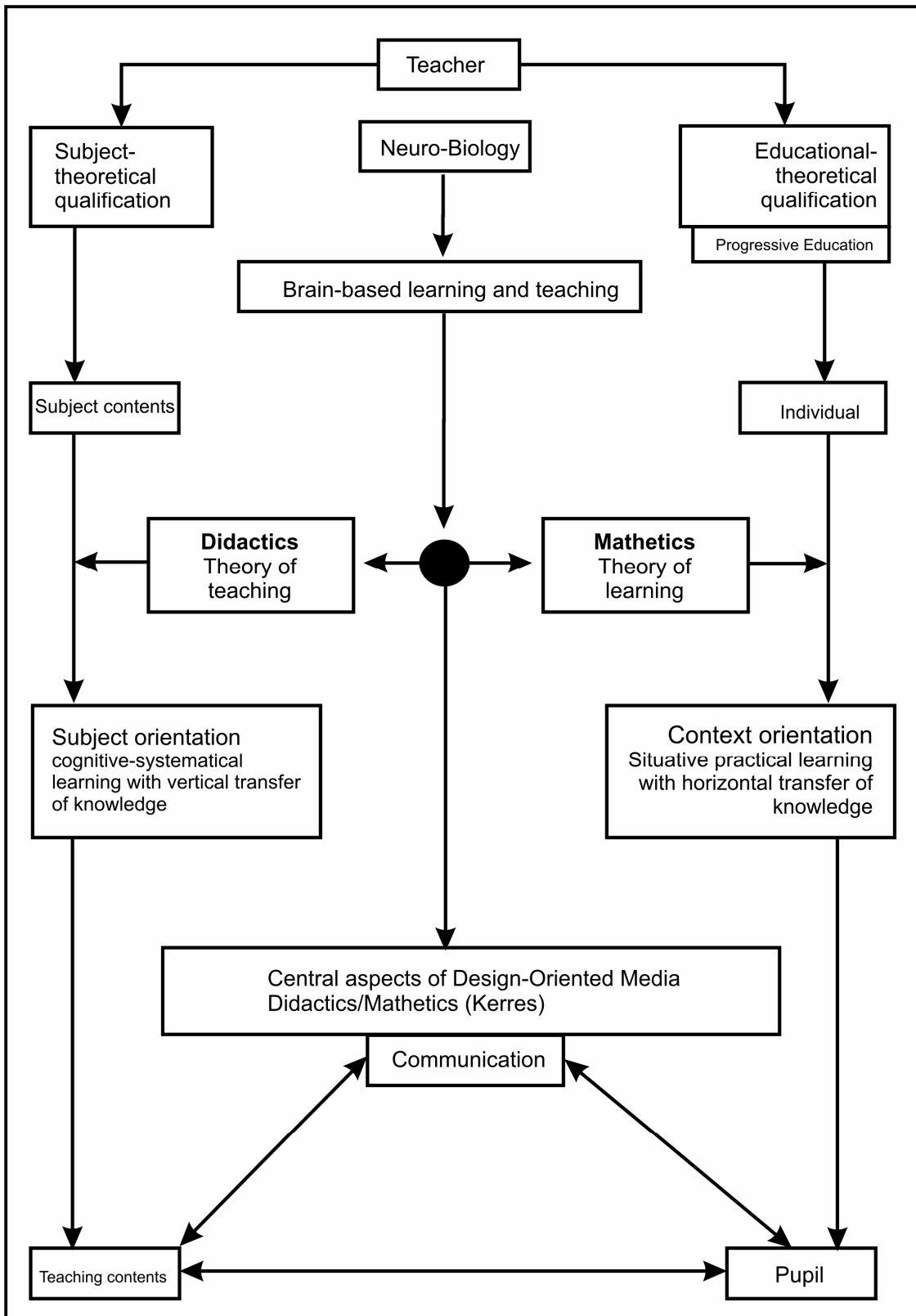
### **Mathetics of E-Learning**

In a knowledge-based society characterized by information and communication technology, learning has to occur self-organized at a high level which means a loss of significance of teaching. Therefore, it is more important than ever to develop a mathetics of e-learning parallel to already existing models of didactics of e-learning (cp. Bronkhorst 2002):



(cp. Koizumi 2003, S. 113)

From the view of educational sciences we can distinguish between a media didactical and a media mathematical qualification of teachers:



The distinction between didactics and mathetics tracked so far in the context of general educational sciences can also be projected onto the approaches of media pedagogy of Kerres and Tulodziecki/Herzig.



Design oriented media didactics according to Michael Kerres (2000) allows a more detailed analysis of the basic questions of e-learning. In connection with a mathematics of e-learning the aspect of *quality of interactions* between learners and media seems to be of the utmost significance (cp. Kerres 2000, p. 37).

Two questions have to be answered in this context: Which role do electronic media play in daily learning processes and how do firmly created learning environments differ from everyday information sources? What are the requirements for media-centered learning environments stated from the view of the design oriented media didactics and which concepts are available for the fulfillment of these claims?

Admittedly, a complete reply to these questions must be full of shortenings and a complete description of all aspects cannot be carried out in this essay; the impulses of the design oriented media didactics that are of interest for the development of a mathematics of e-learning shall instead be explained briefly.

The Progression of computer technology and its availability to private end-users offered new information sources (e.g. Worldwide Web) during the past ten years. Therefore, everyday life is evermore influenced by learning environments characterized by media experience which is particularly important with regard to the following aspects: Self educated learning (e.g. the use of Wikipedia as a first, temporary reference), learning in self education centers (e.g. real and virtual media centers), learning within coordinated environments combining media and other resources (e.g. private study and learning groups), conventional distance learning and telematic learning with web-based media and communication processes (ibid., p. 32).

Given a best-case scenario, these elements are embedded into an environment which activates learning processes exceedingly: as a part of a system of coached distance learning or further education. The activity of learners is of greatest importance at this point, though there is a meaning attached to the (indirect) regulation of learning behavior as well (ibid.). Thus, the idea of learning environments does not only reflect upon a certain technical surrounding and didactically structured learning contents and media but underlines the relevancy of a social context too; it is crucial for successful e-learning to support and coach a learner personally. Kerres considers this as a prerequisite for the success of a media-based learning environment (ibid.).

Responding to the first question, it can be summarized that almost everybody can get access to electronic information resources, and use them for daily learning. Common resources of information and learning which are more or less freely available (e.g. documents under the license of open content) must be distinguished from more or less closed learning environments which embed specifically created learning media and other resources in a social context – e.g. a learning group.

This leads to certain demands on the quality of learning media and learning environments. Responding to the second question these can be outlined as follows:

Media of a high quality in terms of didactics are not determined by their appearance (navigation, layout, letterpress) but have to take certain environmental variables into account: Orientation toward the pre-knowledge of the learning group and adequately sequenced learning paths with special regard to case-specific knowledge are outlined as basal indicators for the quality of electronic media by Kerres (ibid., p. 36).

Didactical Design (DD) is a prescriptive approach of educational sciences which is coupled to the narrowest to the design oriented media didactics; DD picks out the planning and design of possible learning situations and puts these processes onto a professional basis (ibid., p.39). Since DD is looking at media-based learning processes not only in terms of programmed instruction (by the medium), it seems to be important to underline that DD reflects upon all the structures of media-based learning processes – thus, it also considers processes proceeding nonlinearly (cp. PNI). Acting in a didactical manner conforming to DD is not a linear applicable algorithm but has to be seen as

an intuitive creative task whose aim is an optimal interaction of learners with a medium (ibid., p. 40).

Didactical Design in terms of media didactics does mean a precise and comprehensive planning of samples of interaction between learners and media. This is due to the fact that – in opposition to personal classes –in media-based learning the possibilities of interaction are defined by the design of a medium; so is the quality of interactions (ibid., p. 32).

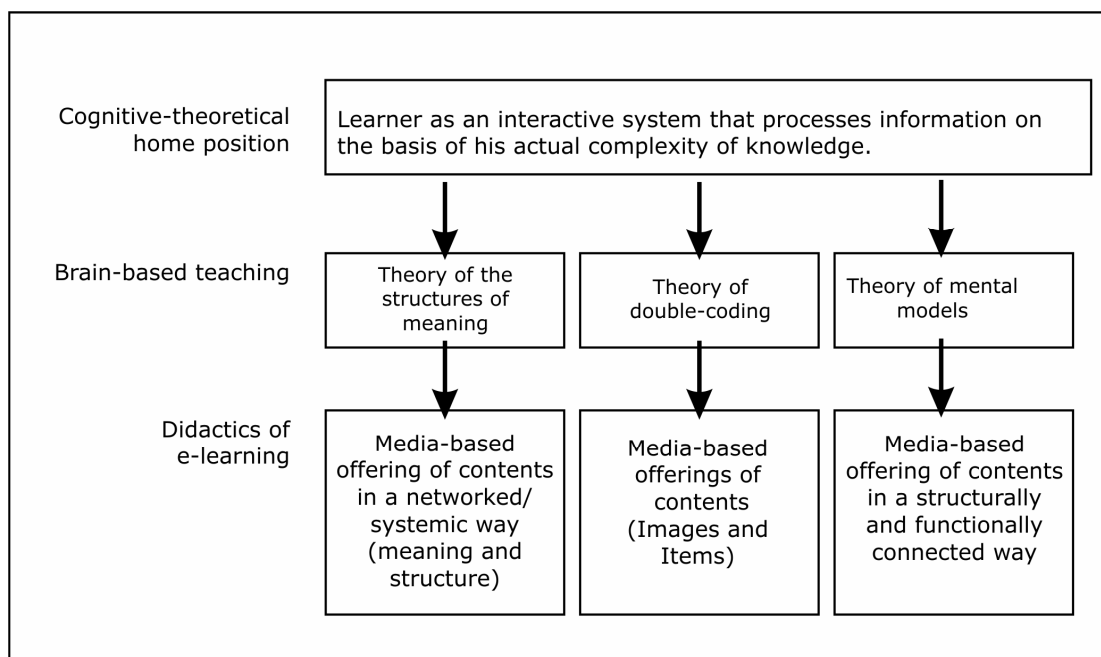
Therefore, every question, every information and every diagram has to be rethought:

“Will the addressees understand the diagram? What can be offered, if not? How to promote motivation, cognitive activation and/or social cooperation at this point? ... The quality of possible interactions of learners with a medium is immediately bound to it’s conception.” (ibid.)

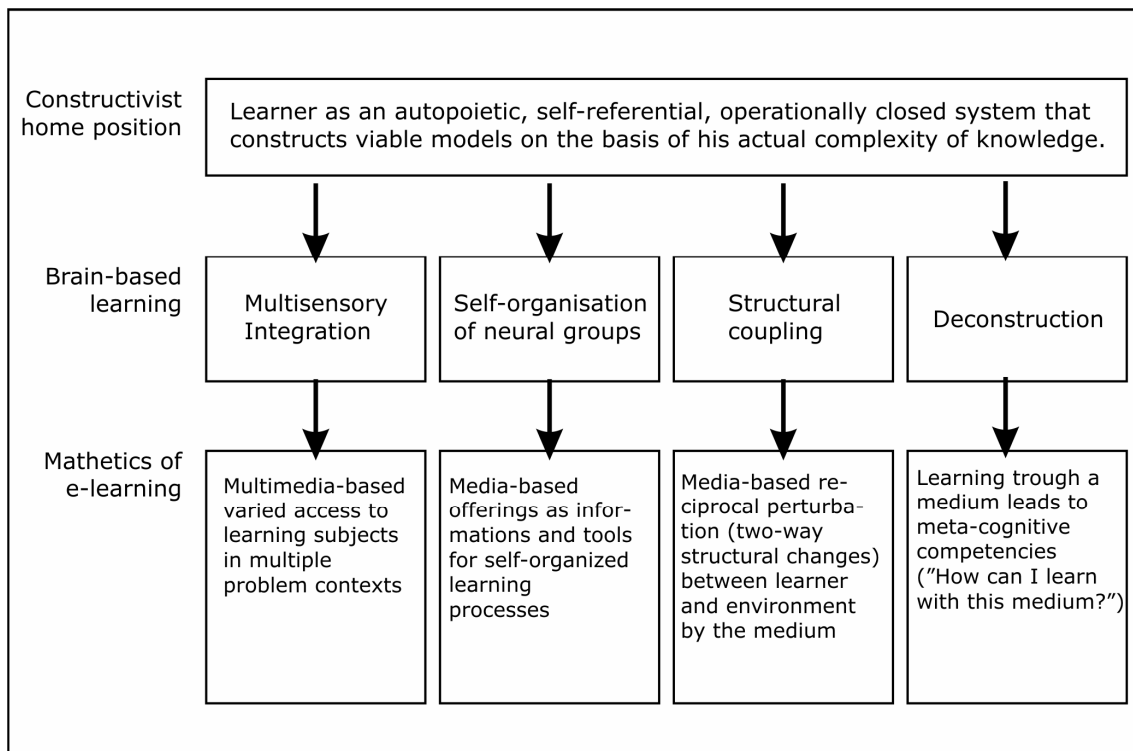
To summarize, the design and/or assessment of electronic media has to take into account the factors listed below:

- a.) Learner oriented addressing of a certain educational problem.
- b.) Analysis of the didactic field and/or the kind of fit of a learning medium.
- c.) Opportunities of social interaction by the learning medium. (ibid., p. 47)

Tulodziecki/Herzig have developed a didactics (vertical learning transfer) of e-learning on the basis of cognitive sciences and a mathetics (horizontal learning transfer) based on central constructivist positions. The concept of media didactics of Tulodziecki/Herzig is illustrated in the following diagram (cp. 2002, p. 80 – 83):



The concept of media mathetics developed by Tulodziecki/Herzig is not as detailed as the concept of didactics (cp. 2002, p. 83). Therefore, their original approach has been developed further, which is represented in the following diagram:



### Concluding remark

The consequences educed by a synthesis of didactics and mathetics are anything but new. The completion (partial substitution) of the teacher instruction model by the pupil construction model (cp. Herrmann 2006, p. 112) has already been implemented by progressive education.

However, the transdisciplinary background of our essay consisting of a combination of constructivist and systems theoretical, neopragmatic and neurophysiologic (Psycho-Neuro-Immunology) models strikes a new path to the aims of the European progressive education movement.

## Literature:

- Anton, M.A.: Lehrwissenschaftliche Qualifikationen. [www.chemie.uni-muenchen.de/didaktik](http://www.chemie.uni-muenchen.de/didaktik) 2003
- Anton, M.A.: Erziehen und Sich-bilden – Lehren und Lernen – Didaktik und Mathetik. In: Lernwelten 2/2003
- Arnold, M.: Aspekte einer modernen Neurodidaktik. Emotionen und Kognitionen im Lernprozess. München 2002
- Berendt, B. / Voss, H.-P. / Wildt, J. (ed.): Neues Handbuch Hochschullehre. Berlin 2002
- Bronkhorst, J.: Basisboek ICT en Didactiek, HBUitgevers, Baarn 2002.
- Chott, P.O.: Die Entwicklung des MATHETIK-Begriffs und seine Bedeutung für den Unterricht der (Grund-)Schule. In: Pädagogisches Forum Heft 4, 1998
- Chott, P.O.: [www.schulpaed.de](http://www.schulpaed.de), 2003, p. 1
- Ciampi, L.: Die emotionale Grundlage des Denkens. Göttingen 1997. quot.: Siebert, H.: Pädagogischer Konstruktivismus. Neuwied 1999, pp. 29-31
- Eichelberger, H.: Die Bedeutung der Reformpädagogik. In: Kohlberg, W.D. (Hrsg.): Europäisches Handbuch Reformpädagogischer Seminardidaktik. Osnabrück 2002
- Freinet, C.: Pädagogische Texte. Reinbek 1980
- Friedrich, G.; Preiß, G.: BEITRÄGE UND BERICHTE - Neurodidaktik. Bausteine für eine Brückenbildung zwischen Hirnforschung und Didaktik. In: Pädagogische Rundschau. Vol. 57 (2003), Issue No. 2, Frankfurt (M): Lang pp. 181 - 200
- Frey, K. et.al.: Biologische Hypothesen zum dominierenden Lehr-Lernverfahren in Schulen. In: Bildung und Erziehung. Issue 3/1999
- Gaudig, H.: Die Schule im Dienste der werdenden Persönlichkeit. Leipzig 1922
- Glaserfeld, E.v.: Aspekte einer konstruktivistischen Didaktik. In: Landesinstitut für Schule und Weiterbildung (ed.): Lehren und Lernen als konstruktive Tätigkeit. Soest 1995
- Greif, S. / Kurtz, H.-J.: Handbuch Selbstorganisiertes Lernen. Göttingen 1993
- Hagstedt, H. (ed.): Freinet-Pädagogik heute. Weinheim 1997
- Herrmann, U.: Neurodidaktik. Weinheim, Basel 2006.
- Hühholdt, J.: Wunderland des Lernens. Sprockhövel 1990
- Kerres, M.: Multimediale und telemediale Lernumgebungen. München 2000.
- Kock, R.: Freinet – Ein Vorläufer konstruktivistischer Didaktik? In: Fragen und Versuche. Issue 105, September 2003
- Koizumi, H.: In OECD (Hrsg.): Wie funktioniert das Gehirn? Paris: OECD Publikation, 2003. p. 113
- Konrad, K. / Traub, S.: Selbstgesteuertes Lernen in Theorie und Praxis. München 1999
- Kösel, E.: Die Modellierung von Lernwelten. Elztal-Dallau 1993
- Maturana, H./Varela, F.: Der Baum der Erkenntnis. München 1987
- Miketta, G.: Netzwerk Mensch. Reinbek 1997
- Petersen, P.: Der Jena-Plan einer freien allgemeinen Volksschule. Langensalza 1927
- Reich, K.: Systemisch-konstruktivistische Pädagogik. Neuwied, Kriftel 2000
- Schusser, G.: Sensorische Integration. Unveröffentlichtes Seminarmanuskript. Osnabrück 2002
- Siebert, H.: Pädagogischer Konstruktivismus. Neuwied 1999
- Spitzer, M.: Geist im Netz: Modelle für Lernen, Denken und Handeln. Heidelberg, Berlin 2000
- Stachowiak, H.: Allgemeine Modelltheorie. Wien 1973
- Stachowiak, H. (ed.): Modelle – Konstruktion der Wirklichkeit. München 1983
- Tulodziecki, G.; Herzig, B.: Computer & Internet im Unterricht: medienpädagogische Grundlagen und Beispiele. Berlin: Conelsen Scriptor 2002. (=Studium Kompakt).
- Wagenschein, M.: Die Pädagogische Dimension der Physik. Braunschweig 1962
- Weinert, F. E.: Lehren und Lernen für die Zukunft - Ansprüche an das Lernen in der Schule. Vortragsveranstaltungen mit Prof. Dr. Franz E. Weinert, Max-Planck-Institut für psychologische Forschung, held on March 29th, 2000 in Pedagogic Center, Bad Kreuznach (FRG)  
<http://66.249.93.104/search?q=cache:ySMEJgaVGsYJ:sform.bildung.hessen.de/gymnasium/skii/braucht-grund/pool/weinert+weinert+%2B+lehren+und+lernen+f%C3%BCr+die+zukunft&hl=de>  
Lastly accessed: 06.09.2005
- Weißbuch der Kommission der Europäischen Gemeinschaften zur allgemeinen und beruflichen Bildung „Lehren und Lernen“ (KOM(95) 590 endg.; Doc. 125488/95)
- Werning, R.: Anmerkungen zu einer Didaktik des Gemeinsamen Unterrichtens. In: Zeitschrift für Heilpädagogik 11/96

# Mathématique

Mathématique du e-learning

Le paradigme de la pédagogie issue des sciences de l'esprit influence traditionnellement la vue pédagogique des enseignants en Allemagne.

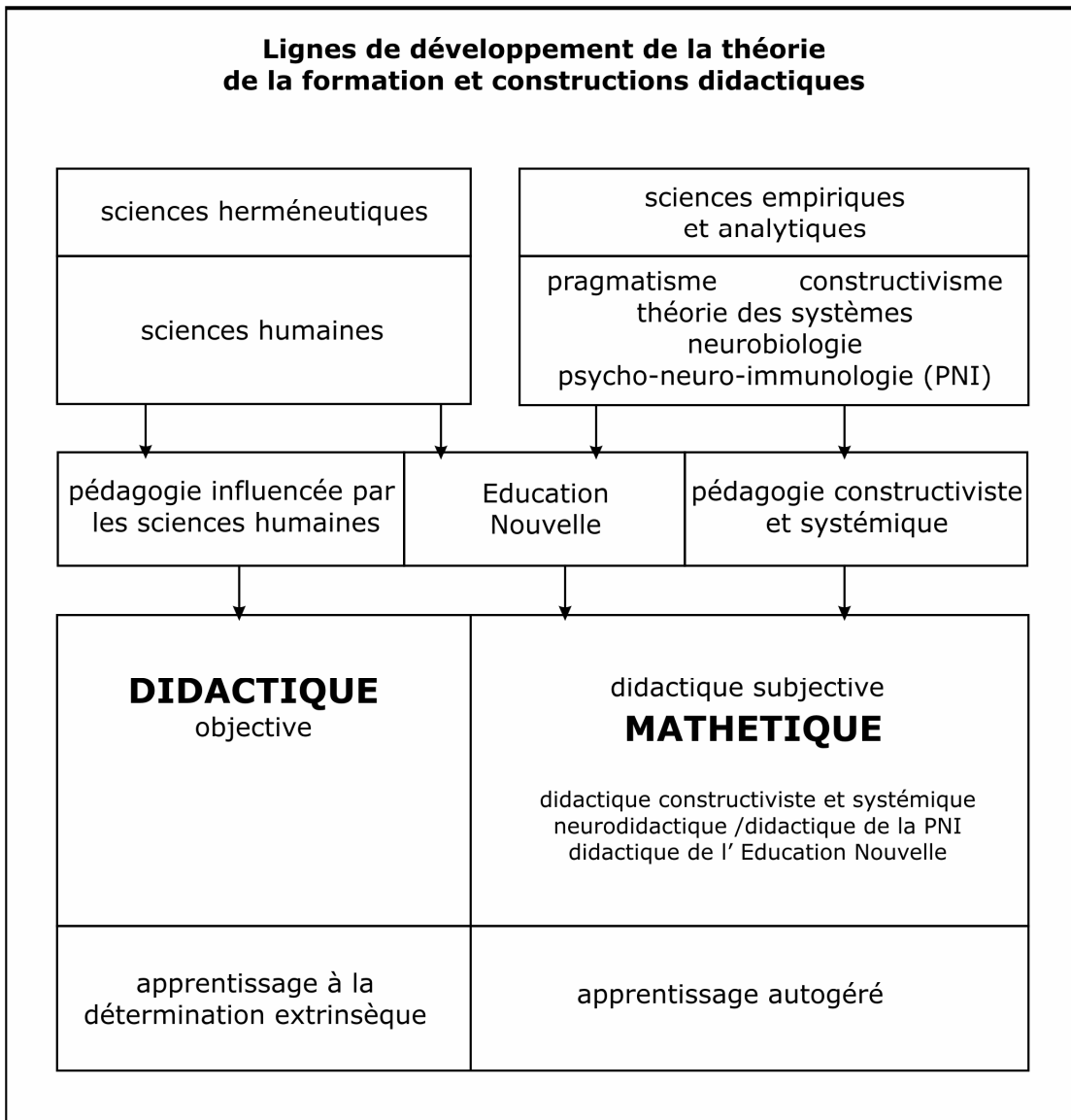
Au niveau de la didactique - un domaine central de la professionnalisation des enseignants, on prend en considération le modèle didactique prédominant, qui est influencé par la didactique de la formation et la didactique de l'enseignement et de l'apprentissage. Je lui donne la désignation de « modèle didactique objectif ».

Cette conception issue de la didactique de la formation et de la didactique de l'enseignement et de l'apprentissage se caractérise par un haut niveau pédagogique: la relation dialectique de la formation matérielle et formelle et la relation systémique des objectifs, contenus, méthodes et médias. Mais on constate que les enseignants se sentent de moins en moins à la hauteur d'assumer les demandes de cette conception. Ce fait vient de 1) la responsabilité globale de l'enseignant, voué à l'objectivité envers l'apprenant. 2) de la divergence et de la complexité croissantes des groupes d'apprenants et des situations d'apprentissage. Il en résulte que l'enseignant, uniquement adepte d'un modèle didactique objectif, se trouve dans une situation qui s'avère ingérable.

Avec le développement d'une réactualisation de l'Education Nouvelle on observe en ce moment l'apparition d'un modèle alternatif pour l'enseignant que l'on appelle « le modèle didactique subjectif » ou « mathétique » (voir Kösel 1993). Ce nouveau modèle, dont la désignation fait référence à J. A. Comenius, peut être compris comme la théorie et technique de l'apprentissage.

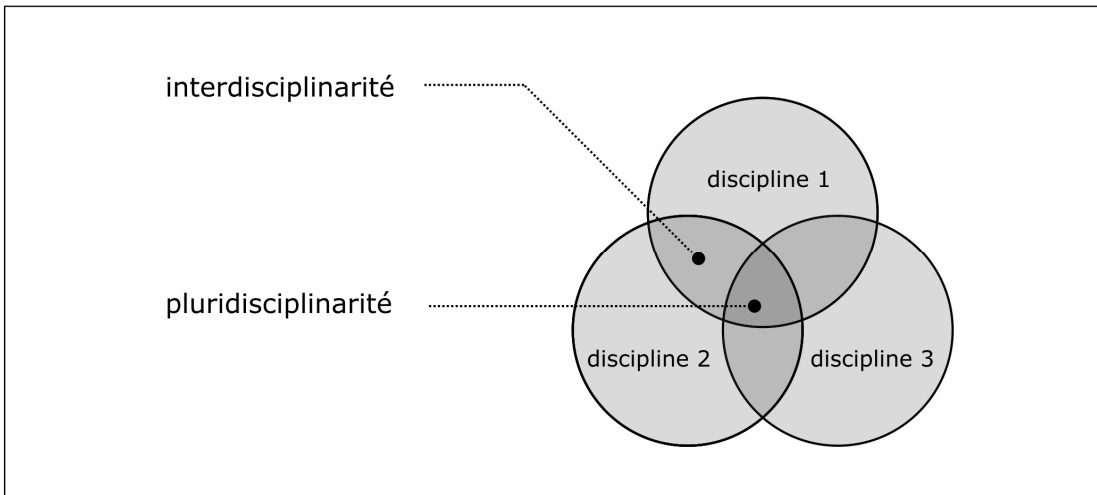
Basé sur une réflexion nouvelle de l'Education Nouvelle, enrichi par des connaissances de la théorie constructiviste, de la théorie des systèmes, de la neurophysiologie et psycho-neuro-immunologie (PNI), ce modèle didactique ne revendique plus un enseignant universel. Il demande à ce que l'apprenant se sente en grande partie responsable des situations pédagogiques.

Apparemment, il y aurait un changement de paradigme au sein de la discussion du développement scolaire et de la construction de modèles didactiques. Ce changement de paradigmes est représenté dans le schéma ci-dessous:



L'élaboration d'une mathématique n'est pas interdisciplinaire ou pluridisciplinaire mais **transdisciplinaire**.

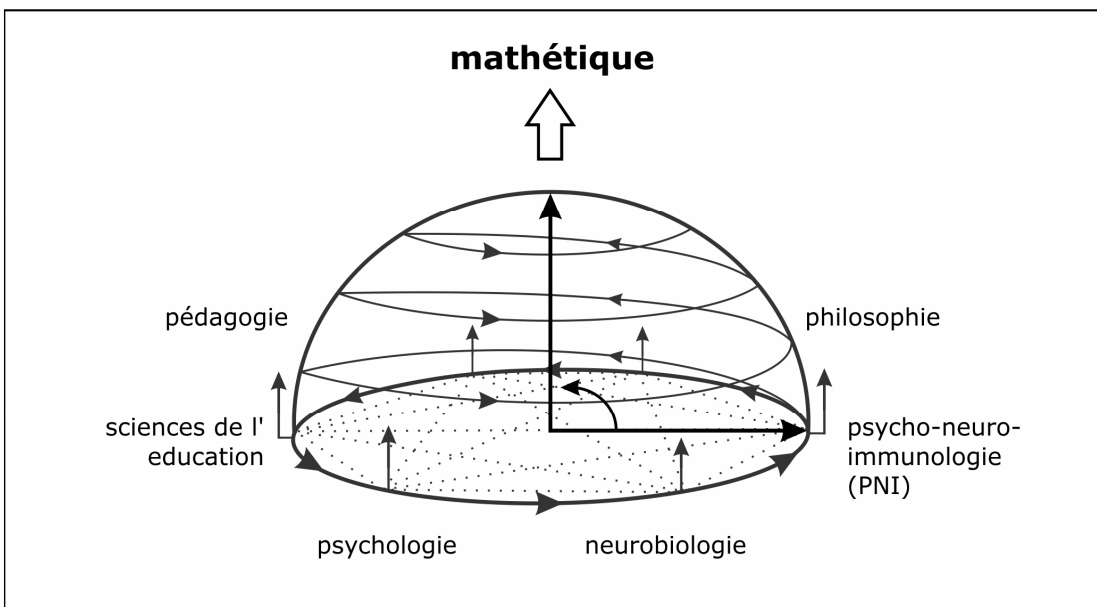
Les nouveaux domaines de recherche traversant les frontières entre les disciplines, ne sont pas interdisciplinaires ou pluridisciplinaires car les concepts d'interdiscipline et de pluridiscipline n'existent qu'à un niveau *bidimensionnel*.



voir Koizumi 2003, p. 113

Dans ces nouveaux domaines de recherche, on utilise les connaissances d'un grand nombre de disciplines afin de créer une structure conceptuelle dépassant les limites des sciences exactes, sociales et humaines.

Le concept de transdisciplinarité occupe un espace *tridimensionnel*. Ce concept est placé à un haut niveau hiérarchique, lui-même bâti sur la connexion de plusieurs disciplines à un niveau hiérarchique moins élevé. La transdisciplinarité contient le concept de construire des passerelles entre des disciplines les plus variées. Un nouveau domaine de connaissances résulte de leur fusionnement.

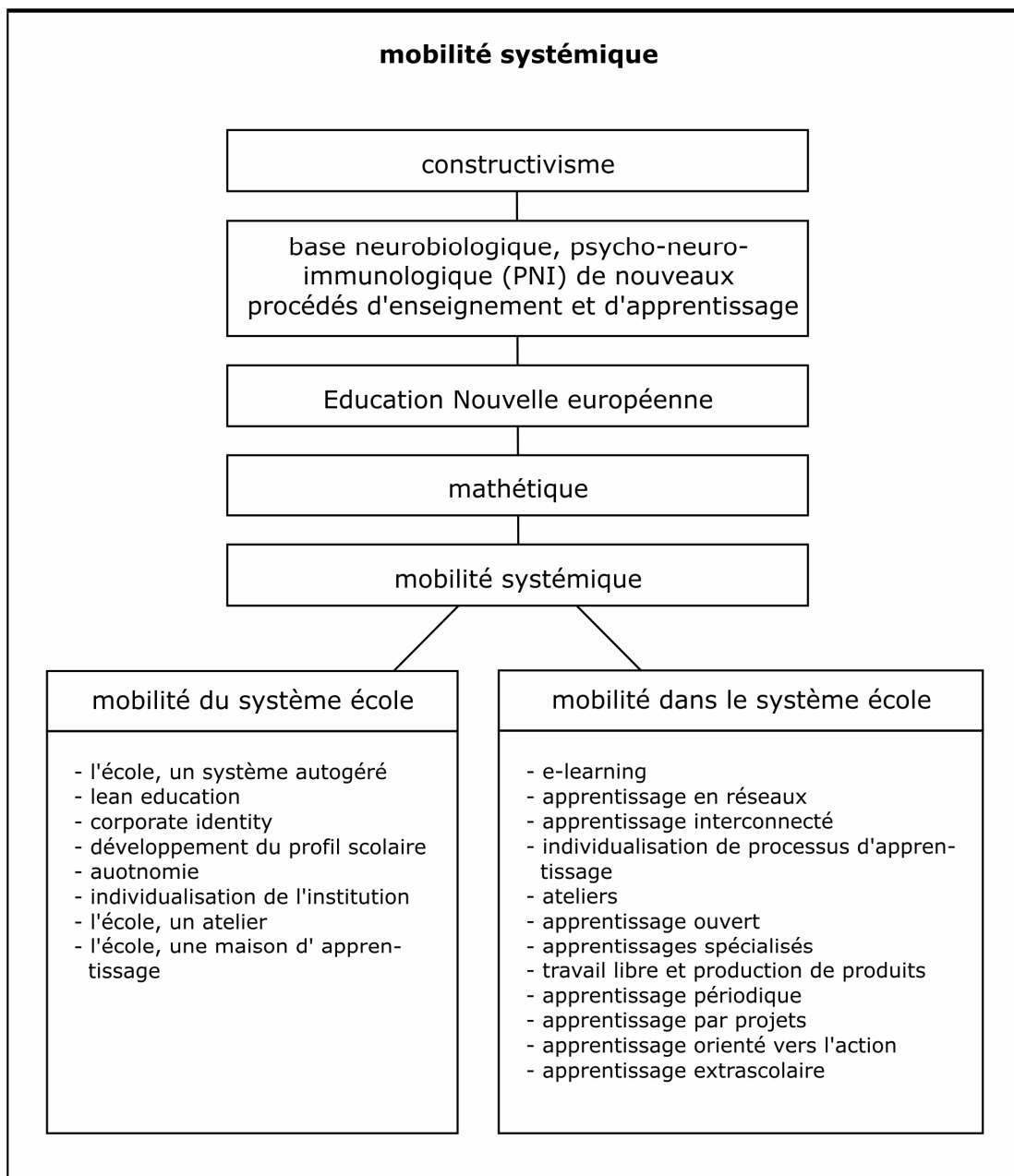


voir Koizumi 2003, p. 113

Nous trouvons des idées semblables dans le Livre Blanc « enseigner et apprendre » de 1995 de la Commission de l'Union Européenne concernant un nouveau modèle d'enseignement et d'apprentissage. L'objectif formulé dans ce livre est la « contribution au développement d'une formation (des enseignants) de haute qualité au sein de l'Union Européenne ». Une formation de haut niveau est pour les Sciences de l'Education/la formation des enseignants le signe d'un processus de restructuration, attendu depuis longtemps. Son objectif est, selon elles, entendu comme un processus d'apprentissage global, systémique, connecté et à vie. On peut entendre cette revendication - dans le sens d'une réactualisation des idées fondamentales de l'Education



Nouvelle européenne - comme un héritage pédagogique européen commun. L'Éducation Nouvelle actuelle retient dans le Livre Blanc de L'Union Européenne un objectif important que nous nommons la « mobilité systémique », c'est à dire une mobilité autogérée de l'individu enseignant et apprenant dans des institutions et systèmes complexes et interconnectés et une mobilité autogérée des systèmes de formation et de leurs institutions.



La mobilité systémique décrit l'intention de définir des objectifs sur la théorie de l'enseignement et de l'apprentissage comme réponse aux trois grands remaniements formulés dans le livre de l'Union Européenne:

1. Le cheminement vers une société de communication
2. La mondialisation
3. La civilisation scientifique et technologique en cours de développement sans cesse grandissant

L' « apprentissage systémique » est une voie vers la mobilité systémique qui se compose de sept éléments dans le Livre Blanc (voir Le Livre Blanc 1995, p.10-19). Les idées de base de l'Education Nouvelle sont prises ici comme un exemple possible d'application dans la pratique pédagogique:

1. Saisir la signification des choses grâce à une formation scientifique suffisante (mobilité systémique par la réduction de la complexité des systèmes)  
La pratique de l'Education Nouvelle:  
réduction de la complexité des contenus par l'*apprentissage exemplaire* avec l'objectif de présenter les structures fondamentales du domaine de connaissances en question (Wagenschein).
2. Comprendre par l'action autogérée et innovatrice (mobilité systémique par la production d'une complexité des systèmes)  
La pratique de l'Education Nouvelle:
  - les plans de travail hebdomadaire, les ateliers, l'expression libre (Freinet)
  - l'autoactivité, le libre choix, l'apprentissage à l'aide du matériel didactique (Montessori)
  - l'apprentissage autogéré reposant sur des commandes de travail (« assignments ») (Parkhurst)
  - l'apprentissage individuel en « situations pédagogiques » (Petersen)
3. La capacité de juger et de prendre des décisions qui doit s'appuyer d'une part sur les connaissances acquises et d'autre part, sur une intuition de l'avenir (mobilité systémique dans le moment présent par l'évaluation des propres actions).  
La pratique de l'Education Nouvelle:
  - l'école en tant que communauté de vie (Petersen)
  - la préservation des traces de l'action personnelle dans le courant de l'histoire.
4. Développement de la faculté d'entrer dans la vie professionnelle par une meilleure connexion entre la culture générale et les connaissances spécifiques. Accès faciles et variés à la culture générale et à la formation professionnelle (mobilité systémique dans l'espace de formation et mobilité systémique de l'espace de formation)  
La pratique de l'Education Nouvelle:  
le mouvement de l'Education du Travail (Dewey, Kerschensteiner, Gaudig, Blonskij, Oestreich, Freinet)
5. Formation en réseaux régionaux et européens (mobilité systémique par l'apprentissage en réseaux/apprentissage connecté)  
Pratique de L'Education Nouvelle:
  - Community Education
  - écoles interconnectées
6. Garantie de l'accès à l'apprentissage à vie; ici, notamment l'utilisation de l'offre variée de la société de communication (mobilité systémique par des réseaux virtuels/ICT-Learning)  
Pratique de l'Education Nouvelle:
  - apprentissage autonome comme base pour un processus d'apprentissage à vie et autogéré (soutenu par tous les pédagogues de l'Education Nouvelle)
  - les cours ouverts comme condition pour un ICT-Learning (les pédagogues de l'Education Nouvelle au complet)

7. Promotion renforcée de l'acquisition de langues étrangères (mobilité systémique dans la société européenne polyglotte)

**La pratique de l'Education Nouvelle:**

- « phases sensibles » / « esprit absorbant » / cours précoces de langues étrangères (Montessori)
- coopération internationale entre les écoles (Freinet)  
(voir aussi Livre Blanc de la Commission de l'Union Européenne, 1995)

Si l'interprétation, encore actuelle, du Livre Blanc est exacte, alors il existe de sérieux déficits dans les structures scolaires au niveau enseignement/apprentissage. Il n'y a pratiquement pas de concepts de mathématique innovateurs permettant la promotion et l'expansion de l'apprentissage autogéré. Les écoles n'intègrent pas la mobilité systémique au niveau de leurs propres structures et ne favorisent pas la mobilité systémique des apprenants.

Le schéma suivant expose en dix points la didactique objective qui s'oppose à la mathématique (didactique subjective), à la neurodidactique/didactique de la PNI et à la didactique de l'Education Nouvelle.

**Didactique Objective** ↔ **Mathetique** → **Neurodidactique Didactique de la PNI** → **Didactique de l'Éducation Nouvelle**

connaissance en tant que modèle	connaissance en tant que construction	connaissance en tant que connexion neuronale subsymbolique	tâtonnement expérimental
optimisme du réalisable technologique	promotion de l'autogestion	autoorganisation des groupes de neurones	apprentissage auto-actif dans un environnement préparé
société d'information	société d'apprentissage et de communication	couplage structurel	apprentissage en communauté
transmission de connaissances	apprentissage autodéterminé	système d'apprentissage autopoïétique	cheminement individuel dans l'apprentissage
vérités objectives	pluralité des constructions de la réalité	qualités différentes dans les connexions entre réseaux de neurones	résultats individuels de l'apprentissage
image du monde voué à la réduction	image du monde holistique	intégration multisensorielle	globalité du sujet et de l'objet de l'apprentissage
transmission de réponses	stimulations aboutissant à des questions	Perturbation du système autopoïétique	dialogue socratique
consensus unité	différence pluralité	influences de l'environnement: un hasard pour les différentes connexions neuronales	méthodes d'apprentissage: rythmes individuels d'apprentissage. produits individuels
solutions parfaites	probabilités d'erreurs	acceptation des hypothèses ou rejet des hypothèses par l'interaction des régions cérébrales supérieures et inférieures	apprentissage expérimental. apprentissage par projets
cognition	cognition et émotions	émotions en tant qu'opérateurs d'interconnexions neuronales	apprentissage dans un environnement préparé positif. L'école en tant que centre de vie

(voir Siebert 1999, p.15)

Précision sur la différence entre la didactique objective d'un côté et la mathétique (did. subj.), la neurodidactique et la didactique de l'Education Nouvelle de l'autre.

## 1.

Didactique objective :

### **La connaissance (l'apprentissage) : un modèle**

Alors que le réalisme naïf part du principe que le modèle représente la réalité de l'homme, le réalisme critique parle déjà d'un modèle influencé par les connaissances préalables. La théorie des modèles basée sur le néopragmatisme va encore plus loin en énonçant que toute connaissance est une connaissance au sein de modèles ou par modèles. Selon Stachowiak (1973), les modèles de l'homme détiennent les trois particularités suivantes:

#### 1. La particularité de représenter

« Les modèles sont toujours des modèles de quelque chose, en effet ils sont la représentation d'originaux naturels ou artificiels qui peuvent déjà eux-mêmes être un modèle » (Stachowiak 1973, p.13).

#### 2. La particularité de comprimer

« Généralement, les modèles ne redonnent pas tous les attributs de l'original mais uniquement ceux qui semblent être importants aux créateurs de modèles et aux utilisateurs de modèles » (Stachowiak 1973, p. 132).

#### 3. La particularité d'être pragmatique

« Les modèles ne sont pas obligatoirement identifiables. Ils ont pour fonction de remplacer quelque chose

a.) pour certains utilisateurs de modèles

b.) dans l'espace d'un temps précis

c.) dans la limite d'opérations précises de la pensée ou d'opérations précises réalisées » (Stachowiak 1973, p. 132).

« Au delà de la relation avec l'original, il faut relativiser au niveau pragmatique le terme de *modèle*. Les modèles ne sont pas uniquement les modèles de quelque chose. Ils sont aussi modèles pour quelqu'un,...Ils remplissent leur fonction dans le temps, dans un intervalle de temps. Et ils sont aussi modèles dans un but bien précis » (Stachowiak 1973, p.133).

Mais cette approche, qui porte en elle déjà des particularités du constructivisme, reste en fin de compte prisonnière de la pensée de la reproduction (du modèle).

Mathétique :

### **La connaissance (l'apprentissage): une construction**

« La thèse centrale du constructivisme s'énonce comme suit: Les êtres humains sont des systèmes autopoïétiques, clos au niveau opérationnel et dotés d'un propre référentiel. Nous ne pouvons pénétrer dans la réalité extérieure ni au niveau sensoriel ni au niveau cognitif. Nous ne sommes reliés au monde extérieur que par un couplage structurel. Cela signifie que nous transformons les stimulations externes selon un principe déterminé par les structures de notre système nerveux, autrement dit sur la base individuelle de structures psychologiques, physiques, cognitives et émotionnelles.

La réalité créée ainsi n'est pas une représentation, un modèle du monde extérieur mais une construction fonctionnelle et viable qui est partagée par les autres et qui s'est avérée utile à la vie dans l'histoire individuelle et collective des êtres humains » (Siebert 1999, p.5-6).

Les neurobiologistes chiliens Maturana et Varela, ont introduit ce terme de *système autopoïétique*. Les systèmes autopoïétiques sont déterminés par leurs propres structures. Le monde extérieur ne les influence pas. Ils sont autogènes (voir Maturana/Varela 1987). Selon la vue constructiviste, les individus développent au cours du processus d'apprentissage des modèles viables qui les aident à trouver une orientation dans un monde pratiquement impénétrable pour eux (voir Glasersfeld 1985) et à résoudre leurs problèmes (pragmatisme. Les cours sous forme de projet de Dewey).

#### Neurodidactique :

**La connaissance (l'apprentissage) en tant qu'interconnexion neuronale et sub-symbolique:** Les réseaux neuronaux n'ont pas mémorisé de règles pour reconnaître des modèles. Au contraire, la connaissance des règles est représentée par la construction d'interconnexions neuronales ou encore par le renforcement de relations neuronales (réseaux actifs). « Les processus de la pensée apparaissent alors sous une toute autre perspective. De tels processus ne sont pas une simple manipulation de symboles mais un processus subsymbolique, difficile à décrire à l'aide de règles et au cours duquel les représentations intrinsèques sont continuellement mouvantes. Les règles ne résident pas dans la tête, elles ne sont utilisables que pour décrire rétrospectivement un travail de l'esprit précis » (Spitzer 2000, p.29).

#### Didactique de l'Education Nouvelle :

**Le tâtonnement expérimental :** La pédagogie Freinet semble être basée sur une certaine structure constructiviste que l'on reconnaît dans l'interconnexion systémique du besoin de travailler, des structures du travail, des techniques de travail et de la documentation mise à la disposition des apprenants (Hagstedt 1997). Apparemment, la désignation de *tâtonnement expérimental* de Célestin Freinet convient à une interprétation constructiviste. « Il existe indubitablement des points communs entre le modèle de la cognition, clos au niveau de la théorie de l'information et le modèle du tâtonnement expérimental. Ainsi, suivant la théorie du tâtonnement expérimental, le savoir n'est pas un modèle mais une construction. En considérant l'aspect de l'homéostasie, c'est à dire de la conservation ou du rétablissement de l'équilibre intérieur, Freinet met l'accent sur l'importance du facteur subjectif, des composants subjectifs et interprétatifs accompagnant tout processus de perception, d'interprétation et de construction. Comme Maturana (1985, p. 29) on abandonne la recherche de la vérité et de l'absolu, la recherche d'un monde stable et sûr et la recherche d'une certaine permanence résultant du rejet du mouvant. » (Kock 2003, p.51)

Par ailleurs, on retrouve aussi dans la tradition de l'Education Nouvelle des éléments constructivistes dans les domaines du travail libre, des plans de travail, de l'apprentissage autogéré et actif.

## 2.

#### Didactique objective :

**L'optimisme technologique du réalisable:** cette didactique se distingue par un haut niveau de différenciation interne concernant le prétendu « terrain de conditions et de décisions ». Ce terrain de facteurs infiniment détaillé donne l'illusion qu'une telle didactique multifonctionnelle permet une planification précise des cours.

#### Mathétique :

**Promotion de l'autogestion:** la non-linéarité et l'autodétermination caractérisent les systèmes cognitifs et sociaux. En conséquence, l'action didactique ne peut que stimuler les processus d'apprentissage et non les déterminer. Ce postulat a des conséquences sur les modèles didactiques. Les enseignants ne peuvent pas influencer directe-

ment le comportement (autrement dit l'apprentissage) ou les changements de comportement de l'apprenant ou d'un groupe d'apprenants. De cette perspective, on ne peut donc que *stimuler* les systèmes complexes d'apprenants ou de groupe d'apprenants sur la base de leurs structures et non les déterminer. Ce fait est la cause d'un grand manque d'assurance au sein de l'action pédagogique. Si nous suivons cette orientation, nous devons accepter en tant qu'enseignants que les apprenants apprennent selon leurs propres règles et leurs expériences antérieures, selon leur propre accès à la compréhension et enfin dans le contexte de leur environnement familial.

La base de toute action didactique est donc la capacité des systèmes complexes d'agir en interaction avec l'environnement et de construire des modèles personnels de la réalité.

*Enseigner* (la gestion de l'apprentissage) signifie en conséquence *stimuler* les systèmes complexes qui travaillent selon leur propre logique. Il en résulte qu'il est par principe impossible d'*enseigner* (directement). On ne peut qu'activer des processus d'apprentissage.

L'apprentissage autogéré n'est pas un processus planifié, gérable de l'extérieur. Pour y contribuer il faut aménager consciencieusement des environnements propices à l'apprentissage.

L'apprentissage autogéré demande qu'on abandonne l'idée du « déficit » en faveur de la notion de « capacité ». Le défi didactique est d'abandonner la didactique de « celui qui sait tout » et d'adopter en échange une position constructiviste.

L'apprentissage autogéré dépasse l'apprentissage centré sur l'enseignant, identique pour tout le groupe d'apprenants comme s'il existait réellement des groupes d'apprentissage homogènes. A la place, on met en relief le développement d'un mouvement didactique de la promotion et de l'accompagnement de l'apprentissage. Il en suit l'aménagement d'un environnement motivant pour les apprenants dans toutes leurs particularités (voir Werning 1996).

#### Neurodidactique :

**L'autoorganisation des groupes de neurones:** les fonctions spéciales et systémiques du réseau neuronal lié étroitement à un même « input » répétitif, conduisent à un apprentissage autogéré. Chaque neurone se trouve dans une couche comparable à une colonne et est relié à chaque aux autres neurones. Il stimule ainsi les neurones les plus proches et handicape les plus éloignés. Cette structure renforce les relations dans le système. « Certaines particularités du « input » sont régulièrement représentées à un endroit précis du réseau » (Spitzer 2000, p. 104).

#### Didactique de l'Education Nouvelle :

##### **Un apprentissage actif dans un environnement préparé.**

L'enseignement de l'Education Nouvelle s'ouvre à l'individualité de l'apprenant. L'apprenant ne doit plus s'adapter aux conditions et aux exigences de l'institution de formation. L'institution est tenue de mettre à la disposition de l'apprenant un environnement préparé (p.ex. : le matériel didactique dans la méthode Montessori).

L'enseignement de l'Education Nouvelle demande de prendre en considération le potentiel de l'apprenant. Le défi didactique est d'intégrer le vécu, les expériences, les craintes, les désirs et les espoirs des apprenants (p.ex.: « l'expression libre » dans la pédagogie Freinet).

L'enseignement de l'Education Nouvelle met l'accent sur un apprentissage actif. Les objectifs sont « la promotion d'une reconnaissance de sa propre valeur » et « la promotion d'une action coopérative et solidaire ». Un point décisif est que les enseignants et les apprenants se mettent d'accord sur la réalisation des produits de cette action (p.ex.: « la situation pédagogique » de Peter Petersen, voir Werning 1996).

### 3.

#### Didactique objective :

**La société d'information:** le modèle émetteur-récepteur incite à supposer que le courant d'énergie (p. ex. les ondes sonores) serait codé dès le départ (c'est à dire depuis l'émetteur), donc rempli de sens et que le destinataire n'aurait qu'à recevoir le message. C'est une vue erronée.

#### Mathématique :

**La société d'apprentissage et d'informations:** selon la théorie constructiviste le processus d'apprentissage est un processus récursif. L'appris est déjà remodelé et déterminé par l'apprenant. Au cours du processus d'apprentissage, il n'y a pas de transport de *sens*. C'est l'apprenant qui donne un sens au courant d'énergie codé lui parvenant.

#### Neurodidactique :

**Le couplage structurel:** les réseaux neuronaux sont connectés aux réseaux neuronaux de l'environnement. Cela signifie que les modèles internes sont modifiés par des modèles externes. On parle de construction de modèles *coévolutive*.

#### L'Education Nouvelle :

**L'apprentissage dans la communauté:** Peter Petersen a placé la notion de « communauté » au centre de son travail pédagogique. « Comment aménager la communauté éducative pour que l'enfant puisse s'y approprier la meilleure formation, une formation adaptée à sa tendance innée et dynamique à se former? En bref: Quelle communauté éducative permettant le vrai développement de sa personnalité? » (Peter Petersen (1927), voir Spies-Bong 1989, p.19)

### 4.

#### Didactique objective :

**Transmission des connaissances – le contrôle des connaissances:** dans les cours traditionnels, centrés sur l'enseignant, la majorité des questions sont destinées à tous les élèves. Ces questions s'adressent généralement à la faculté des élèves à reproduire l'appris. On compte environ 80 questions dans un cours de 45 minutes. Cette didactique se caractérise par un intervalle de temps réservé à la performance et non à l'apprentissage (comparer Frey, K. et. al. 1999, p. 339-340).

#### Mathématique :

**L'apprentissage autodéterminé:** « L'apprentissage autogéré est une forme d'apprentissage dans laquelle la personne travaille à ce qu'elle veut, selon sa motivation. Elle adopte une ou plusieurs mesures attribuées à l'autogestion relevant de cognition, de la volonté et du comportement. Elle contrôle, influence et évalue elle-même (à un niveau métacognitif) le déroulement du processus d'apprentissage » (Konrad/Traub 1999, p.13).

#### Neurodidactique :

**Le système d'apprentissage autopoïétique:** les systèmes autopoïétiques sont déterminés par leurs structures et ne peuvent pas être directement influencés par le monde extérieur. On ne peut que les *perturber* (déranger).

#### Didactique de l'Education Nouvelle :

**Le cheminement individuel:** on retrouve dans presque tous les modèles de l'Education Nouvelle les mêmes étapes de l'apprentissage autogéré: les objectifs, la planification de l'apprentissage, la réalisation de l'apprentissage, la réflexion sur l'apprentissage (métacognition) et l'évaluation des résultats.



## 5.

### Didactique objective :

**Des vérités objectives:** Selon le néopragmatisme, la construction des connaissances se réalise en fonction des groupes d'intention homogènes dans le temps et pour un laps de temps. Cela signifie ainsi le refus des modèles revendiquant leur justification dans le temps et dans l'espace.

### Mathétique :

**La pluralité des constructions de la réalité:** Les êtres humains forment avec le monde extérieur des systèmes interdépendants. Ils construisent leurs propres modèles (internes) de la réalité. « La relation sujet – objet est interdépendant et dynamique. Le constructivisme confirme l'*anthropocentrisme* et l'*égocentrisme* par principe de l'existence humaine » (Siebert 1999, p.7).

### Neurodidactique :

**Les qualités divergentes des réseaux neuronaux:** Les signaux de l' « input » envoyés régulièrement par le monde individuel (=stimulations) de l'apprenant entraîne une stabilisation de la structure « output ». « La règle de l'apprentissage de Hebb dit ainsi que chaque fois que deux neurones reliés entre eux sont parallèlement actifs, leur connexion est renforcée » (Spitzer 2000, p.44).

### Didactique de l'Education Nouvelle :

**Des résultats individuels:** l'ouverture relativement grande

- de l'apprentissage par projets (Dewey)
- de l'apprentissage initial en situations pédagogiques (Petersen)
- de l'expression libre (Freinet)

mène à des apprentissages individuels qui forment ensuite ce qu'on appelle le « résultat synergique » de l'apprentissage communautaire.

## 6.

### Didactique objective :

**Image du monde réduite:** les enseignants, mettant principalement l'accent sur leur matière et sa didactique, créent des processus didactiques soumis à la réduction et aux formules.

### Mathétique :

**Une vue du monde holistique:** la construction des modèles internes est réalisée sur la base de diverses stimulations externes. Elle trouve des connexions internes complexes qui ne correspondent en rien à un monde extérieur ancré dans une discipline scolaire (matière).

### Neurodidactique :

**Intégration multisensorielle:** apprendre *avec tous les sens* ne signifie pas que la grande diversité des stimulations renforce automatiquement la relation subsymbolique (représentation) mais que différentes offres d'accès sont créées. « Les informations provenant des plus différents canaux d'information sont comparées entre elles, p.ex. concernant les ressemblances, les similitudes, les contradictions. Etant donné que nous disposons d'un grand nombre de sens par le biais desquels des informations sur l'environnement et sur nous-mêmes nous parviennent, le processus de l'évaluation des concordances et de discordances s'avère laborieux. Quelque peut simultanément toutes les informations sensorielles et leur adéquation sont comparées aux expériences antérieures prenant place dans divers systèmes de mémorisation. Selon la correspondance positive avec les expériences préalables, les nouvelles informations sont déva-

lorisées, valorisées, remaniées, classées selon l'ordre d'urgence du moment, attribuées à d'anciennes expériences ou mémorisées séparément » (Schusser 2002).

Didactique de l'Education Nouvelle :

**La globalité du sujet de l'apprentissage et de l'objet de l'apprentissage:** les pédagogues de l'Education Nouvelle ont toujours mis l'accent sur le caractère global de l'apprenant et du contenu de l'apprentissage (p.ex. l'action dans la pédagogie de *l'Ecole du Travail* (Kerschensteiner), la définition des domaines d'apprentissage interdisciplinaires: *Dieu, la nature, l'homme* (Petersen) et la création de globalités par l'élève même (Freinet)).

7.

Didactique objective :

**La transmission des réponses:** Martin Wagenschein a très tôt critiqué le fait que la didactique traditionnelle ignore le processus d'apprentissage génétique comprenant:  
*L'étonnement* résultant des phénomènes  
*L'étonnement* dans la vie quotidienne  
*Les formulations* pas encore conformes à la matière en question (voir Wagenschein 1962).

Mathétique :

**La promotion des questions:** L'existence des phénomènes, qui remettent en question des modèles (apparemment viables), mène à leur transformation (élargissement).

Neurodidactique :

**La promotion du système autopoïétique:** « De nouvelles situations et de nouveaux lieux peuvent entraîner des *perturbations*, c'est à dire des dérangements. Donc, l'environnement ne détermine pas ou n'instruit pas le système autopoïétique. Il provoque des changements » (Siebert 1999, p. 200).

Didactique de l'Education Nouvelle :

**Les dialogues socratiques:** l'appel de l'Education Nouvelle aux enseignants:  
Posez le plus de questions possibles qui ne demandent pas de reproduire avec précision l'appris. Choisissez des stimulations larges qui incitent les élèves à entreprendre des activités constructives et productives.

8.

Didactique objective :

**Un consensus - une unité:** Le cours traditionnel vise à la transmission de connaissances objectives et non-contextuelles. Le néopragmatisme et le constructivisme opposent à cette vue la notion de la connaissance multiple, pragmatique et intentionnelle.

Mathétique :

**Les différences - la pluralité:** « Le constructivisme met l'accent sur les différences, l'hétérogénéité, la variété et moins sur les consensus, l'homogénéité, l'identité. Apprendre présuppose la perception des différences, de l'inconnu, et des autres perspectives » (Siebert 1999, p.198)

Neurodidactique :

**Les influences de l'environnement en tant que générateur d'interconnexions neuronales:** « Alors que le développement des structures fondamentales du cerveau est génétique, il est stupéfiant de constater que la majorité de l'activité électrique, la croissance des dendrites, les relations synaptiques entre les neurones et la production

de myéline qui enveloppe et protège l'axone et assure la transmission des stimulations sont influencées par l'expérience. On nomme « plasticité (« plasticity ») la disposition continue du cerveau à se transformer au cours des expériences avec l'environnement. En tant qu'enseignant, il faut savoir qu'« enseigner » ne signifie pas gaver l'apprenant d'informations. L'enseignant doit aider l'élève à développer des groupes de neurones qui s'enflamment simultanément. Le résultat en est l'apparition de réseaux neuronaux toujours plus importants et complexes qui correspondent à l'acquisition de compétences et idées visant à un but et pourvues de sens » (Arnold 2002, p.122).

Didactique de l'Education Nouvelle :

**Les méthodes individuelles d'apprentissage, le rythme individuel de l'apprentissage, les produits personnels de l'apprentissage:** un exemple: Le principe de l'activité libre de Hugo Gaudig: « Je demande l'autoactivité dans toutes les phases du travail. L'élève doit être actif au moment de définir ses objectifs, au moment de la planification du travail, de la réalisation, des décisions dans des moments critiques, du contrôle de l'exécution du travail et du résultat, de la correction et de l'évaluation. L'élève actif n'a pas besoin d'être déterminé de l'extérieur. Il ne nécessite pas de stimulations externes, il ne nécessite pas un guide pour trouver la voie menant à la solution de ses exercices. Le principe de l'autoactivité domine tout le cours scolaire, du premier au dernier jour » (Gaudig 1922, p.93).

## 9.

Didactique objective :

**Des solutions parfaites:** la didactique objective active le processus des cours dans la direction des objectifs définis. Des modèles présumés parfaits sont remis hâtivement à l'élève. Ils ont le caractère d'être « livrés » de l'extérieur et ne seront gardés en mémoire que peu de temps.

Mathématique :

**La probabilité des erreurs:** le fait de s'engager dans des processus d'apprentissage constructifs ou re-constructif, *viabiles* ou *non-viabiles* en construisant des hypothèses (modèles) qu'on accepte ou rejette, nous permet d'apprendre beaucoup de choses

Neurodidactique :

**L'acceptation ou l'abandon d'une hypothèse par l'interaction des zones inférieures et supérieures du cerveau:** selon Spitzer des régions supérieures du système central nerveux construisent des modèles qui sont comparés à l'« input » sensoriel des régions inférieures. « Il résulte de cette comparaison que soit l'input correspond tout à fait à l'interprétation arrivant du « haut » soit qu'un reste n'est pas expliqué par l'interprétation. Dans le premier cas, le système a atteint un état de stabilité; dans le second cas le reste non expliqué est renvoyé, en tant qu'input, par les zones inférieures aux zones supérieures dans le but d'un remaniement (cela signifie pour préparer de nouvelles propositions relatives à l'interprétation). Ces propositions sont alors envoyées dans les zones inférieures sous forme d'échantillons afin que l'input complet trouve une interprétation satisfaisante ou que l'hypothèse initiale soit réfutée et qu'une nouvelle soit testée. » (Spitzer 2000, p.140)

Didactique de l'Education Nouvelle :

**L'apprentissage actif, le tâtonnement expérimental, l'apprentissage par projets:** l'apprentissage basé sur la mise en problèmes demandé par Dewey et d'autres pédagogues mène à une situation pédagogique productive dans laquelle l'élève développe différentes hypothèses. Elles sont acceptées ou abandonnées dans un test pratique

Ce faisant, la voie menant aux modèles *non-viables* contient un grand potentiel pour l'apprenant. « Cependant dans tous les domaines de l'apprentissage, il existe le principe qui dit que la *découverte* et la *recherche* sont d'une plus grande importance pour le développement de l'enfant que le *savoir* » (Eichelberger 2002, p.54).

## 10.

### Didactique objective :

**La cognition:** bien que dans les didactiques objectives il soit mentionné que la dimension émotionnelle doit rentrer en ligne de compte dans la planification du cours, au quotidien c'est la dimension cognitive qui est placée au premier plan.

### Mathématique :

**Cognition et émotion:** Le constructivisme a initialement essayé d'expliquer l'interaction des systèmes au niveau cognitif. Entre-temps, on est relativement certain que des émotions accompagnent les performances cognitives ou tout au moins les influencent.

### Neurodidactique :

**Les émotions, des opérateurs d'interactions neuronales:** « La tendance à décrire les émotions en fonction de leur origine neuronale s'impose de plus en plus. Les émotions sont, vues sous cette perspective, des processus psychoneuronaux. Ils sont d'une grande efficacité pour régler l'intensité et de la structuration des actions, dans le courant dynamique des interactions avec d'autres êtres vivants ou objets. Chaque émotion détient une nuance spéciale qui est directement ressentie. Elle est primordiale pour la mémorisation des valeurs intrinsèques et vitales de cette interaction. Dans le cadre de cette argumentation, il est nécessaire de rappeler que justement cette attribution émotionnelle des valeurs a pour effet que les nouvelles informations seront mieux mémorisées et plus présentes dans l'avenir. » (Arnold 2002, p. 43)

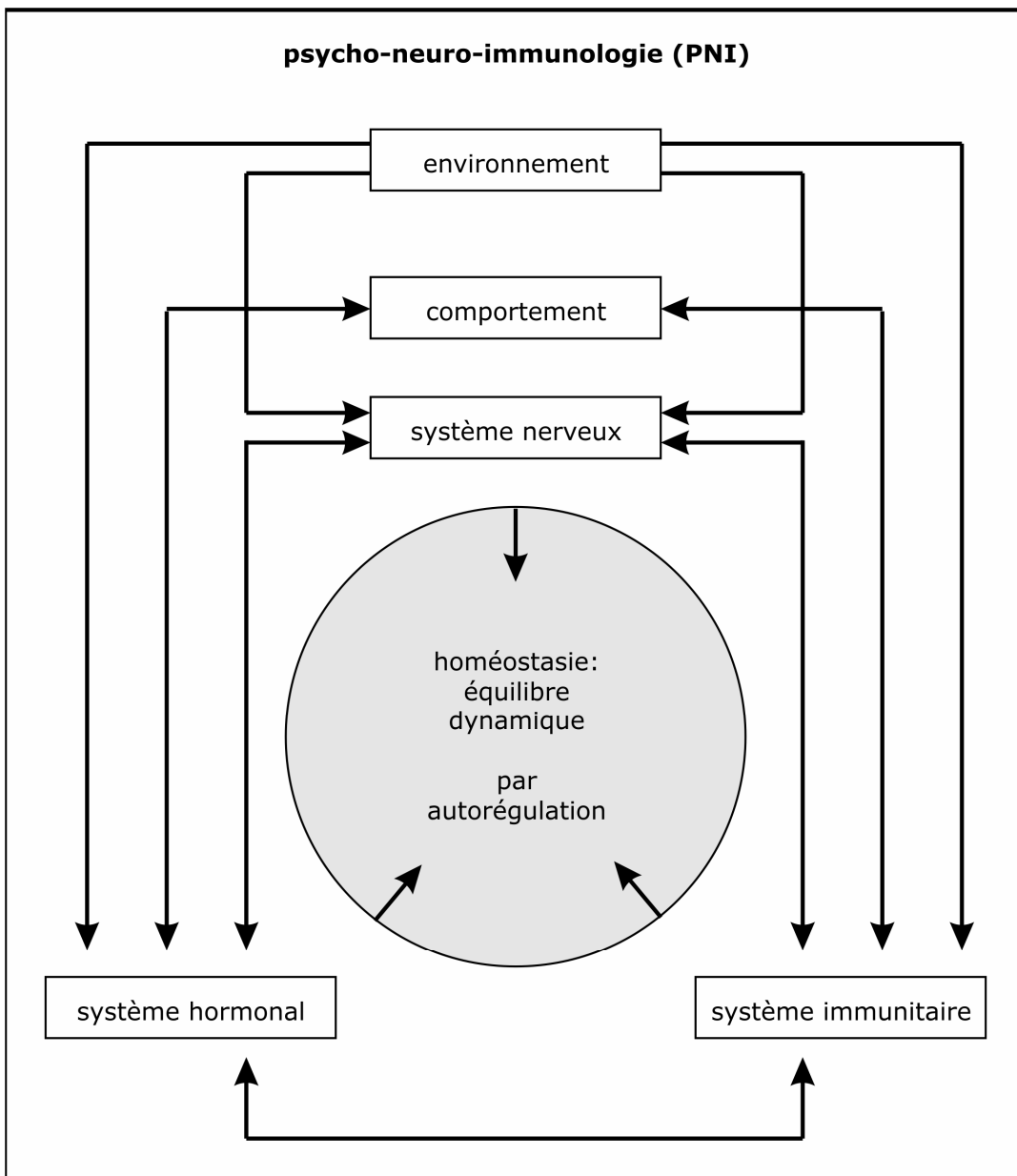
Dans sa « logique des émotions » Ciompi donne aux émotions les termes de « moteurs » et de « facteurs d'influence » des processus cognitifs:

*« Les émotions sont des fournisseurs d'énergie décisifs ou moteurs et stimulateurs de la dynamique cognitive. Les émotions désignent en permanence le focus de l'attention. Les émotions fonctionnent comme des écluses ou des portails qui permettent ou barrent l'accès menant aux différentes capacités de la mémoire. Les émotions créent la continuité; elles agissent sur les éléments cognitifs semblables à l'argile ou au tissu conjonctif. Les émotions décident de la hiérarchie de nos pensées. Les émotions sont des réducteurs importants de la complexité »* (Ciompi 1997, p.95-99).

### Didactique de l'Education Nouvelle :

**Apprendre dans une atmosphère positive – L'école, un espace de vie:** Petersen, entre autres, a toujours demandé d'aménager l'école en une *communauté de vie*. « Peter Petersen entend par école un « centre de vie » et pas un « centre de cours ». Ce dernier ne s'intéresse qu'à l'élève alors que l'école du Plan d'Iéna s'intéresse à l'enfant dans toute sa personne. La classe ne doit plus être une « cellule d'enseignement ». Elle doit être aménagée en « living scolaire » pour donner sécurité et confort aux enfants tout en leur offrant de larges possibilités d'élargir leur horizon. Petersen doute que l'emploi du temps strict, avec un nombre sans cesse croissant de disciplines, soit un accès au monde, approprié aux enfants. Il a élaboré un *plan de travail hebdomadaire rythmique* qui structure d'une manière sensée la semaine de l'enfant. » (Eichelberger 2002, p.68)

Une argumentation dépassant encore celle de la neurophysiologie pour le fondement de la mathématique a été développée par la PNI (psycho-neuro-immunologie). La recherche PNI a livré la preuve d'une étroite relation entre le psychisme, le système nerveux central, le système hormonal et le système immunitaire. Le système nerveux central est en contact étroit avec le système immunitaire par des fibres nerveuses et avec le système hormonal par la sécrétion d'hormones. Avec ce nouveau concept de l'organisme, la PNI comprend l'homme en tant qu'être biologique, psychologique et social et explique « le réseau homme » à un niveau moléculaire. La maladie est en conséquence un trouble de la communication entre les processus biologiques, psychiques et sociaux. Formulé positivement, l'organisme apprend d'une façon optimale quand il se trouve dans l'état de l'*homéostasie*.



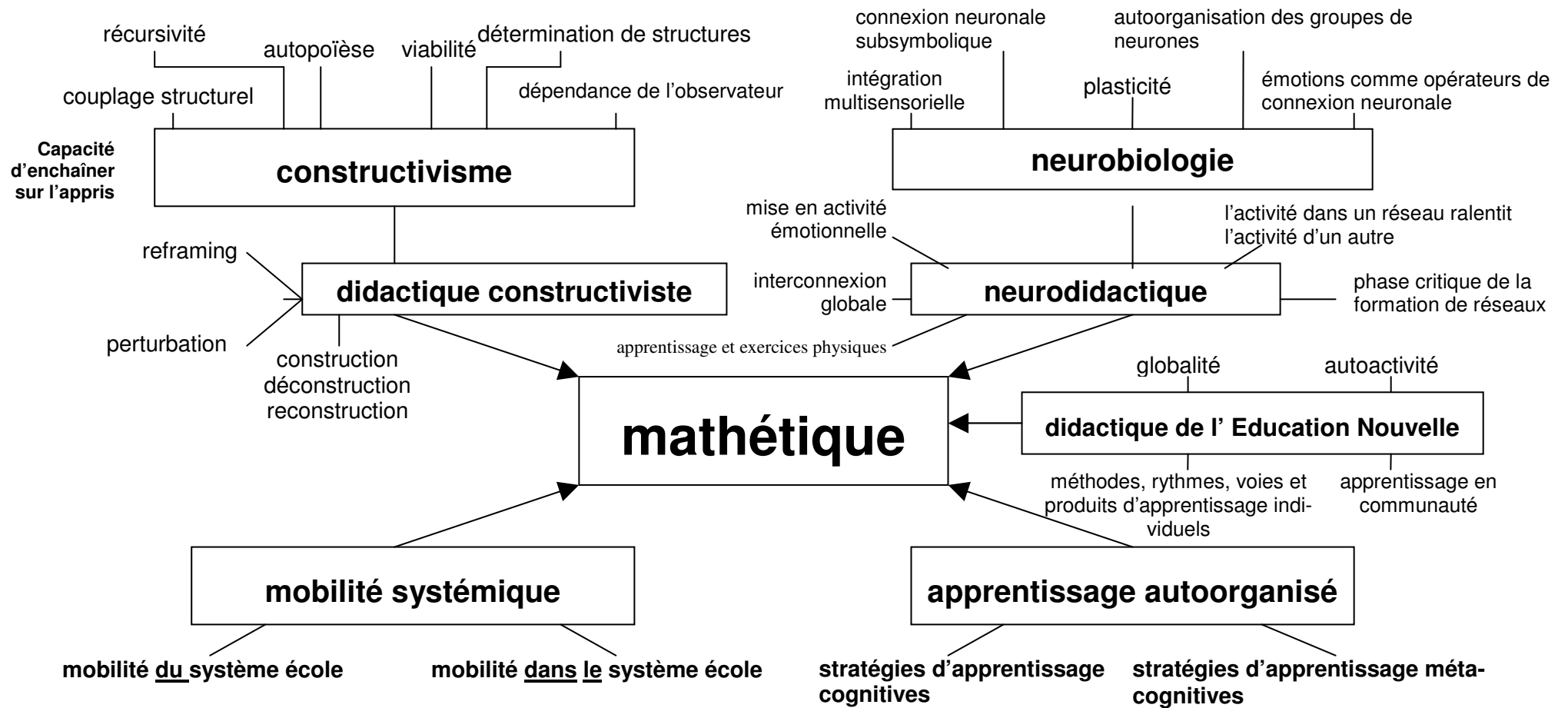
(voir Miketta 1997, p. 24)

## Conséquences pour la formation des enseignants

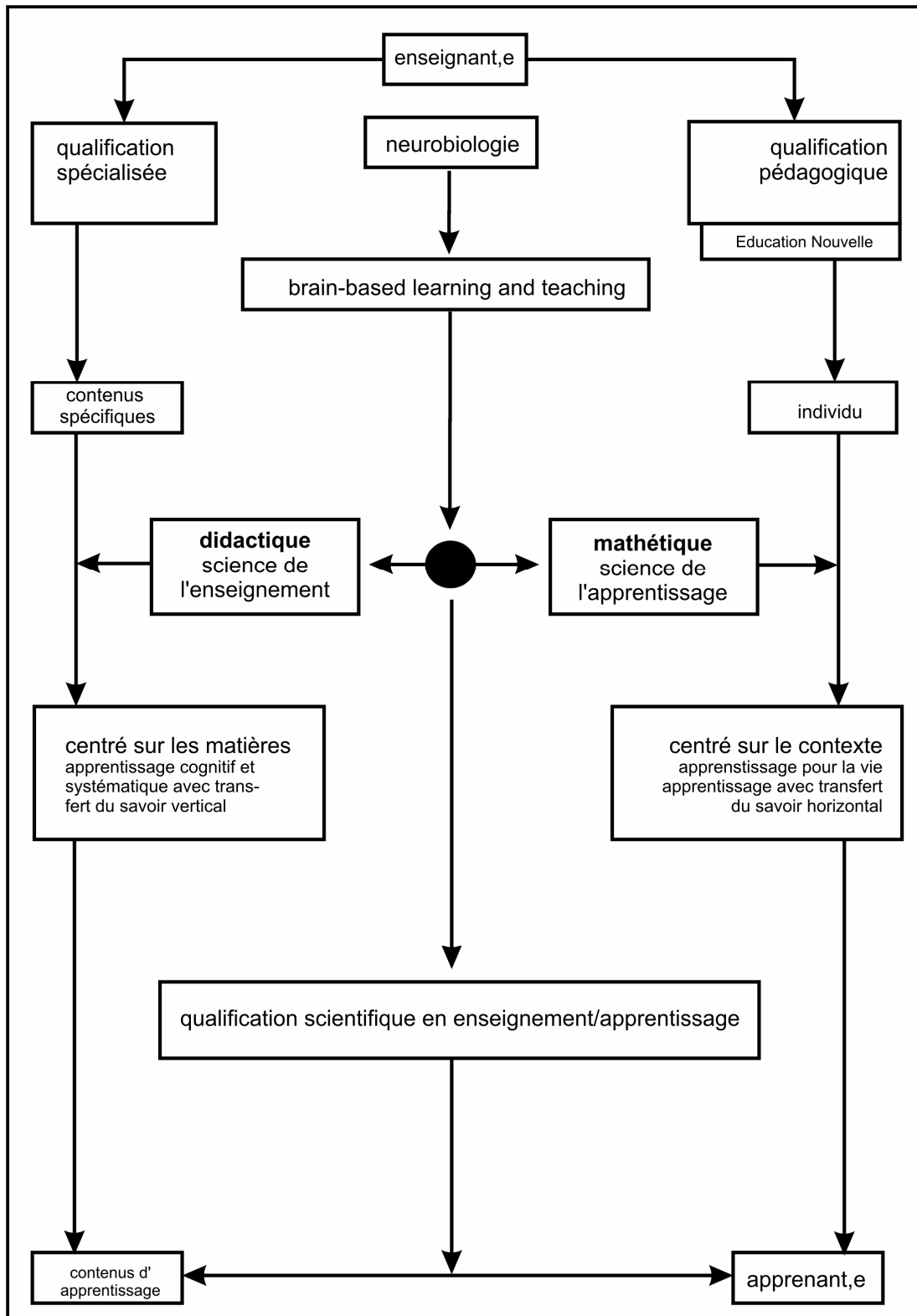
Les réflexions sur la *mathétique* présentées jusqu'à présent demandent à ce que la qualification didactique des enseignants soit élargie d'une composante capitale. A côté de la qualification classique du domaine de la didactique (théories et méthodes de l'enseignement / apprendre à enseigner), il faut porter notre attention sur une qualification significative du domaine de la mathétique (théories et méthodes de l'apprentissage) (voir Chott 2003, Anton 2003).

« La *mathétique* entendue comme le pôle opposé à la *didactique* (centrée sur l'enseignant)..., relativise la revendication formulée dans la didactique qui vise à atteindre les objectifs établis. En effet, un contrôle exact des objectifs fixés se révèle souvent impossible et dénué de sens. La mathétique implique une compréhension constructiviste de l'apprentissage qui le comprend comme étant un processus actif et autogéré au cours duquel l'individu construit ses propres réalités. » (Chott 2003, p.1)

Le graphique suivant illustre les arguments convergents concernant le terme de mathétique.



Anton a représenté dans le graphique suivant, les structures d'une qualification moderne des enseignants, complétée ici par la composante de l'Education Nouvelle.



(voir Anton 2003)



F.E. Weinert présente la relation de la didactique (transfert vertical de l'apprentissage) et de la mathématique (transfert horizontal de l'apprentissage) de la manière suivante: la haute qualité des processus d'enseignement et d'apprentissage p.ex. sous l'aspect de l'apprentissage à vie dépend directement des objectifs de formation. Quatre buts de formation nommés par Weinert sont présentés comme suit:

<b>Premier but de formation:</b>
<p><b>L'acquisition d'un savoir intelligent</b> demande <b>un transfert d'apprentissage vertical</b> permet <b>l'accès à un apprentissage à vie</b> est favorisé par <b>des cours déterminés par l'enseignant et centrés sur l'apprenant.</b></p>

(voir Weinert, 2000)

L'auteur donne la priorité à l' « acquisition d'un savoir intelligent ». Il ajoute que le savoir intelligent n'est pas uniquement un savoir matériel mais qu'il contient aussi des capacités et facultés flexibles et utilisables, autrement dit des compétences métacognitives.

« Posséder un savoir intelligent signifie donc, posséder un savoir chargé de sens et sensé. Un savoir bien compris est un savoir qui n'est pas prisonnier, qui ne repose pas inerte dans la mémoire, qui n'est pas soudé à la situation dans laquelle il a été acquis mais qui est vivant, utilisable, donc intelligent » (Weinert 2000, p.5).

Weinert ajoute aussi que le savoir intelligent, permettant l'accès au reste, doit être acquis selon une méthode systématique. Cela implique une méthode d'enseignement qui est non seulement déterminée par l'enseignant mais aussi qui place l'élève au centre de l'attention. Weinert affirme qu'il n'est pas de la compétence des élèves d'être capable d'acquérir ce savoir. L'enseignant doit en assumer la responsabilité (Weinert 2000, p.6).

<b>Second but de formation:</b>
<p><b>L'acquisition d'un savoir applicable</b> venant <b>d' expériences faites dans des situations précises</b> demande <b>un transfert d'apprentissage horizontal</b> est favorisée par <b>un apprentissage en situations précises</b> est facilitée par <b>des cours sous forme de projets</b></p>

(voir Weinert,2000)

Dans le second but de formation Weinert insiste sur l'acquisition d'un savoir applicable. Cela implique la contradiction entre l'acquisition d'un savoir systématique d'un côté et d'un autre côté, d'un savoir acquis en situations et applicables.

L'auteur souligne la signification des deux aspects et propose un élargissement des cours déterminés par l'enseignant par des *projets* sur des thèmes sensés, complexes et transdisciplinaires (Weinert 2000, p.7).

<b>Troisième but de formation:</b>
<p><b>L'acquisition de qualifications-clés utilisables</b> permet <b>l'utilisation variée, flexible et variable de compétences importantes</b> (compétences concrètes et abstraites) demande <b>un transfert d'apprentissage horizontal</b> est favorisée par <b>le travail scolaire déterminé à la fois par l'enseignant et par l'apprenant</b></p>

(voir Weinert, 2000)

Dans le troisième but de formation l'auteur pose la question des connaissances méthodiques et des facultés qui peuvent être utilisables dans différentes activités. Weinert distingue des qualifications-clés concrètes et des qualifications-clés abstraites. Selon l'auteur, les qualifications-clés concrètes se rapportent aux possibilités linguistiques de l'apprenant (expression, langues étrangères) et à l'utilisation compétente des médias.

Les qualifications-clés abstraites se rapportent aux particularités personnelles de L'OECD comme l'autonomie, l'autogestion.

<b>Quatrième but de formation:</b>
<p><b>L'acquisition de la compétence d'apprentissage (apprendre à apprendre)</b> demande <b>une évaluation de son propre apprentissage</b> est favorisée par <b>un transfert d'apprentissage latéral</b> est promue par <b>un apprentissage dirigé et autogéré</b> <b>et une réflexion sur le succès de l'apprentissage</b></p>

(voir Weinert, 2000)

Dans le quatrième but de formation, Weinert prend en considération les exigences de l'apprentissage à vie et souligne ainsi l'importance de la compétence d'apprentissage des apprenants. Les apprenants devraient devenir les experts de leur processus d'apprentissage et donc, planifier leur propre apprentissage, structurer les contenus de leur apprentissage, contrôler et évaluer le déroulement de leur apprentissage (Weinert 2000, p.9).

En résumé, nous pouvons dire qu'avec ses buts de formation, Weinert montre non seulement une dimension didactique (transfert d'apprentissage vertical) mais aussi une orientation vers la mathématique (transfert d'apprentissage horizontal). En ce qui concerne les qualifications-clés et la compétence d'apprentissage, les buts de formation renforcent le transfert d'apprentissage vertical et horizontal au niveau de la formation formelle.

Il est évident que les transferts d'apprentissage verticaux et horizontaux doivent se compléter, étant donné que ces deux buts de formation représentent tout à la fois le savoir structuré et le savoir applicable.

Concernant les qualifications-clés et la compétence d'apprentissage, les buts de formation font référence à un point d'intersection du transfert d'apprentissage vertical et horizontal. Dans cette perspective, on considère les qualifications-clés comme étant des qualifications concrètes et abstraites. Celles-ci sont un produit secondaire du processus d'apprentissage. Weinert met aussi l'accent sur les compétences métacognitives de l'apprenant. Il s'agit alors du transfert d'apprentissage latéral.

Les réflexions sur la mathématique (didactique) sont résumées par les 12 principes du « Brain-Based Learning and Teaching » d'Arnold.

« Il s'agit de trouver comment peut être relié au savoir acquis de l'apprenant ce qui est en train d'être appris, et comment les expériences et informations peuvent être associées. Le travail le plus important du cerveau est de trouver, par la recherche de structures et de relations communes, des rapports sensés entre les expériences préliminaires et les nouvelles informations. En conséquence, la tâche de l'enseignant est de donner son soutien. Les critères fondamentaux pour le « Brain-Based Learning and Teaching » sont comme suit:

- un apprentissage sensé (« meaningful learning »)
- référence aux expériences de l'apprenant (« capitalising on experience »).

Étant donné que l'élève est perpétuellement occupé à chercher et construire des relations sur toute sorte de plans, le travail primaire de l'enseignant est de modéliser et orchestrer les expériences dont l'élève se sert comme aides de compréhension (« orchestrate the experiences ») (Arnold 2002, p.108).

Premier principe :

L'homme en tant qu'organisme progressant (apprenant), interagit avec l'environnement au niveau cognitif, émotionnel et physiologique. L'extérieur ne peut pas déterminer ce processus de progression que seules, des perturbations peuvent influencer. Apprendre et agir se basent sur la construction individuelle de la reconnaissance d'un sens (voir Arnold 2002, p.109-111).

Deuxième principe :

L'homme en tant qu'organisme apprenant, est dépendant de l'interaction sociale. On peut voir l'interaction (communication) comme un processus biologique qui s'organise dans l'espace de frictions d'un modèle interne (viable ou non-viable) et du monde extérieur.

La compétence d'enseigner des enseignants est caractérisée par les exigences justifiées par la didactique et par la promotion justifiée par la mathématique (voir Arnold 2002, p. 111-112).

Troisième principe :

L'homme en tant qu'organisme apprenant, est en permanence à la recherche d'un sens, de constructions pourvues de sens qui doivent assurer en quelque sorte la survie. La construction du sens a lieu toujours individuellement. La tâche de l'enseignant est par là, de créer un champ didactique et mathématique de haut niveau, dans lequel l'élève peut vivre sa pulsion de rechercher un sens (voir Arnold 2002, p. 112-113).

Quatrième principe :

L'homme en tant qu'organisme apprenant, forme (possède) des modèles neuronaux comme constructions catégoriales chargées de sens. « Meaningful Learning » signifie rapporter l'input multisensoriel d'un environnement varié à un modèle fondamental. Il s'agit d'une réduction de la complexité par la production de compétences métacognitives, de connaissances intelligentes (voir Arnold 2002, S.113-115).

Cinquième principe :

L'homme en tant qu'organisme apprenant, construit des modèles supérieurs dans les processus d'interférence cognitif et émotionnel. Un apprentissage durable signifie alors, entrer en relation émotionnelle avec le contenu de l'apprentissage (« felt meaning ») (voir Arnold 2002, S. 115-116).

Sixième principe :

L'homme en tant qu'organisme apprenant, est constructif au sein de son couplage structurel avec l'environnement. Ce processus de construction est influencé en parallèle par une vue globale et une analyse des détails dans le domaine de la perception et de la transformation. En conséquence, le « Brain-Based Learning and Teaching » conduit à la demande d'une offre d'enseignement/apprentissage interconnectés (voir Arnold 2002, p.116-117).

Septième principe :

L'homme en tant qu'organisme apprenant, construit le contenu d'apprentissage primaire au sein d'un second champ capteur. Il ne faut pas sous-estimer l'influence de ce champ secondaire sur les processus cognitifs (primaires). Il faut créer une atmosphère d'apprentissage positive. (voir Arnold, p. 117-118).

Huitième principe :

L'homme en tant qu'organisme apprenant, fait émerger un sens au sein des réseaux cognitifs. Les processus d'émergence (« ha! ») ont lieu petit à petit et en partie, inconsciemment. Cela signifie qu'on ne peut que les stimuler dans les situations d'apprentissage/enseignement (voir Arnold 2002, 118-120).

Neuvième principe :

L'homme en tant qu'organisme apprenant, dispose de 2 systèmes de mémorisation différents. Le « taxon memory system » s'occupe des facteurs et non de la mémorisation des structures. Il est caractérisé par l'entraînement et la récapitulation.

Le « local memory system » fonctionne à l'aide d'un réseau de mémorisation. La mémorisation et la transformation ont lieu dans le contexte du vécu. Il faudrait prévoir des situations d'apprentissage/d'enseignement permettant une synergie systémique (voir Arnold 2002, S.120-122).

Dixième principe :

L'homme en tant qu'organisme apprenant, développe continuellement – grâce à la plasticité de son cerveau – des réseaux neuronaux nouveaux et toujours plus performants. L'expérience personnelle de l'enseignant (transfert vertical de l'apprentissage) joue un rôle aussi important que celui d'un environnement préparé stimulant (transfert horizontal de l'apprentissage) au cours du processus de développement de réseaux neuronaux (voir Arnold 2002, p. 122-123).

Onzième principe :

L'homme en tant qu'organisme apprenant, peut arriver à de grandes performances d'apprentissage par le biais de demandes d'un haut niveau (high challenge) dans une atmosphère d'apprentissage positive. L'expérience de la propre efficacité prend une place importante pour l'apprenant.

Par contre, les situations d'apprentissage/d'enseignement ressenties comme négatives conduisent à la réduction de la confiance en soi (« downshifting ») (voir Arnold 2002, p. 123-126).

Douzième principe :

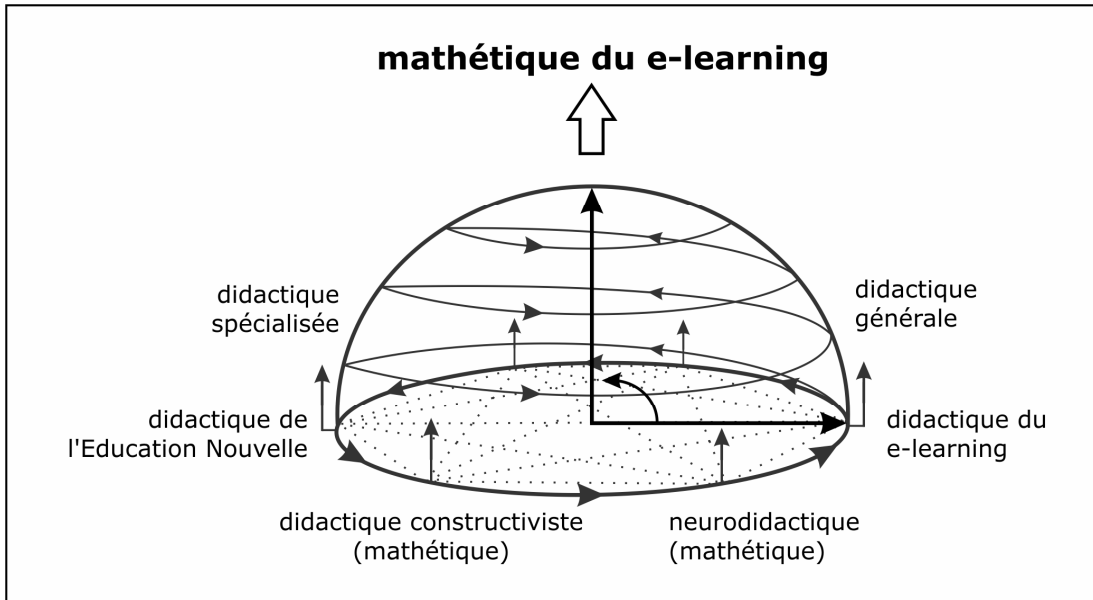
L'homme en tant qu'organisme apprenant, est une construction unique sur la base d'interactions entre la pré-structure génétique du réseau et la variété de l'input sensoriel. Les enseignants peuvent par l'observation de second ordre (analyse des structures métacognitives/déconstruction) permettre à tout apprenant de suivre sa voie personnelle d'apprentissage.

Friedrich et Preiß ont développé à partir des neurosciences 10 points essentiels pour la didactique/mathématique (voir Friedrich/Preiß 2003).

1. Le haut degré du réseau neuronal (en principe, chaque neurone peut communiquer avec tout autre neurone) peut représenter un argument en faveur d'un enseignement global.
2. La plasticité du système nerveux central livre une argumentation directe en faveur d'un apprentissage à vie. La passivité du système nerveux central mène à la réduction des interconnexions, l'activité mène à l'augmentation des interconnexions.
3. L'accès mathématique à l'apprentissage demande la concentration sur un complexe d'apprentissage, étant donné que l'activité dans un réseau neuronal entrave l'activité dans d'autres réseaux neuronaux.
4. L'environnement émotionnel des situations d'apprentissage est mémorisé en parallèle avec les contenus cognitifs. Il est présent au moment de la reproduction de l'appris.
5. Au cours du développement du système central nerveux, les signaux de l'environnement sont confrontés à des réseaux génétiquement structurés. Le développement des réseaux est assuré parallèlement par la diversité et par l'ordre stable (répétition).
6. Selon Lurija le système central nerveux peut être partagé en trois unités:
  - a. La maîtrise du tonus, de la vigilance et des états psychiques.
  - b. La réception, la transformation et la mémorisation des informations.
  - c. La programmation, la gestion et le contrôle des activités.Les trois unités sont reliées étroitement entre elles; cette relation mène à un perfectionnement des processus d'apprentissage (apprentissage mobil, apprentissage actif).
7. La latéralité du système central nerveux décrit une « spécialisation » propre à chacune des deux hémisphères. Une utilisation bien répartie des deux hémisphères est ici d'une importance essentielle pour la didactique/mathématique.

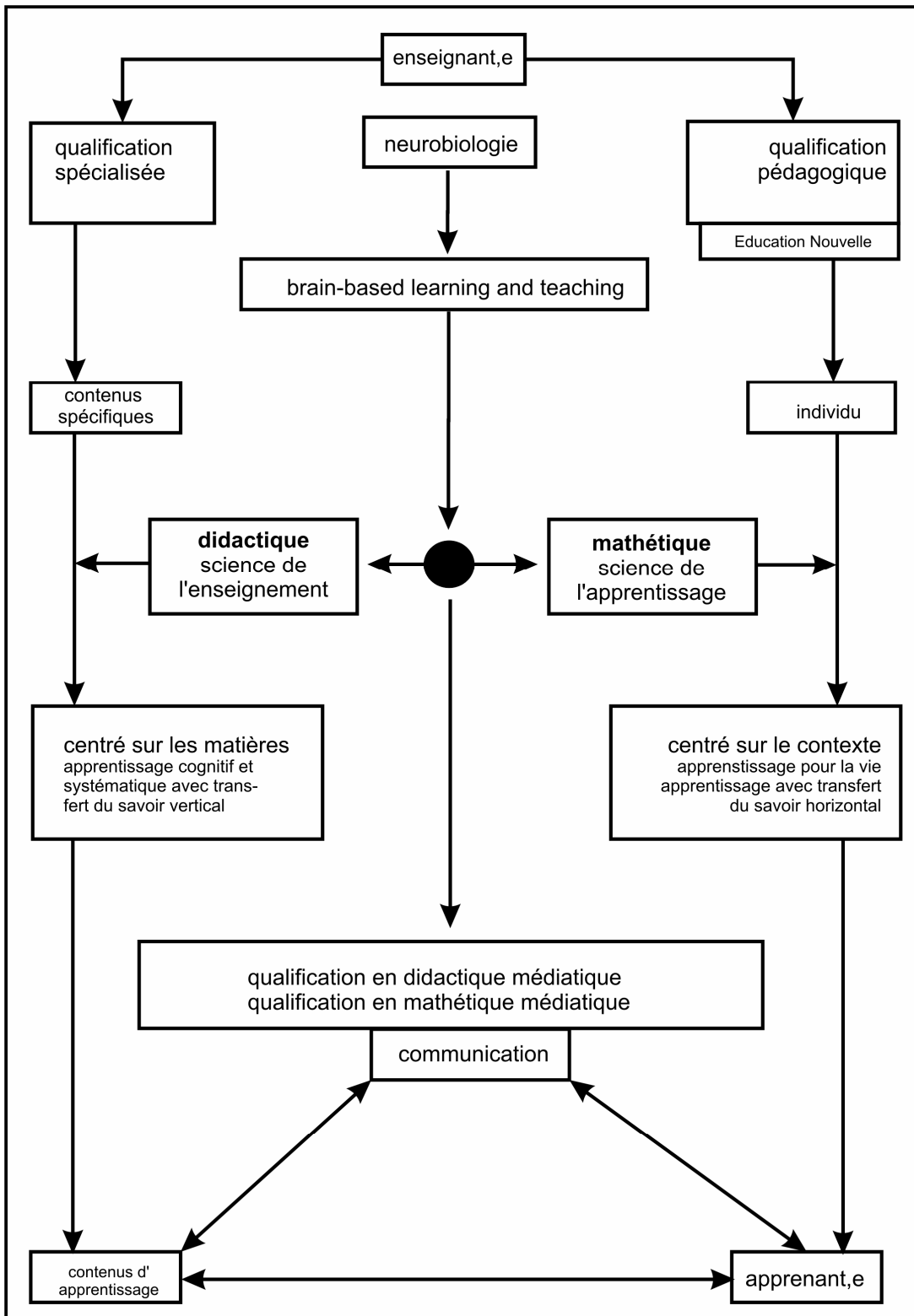
## La mathématique du e-learning

Dans une société dont une grande place est occupée par la technologie de l'information et de la communication, on constate la prédominance de l'apprentissage autogéré et simultanément, la perte de signification de l'enseignement. Il convient alors, encore plus que pour la théorie générale de l'enseignement, de développer à côté de la didactique établie du e-learning une mathématique du e-learning (voir Bronkhorst, 2002):



(voir Koizumi 2003, p. 113)

Comme exposé ci-dessous, on peut différencier la qualification médiatique de l'enseignant basée sur la didactique et la qualification médiatique de l'enseignant basée sur la mathématique.



La différence entre la didactique et la mathématique faite jusqu'à présent dans le contexte des sciences de l'éducation peut être éclairée par les approches de pédagogie médiatique de Kerres et Tulodziecki/Herzig.

La didactique créative des médias, comme elle est formulée par Michael Kerres (2000), permet un examen en profondeur des questions de base du e-learning. L'aspect de la *qualité des interactions* entre l'apprentissage et les médias prend une place centrale dans le contexte de la justification d'une mathématique du e-learning étant donné que, selon Kerres, elles influencent en grande part le processus d'apprentissage médiatique (voir Kerres 2000, p. 37). Deux questions se posent dans ce contexte:

Première question: quel rôle jouent les médias électroniques dans les processus d'apprentissage quotidiens et dans quelles mesures est-ce qu'un environnement préparé se différencie des sources d'informations quotidiennes?

Deuxième question: quelles sont les exigences de la didactique créative des médias envers un média et quels sont les concepts pouvant les satisfaire?

Il est à noter qu'une réponse à ces questions reste ici incomplète et qu'une présentation intégrale de tous les aspects ne peut pas être réalisée. En revanche, voici un bref exposé sur les stimulations données par une didactique créative des médias en vue du e-learning.

Le progrès technologique (p.ex. l'internet) offre de nouvelles sources d'information importantes aux utilisateurs privés. Les champs d'apprentissage et d'expériences transmis par la voie médiatique prennent de plus en plus d'influence sur l'apprentissage quotidien et sont d'une grande signification dans les domaines suivants:

apprentissage autodidacte, apprentissage dans des centres d'apprentissage autogéré (médiathèques virtuelles et réelles), apprentissage dans un cercle médiatique coordonné (étude autodidacte et apprentissage en groupe), apprentissage passant par la formation à distance, « télé-apprentissage » avec des sites internet comme matériel d'apprentissage et des processus de communication (voir p. 32).

Ces éléments sont, dans le meilleur des cas, ancrés dans un environnement qui stimule particulièrement le processus d'apprentissage: par exemple, comme une partie de la formation à distance ou d'un système de formation continue. L'autocréativité de l'apprenant est d'une importance primordiale bien que le réglage indirect du comportement de l'apprentissage soit aussi très important.

Le terme d'« environnement préparé » ne se limite pas au support technique et au matériel de travail. En effet, il intègre aussi la notion de contexte social dans lequel on trouve p.ex. l'accompagnement individuel de l'apprenant et le support qu'on lui donne. Pour Kerres, c'est la condition indispensable pour qu'un environnement préparé soit performant (voir p. 34).

Ainsi, nous pouvons répondre à la première question, comme quoi presque chacun de nous peut avoir accès aux médias électroniques et les utiliser au service de l'apprentissage quotidien.

Il faut faire la différence entre les offres électroniques d'information et d'apprentissage, plus ou moins accessibles, et les environnements préparés, plus ou moins clos, dans lesquels des médias spécifiques et autres *ressources* externes sont mis à la disposition des apprenants au sein d'un contexte social (p.ex. un groupe).

On exige une haute qualité des médias utilisés pour l'apprentissage et une haute qualité de l'environnement préparé. Cette exigence de qualité, relative à la deuxième question, est exposée comme suit:

La valeur didactique d'un média ne peut pas être seulement déterminée en fonction des propriétés comme la navigation, le layout et la typographie (voir p. 36) étant donné qu'il faut aussi prendre en considération les facteurs dont dépendent l'environnement pendant les différentes utilisations du média. Kerres décrit l'examen des connais-



ces préliminaires du groupe d'apprenants, les voies d'apprentissage appropriées et la prise en considération du savoir lié à un cas, comme les indicateurs fondamentaux du niveau de qualité des médias électroniques.

Le *design didactique* est une approche prescriptive de la recherche sur l'enseignement/apprentissage liée étroitement à la didactique créative des médias; le design didactique a pour objet la planification et la réalisation d'offres d'apprentissage à un niveau professionnel. Il semble important dans le contexte d'une mathématique du e-learning de mentionner que de design didactique ne doit pas être réduit à une technique de l'instruction. Dans le cadre du design didactique, les processus d'apprentissage reposant sur les médias ne sont pas à considérer uniquement sous l'aspect d'une formation médiatiquement programmée. Il faut y ajouter toutes les structures des processus d'enseignement/apprentissage liés aux médias, c'est à dire également les processus non-linéaires (voir PNI ). L'action didactique dans le sens du design didactique n'est pas un algorithme linéairement applicable. Elle doit être perçue comme un travail intuitif et créatif dont l'objectif vise à une interaction optimale entre l'apprenant et un média (voir p.40).

Le design didactique est dans le domaine de la didactique des médias synonyme de planification précise et approfondie de modèles interactifs d'apprenants et de médias. Cela résulte du fait que, contrairement aux cours faits par un enseignant, les interactions possibles et leur qualité pendant l'apprentissage sont définies par la programmation du média et la qualité des interactions. Pour cette raison, quand on se trouve en présence d'une question, information ou représentation, il faut se demander:

« Est-ce que les destinataires vont comprendre ce qui est montré? Que peut-on faire si ce n'est pas le cas? Comment peut-on ici promouvoir la motivation, l'activité cognitive ou la coopération sociale?..

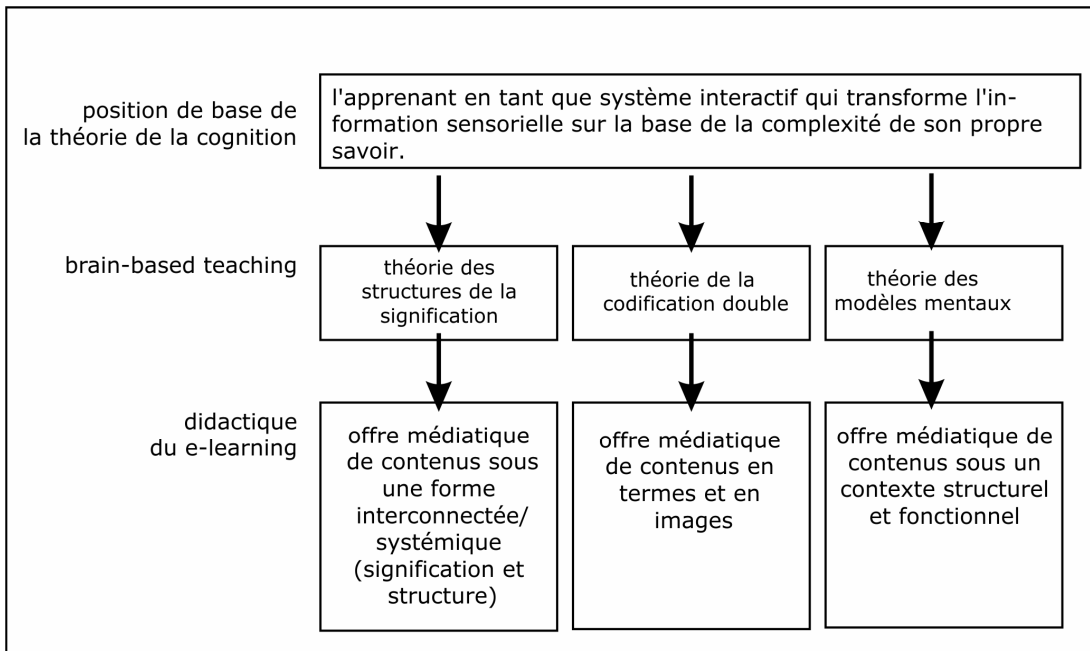
La qualité d'une interaction entre l'apprenant et le média dépend essentiellement de la conception médiatique »

De la perspective d'une mathématique du e-learning, les aspects suivants doivent entrer en ligne de compte au moment de l'élaboration et de l'évaluation des médias d'apprentissage:

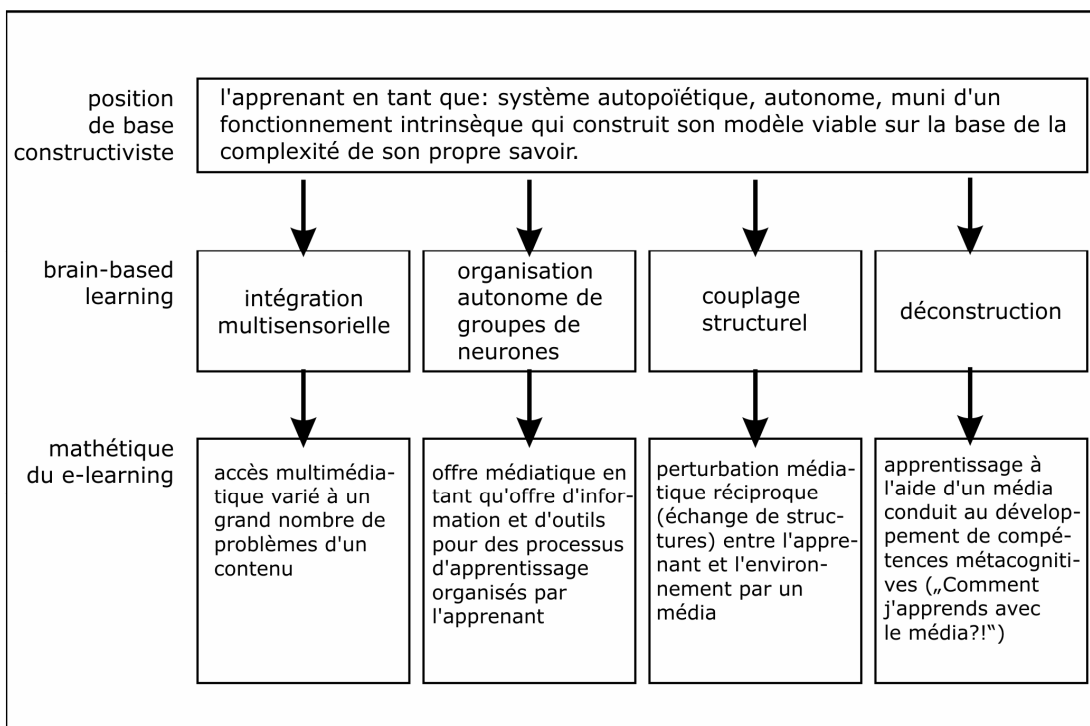
- a.) apprentissage tourné vers un problème de culture précis
- b.) analyse du champ didactique et adéquation du média
- c.) possibilités d'interaction sociale pendant l'utilisation du média (voir p.47)

Tulodzieki/Herzig ont développé une didactique (transfert d'apprentissage vertical) du e-learning sur la base d'une théorie de la cognition et une mathématique (transfert d'apprentissage horizontal) du e-learning sur une position de base constructiviste.

Ci-dessous, la représentation simplifiée du concept de didactique de Tulodziecki/Herzig (voir Tulodzodzieck/Herzig, 2002, p. 80-83).



Le concept mathématique de Tulodziecki/Herzig n'a pas été développé d'une manière aussi détaillée que le concept de didactique (voir Tulodziecki/Herzig 2002, p. 80-83). Le graphique suivant représente un développement plus avancé de leur approche:



**Conclusion:**

Les effets de la synthèse didactique/mathématique sur la pratique pédagogique ne sont pas vraiment nouveaux. L'Education Nouvelle a déjà introduit une contribution notable du modèle de construction de l'apprenant à celui de l'enseignant (le modèle de construction de l'apprenant remplace en partie le modèle de construction de l'enseignant) (voir Hermann 2006, p.112). Le fondement théorique transdisciplinaire constitué de modèles constructivistes, systémiques, néopragmatiques et psycho-neuro-immunologiques est nouveau.

### **Bibliographie:**

- Anton, M.A.: Lehrwissenschaftliche Qualifikationen. [www.chemie.uni-muenchen.de/didaktik](http://www.chemie.uni-muenchen.de/didaktik) 2003
- Anton, M.A.: Erziehen und Sich-bilden – Lehren und Lernen – Didaktik und Mathematik. Dans: *Lernwelten* 2/2003
- Arnold, M.: Aspekte einer modernen Neurodidaktik. Emotionen und Kognitionen im Lernprozess. München 2002
- Berendt, B. / Voss, H.-P. / Wildt, J. (ed.): *Neues Handbuch Hochschullehre*. Berlin 2002
- Bronkhorst, J.: *Basisboek ICT en Didactiek*, HBUitgevers, Baarn 2002.
- Chott, P.O.: Die Entwicklung des MATHETIK-Begriffs und seine Bedeutung für den Unterricht der (Grund-)Schule. Dans: *Pädagogisches Forum*. No. 4, 1998
- Chott, P.O.: [www.schulpaed.de](http://www.schulpaed.de), 2003, p. 1
- Ciampi, L.: Die emotionale Grundlage des Denkens. Göttingen 1997. cit. par: Siebert, H.: *Pädagogischer Konstruktivismus*. Neuwied 1999, p. 29-31
- Eichelberger, H.: Die Bedeutung der Reformpädagogik. In: Kohlberg, W.D. (ed.): *Europäisches Handbuch Reformpädagogischer Seminar Didaktik*. Osnabrück 2002
- Freinet, C.: *Pädagogische Texte*. Reinbek 1980
- Friedrich, G.; Preiß, G.: BEITRÄGE UND BERICHTS - Neurodidaktik. Bausteine für eine Brückenbildung zwischen Hirnforschung und Didaktik. Dans: *Pädagogische Rundschau*. Vol. 57 (2003), No. 2, Frankfurt (M): Lang p. 181 - 200
- Frey, K. et.al.: Biologische Hypothesen zum dominierenden Lehr-Lernverfahren in Schulen. Dans: *Bildung und Erziehung*. No. 3/1999
- Gaudig, H.: *Die Schule im Dienste der werdenden Persönlichkeit*. Leipzig 1922
- Glaserfeld, E.v.: Aspekte einer konstruktivistischen Didaktik. In: *Landesinstitut für Schule und Weiterbildung* (ed.): *Lehren und Lernen als konstruktive Tätigkeit*. Soest 1995
- Greif, S. / Kurtz, H.-J.: *Handbuch Selbstorganisiertes Lernen*. Göttingen 1993
- Hagstedt, H. (ed.): *Freinet-Pädagogik heute*. Weinheim 1997
- Herrmann, U.: *Neurodidaktik*. Weinheim, Basel 2006.
- Hüholdt, J.: *Wunderland des Lernens*. Sprockhövel 1990
- Kerres, M.: *Multimediale und telemediale Lernumgebungen*. München 2000.
- Kock, R.: Freinet – Ein Vorläufer konstruktivistischer Didaktik? Dans: *Fragen und Versuche*. No. 105, Septembre 2003
- Koizumi, H.: In OECD (ed.): *Wie funktioniert das Gehirn?* Paris: OECD Publikation, 2003. p. 113
- Konrad, K. / Traub, S.: *Selbstgesteuertes Lernen in Theorie und Praxis*. München 1999
- Kösel, E.: *Die Modellierung von Lernwelten*. Elztal-Dallau 1993
- Maturana, H./Varela, F.: *Der Baum der Erkenntnis*. München 1987
- Miketta, G.: *Netzwerk Mensch*. Reinbek 1997
- Petersen, P.: *Der Jena-Plan einer freien allgemeinen Volksschule*. Langensalza 1927
- Reich, K.: *Systemisch-konstruktivistische Pädagogik*. Neuwied, Kriftel 2000
- Schusser, G.: *Sensorische Integration*. Unveröffentlichtes Seminarmanuskript. Osnabrück 2002
- Siebert, H.: *Pädagogischer Konstruktivismus*. Neuwied 1999
- Spitzer, M.: *Geist im Netz: Modelle für Lernen, Denken und Handeln*. Heidelberg, Berlin 2000
- Stachowiak, H.: *Allgemeine Modelltheorie*. Wien 1973
- Stachowiak, H. (Hrsg.): *Modelle – Konstruktion der Wirklichkeit*. München 1983
- Tulodziecki, G.; Herzig, B.: *Computer & Internet im Unterricht: medienpädagogische Grundlagen und Beispiele*. Berlin: Conelsen Scriptor 2002. (=Studium Kompakt).
- Wagenschein, M.: *Die Pädagogische Dimension der Physik*. Braunschweig 1962
- Weinert, F. E.: *Lehren und Lernen für die Zukunft - Ansprüche an das Lernen in der Schule*. Vortragsveranstaltungen mit Prof. Dr. Franz E. Weinert, Max-Planck-Institut für psychologische Forschung, gehalten am 29. März 2000 im Pädagogischen Zentrum in Bad Kreuznach  
<http://66.249.93.104/search?q=cache:ySMEJgaVGsYJ:sform.bildung.hessen.de/gymnasium/skii/braucht-grund/pool/weinert+weinert+%2B+lehren+und+lernen+f%C3%BCr+die+zukunft&hl=de>  
Dernier accès: 06.09.2005
- Weißbuch der Kommission der Europäischen Gemeinschaften zur allgemeinen und beruflichen Bildung « Lehren und Lernen » (KOM(95) 590; Ratsdok. 125488/95)
- Werning, R.: Anmerkungen zu einer Didaktik des Gemeinsamen Unterrichtens. Dans: *Zeitschrift für Heilpädagogik* 11/96

### **Bibliographie française :**

- Spies-Bong, Gertrud: *Pour une pédagogie en communauté de vie*. Le petit Plan d'Iéna de Peter Petersen. Editions Universitaires. Paris 1989.
- Freinet Célestin: *œuvres pédagogiques* 1. Edition établie par Madeleine Freinet. 1994