

Kann die Pädagogik von der Hirnforschung etwas lernen?

Axel Ziemke

Schülerinnen und Schüler und eine Ratte

Chemieunterricht an einer Waldorfschule: Eine Schülerin trägt die Versuchsbeschreibung des Experimentes vom Vortag vor. Andere Schüler ergänzen, bis das Experiment der gesamten Klasse mit all seinen Details wieder vor Augen steht. Eine »Betrachtung« des Experimentes wird gemeinsam erarbeitet und formuliert, die allgemeine Gesetzmäßigkeiten ebenso enthalten kann wie eine Würdigung des Besonderen und Einzigartigen. Die Klasse übernimmt einen Text und bearbeitet in Einzel- oder Partnerarbeit Aufgaben, die das Gelernte festigen, mit Bekanntem in Beziehung setzen oder auf Alltägliches anwenden. Anschließend ein neues Experiment: Mit wenigen Worten zu den verwendeten Geräten und Chemikalien errichtet der Lehrer einen Versuchsaufbau. Dann tritt er zurück. Das Experiment beginnt. Die Schülerinnen und Schüler sind gespannt, was da auf sie zukommt. Ihre Aufgabe besteht in der möglichst genauen Beobachtung. Kein Detail soll ihnen entgehen, denn es könnte wichtig für die Betrachtung sein. Das Experiment ist abgeschlossen. Rückfragen zu Geräten und Chemikalien werden gestellt und beantwortet. Eindrucksvolle Beobachtungen werden ausgetauscht, aber nicht erklärt. Die Klasse macht sich Notizen für die Versuchsbeschreibung, die als Hausaufgabe bis zum nächsten Morgen zu erledigen ist. Natürlich am nächsten Morgen, denn Chemie wird als Epochenunterricht erteilt. Und dann wird auch dieses Experiment diskutiert.

Chemieunterricht an einer »Staatsschule«: Die Hausaufgaben werden kurz besprochen, das im Fachunterricht der letzten Woche Gelernte wird wiederholt. Aus dem bisher behandelten Stoff, einem Arbeitsblatt oder einem kleinen Handexperiment werden im Unterrichtsgespräch Fragen entwickelt. Die Schüler formulieren eine Problemstellung. Wie könnte dieses Problem auf Grundlage des bisherigen Wissens gelöst werden? Welches neue Wissen ist erforderlich? Eine Hypothese wird aufgestellt. Wie könnte sich diese Hypothese überprüfen lassen? Experimentell natürlich. Die Chemikalien und der notwendige Versuchsaufbau werden zusammengestellt. Das Experiment beginnt: Die Schülerinnen und Schüler sind gespannt, ob das Experiment sich ihrer Vorhersage entsprechend entwickeln wird. Meistens tut es das. Sie formulieren das Versuchsergebnis und das neu gewonnene Wissen. Einige Aufgaben zur Ergebnissicherung und Lernerfolgskontrolle werden bearbeitet. Eine Hausaufgabe, die Anwendungsbezüge herstellt, wird notiert. Während der Arbeitsphasen wechseln selbstverständlich die Sozialformen:

Einzel-, Partner- und Gruppenarbeit, Unterrichtsgespräch. Auch das Experiment selbst wird nach Möglichkeit von den Schülern selbst durchgeführt.

Ein neurobiologisches Forschungslabor: Statt Chemie steht das Kennenlernen eines neuen Käfigs auf dem Lehrplan. Subjekt des Lernens sind nicht 36 Schülerinnen und Schüler, sondern eine Ratte. Aus ihrem Kopf ragt ein kleiner »Ableitzylinder«, über den in den Hippokampus des Tieres an die hundert winzige Mikroelektroden implantiert wurden, die die elektrischen Potenziale von Nervenzellen messen. Der Hippokampus ist ein Teil des tief im Gehirn liegenden limbischen Systems, von dem man seit langer Zeit weiß, dass es wichtig für Lernprozesse ist. Die Bewegungen der Ratte im Käfig werden über eine Videokamera aufgenommen. Der Ableitzylinder überträgt die gemessenen elektrischen Potenziale der einzelnen Elektroden an einen Computer. Zunächst bewegt sich die Ratte in einem bekannten Abschnitt des Käfigs. Die statistische Auswertung der Daten wird für einen großen Teil der Nervenzellen eine erstaunlich genaue Korrelation der Häufigkeit ihrer Aktionspotenziale mit dem Ort im Käfig erlauben, an dem die Ratte sich gerade befindet. Die Aktivität dieser so genannten »Ortszellen« scheint also die Stelle im Käfig zu repräsentieren, an dem die Ratte sich gerade befindet. Nun wird eine Klappe geöffnet, die der Ratte den Zugang zu einem bisher unbekanntem Teil des Käfigs ermöglicht. Die Ratte erkundet ihren neuen Lebensraum, kehrt bisweilen in den alten zurück, wechselt wieder in den neuen. Die Korrelation der Mikroelektrodenableitungen mit den Videodaten wird für die folgenden Minuten erfolglos bleiben. Selbst für den bekannten Teil des Käfigs werden sie wesentlich ungenauer. Doch bald ändert sich das. Nach etwa zehn Minuten beginnen sich Nervenzellen herauszukristallisieren, deren Aktivität bestimmte Orte des Käfigs repräsentieren. Nach zehn weiteren Minuten lässt sich die Häufigkeit der Aktionspotenziale eines großen Teils der Zellen wieder sehr genau mit bestimmten Stellen im Käfig korrelieren. Im Hippokampus der Ratte scheint sich eine neue »Karte« der Umgebung herausgebildet zu haben.¹

16 Stunden später. Die meisten Schülerinnen, Schüler und die Ratte schlafen. Einige hängen noch auf einer Party ab, sehen fern oder chatten im Internet. Auch der Waldorf- und der Staatsschullehrer schlafen. Beide haben vor dem Einschlafen noch einmal an ihre Klassen gedacht. Der Waldorflehrer nannte das »Meditation« und verband seine Gedanken mit der Hoffnung, dass seine Schüler die beobachteten Phänomene aus dem Experiment »mit in den Schlaf nehmen«, im Tiefschlaf ihre Fragen zu diesen Phänomenen entwickeln und Ideen zu ihrer Beantwortung und der Betrachtung des ganzen Experiments finden – so wie er es bei Steiner gelesen hat. Dies war einer der Gründe, warum er das Experiment an das Ende seines Unterrichts gelegt hat und am nächsten Morgen mit der Betrachtung beginnen wird. Auch der Staatsschullehrer macht sich Sorgen um die Party-freaks und Chatter, denn ausreichend Schlaf, das weiß auch er, braucht man zum Lernen. Die Ergebnissicherung liegt bei ihm deshalb am Ende des Unterrichts, weil er das in der Stunde gewonnene Wissen so am besten für das Lernen aufbereitet zu haben glaubt.

Einer der Neurobiologen schläft ebenfalls noch nicht. Heute Nacht sollen die Nervenzellen der Ratte auch während des Schlafes abgeleitet werden. REM- und Tiefschlafphasen wechseln sich auch bei ihr ab. Erstere sind an den schnellen Augenbewegungen (rapid eye movements) zu erkennen. Wie Menschen träumt auch sie wahrscheinlich in

dieser Schlafphase. Während der traumlosen Tiefschlafphasen sind ihre Augen unbewegt. Auch der Neurobiologe döst vor sich hin. Zur Zeit überwacht er nur die Funktion der Apparaturen. Erst die Auswertung der Daten am nächsten Tag bringt das spannende Ergebnis: Die Aktivitätsmuster der Nervenzellen, die während der Tiefschlafphasen gemessen wurden, weist in vielen Fällen eine hohe Korrelation mit Aktivitätsmustern während des Lernexperimentes am Vortag auf. Im Tiefschlaf scheint der Hippokampus also auf neuronaler Ebene jene Aktivitätsmuster noch einmal zu reproduzieren, die während des Lernens entstanden sind.² Das Ergebnis bringt Licht in die mit bildgebenden Verfahren am Menschen gewonnenen Befunde, die zeigen, dass der Hippokampus während des Tiefschlafs eine relativ hohe Aktivität aufweist. Auch in der Großhirnrinde lässt sich während dieser Schlafphase eine geringfügige Aktivität nachweisen. Nervenfasern vom Hippokampus führen auch in die Großhirnrinde. Eine mögliche Interpretation: Der Hippokampus stellt eine Art »Arbeitsspeicher« für das neu gelernte Wissen dar, das während des Tiefschlafes in das Langzeitgedächtnis der Großhirnrinde »umgeschrieben« wird.

Lernen mit Klein- und Großhirn

Pädagogik und Hirnforschung – unzählige Vorträge, Zeitschriftenartikel und Bücher widmen sich diesem Thema. Oft haben sie vielversprechende Titel wie »Lernen und Gehirn. Der Weg zu einer neuen Pädagogik«.³ Auch die Logik, mit der ihre Autoren, in diesem Fall Manfred Spitzer, die Bedeutung neurobiologischer Erkenntnisse für einen gelungenen Unterricht plausibel machen, ist ebenso einfach wie einleuchtend: »Lernen ist der Gegenstand der Hirnforschung schlechthin; daher wird ein Lehrer, der weiß, wie das Gehirn funktioniert, besser lehren können.«⁴ Der Hinweis auf die Bedeutung des Schlafes ist natürlich bei weitem nicht der einzige Fingerzeig der Hirnforschung.

Seit Mitte des vorigen Jahrhunderts vermutete man, dass Lernen, ebenso wie Vergessen auf der synaptischen Plastizität von Nervenetzen, also der Bildung von Synapsen zwischen Nervenzellen und der Veränderung ihrer Übertragungseffizienz beruht. Studien zum Wachstum von Nervenzellen und der Bildung von Synapsen wurden durchgeführt. Die Verankerung im Langzeitgedächtnis, so kann man daraus ableiten, benötigt ein zeitliches Fenster von mindestens 24 Stunden, in dem Wiederholung oder Vertiefung der gewünschten Information eine fördernde Rolle und konkurrierende Informationen eine störende Rolle spielen.

Viele weitere Untersuchungen neuronaler Karten haben gezeigt, dass Lernprozesse in bis vor kurzem ungeahntem Ausmaß zur selbstorganisierenden Veränderung der Hirnarchitektur führen. (Ein gern zitiertes Beispiel ist die Flächenzunahme der Daumenrepräsentation in der motorischen Großhirnrinde von Jugendlichen, die oft SMS schreiben.) Diese Plastizität nimmt mit zunehmendem Alter ab, bleibt aber lebenslang erhalten. Lernen ist also ein selbstorganisierender Prozess, für den Schule »lediglich« die Umgebung schaffen muss. Kinder können eigentlich nichts besser (und tun nichts lieber) als Lernen. Es ist nur die Frage, was, wo und wie sie lernen.

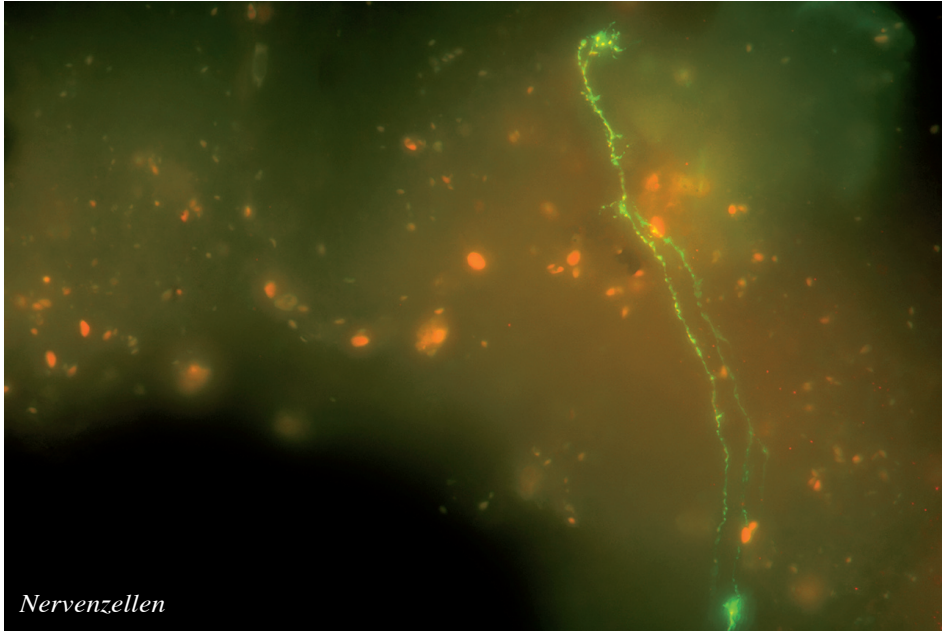
Das Gehirn regelt dabei durch seine Reifungsprozesse, was zu einem bestimmten Zeitpunkt gelernt werden kann. Diese Informationen »filtert« es aus dem Input aus der Um-

welt. Alles andere, insbesondere zu komplexe oder zu chaotische Informationen ignoriert es. Die Myelinisierung von Nervenfasern (Axonen) scheint dafür ein wesentlicher Prozess zu sein. Beginnend von den sensorischen und motorischen Arealen werden immer »höhere« Areale myelinisiert und somit nach und nach in die Hirnarchitektur einbezogen. Zunächst werden so einfachere, später komplexere Zusammenhänge gelernt. Viele Kompetenzen können daher auch besonders gut in »kritischen Phasen«, früher nicht, später kaum oder nur rudimentär gelernt werden. Da beispielsweise die Nervenfasern zum Frontalcortex (der für die meisten »höheren« kognitiven Leistungen verantwortlich gemacht wird) erst um die Adoleszenz herum myelinisiert werden, können erst um diese Zeit herum dessen Leistungen in vollem Umfang in Psyche und Verhalten der Jugendlichen integriert werden. Unterricht muss also, um effektiv zu sein, genau dem jeweiligen Alter und der Entwicklungsphase der Lernenden angepasst sein. Aber auch pubertäre Identitätskrisen von Jugendlichen kann man besser verstehen, wenn man weiß, dass um diese Zeit der Frontalcortex als Instanz von Moralempfinden und Selbstbewusstsein in vollem Umfang in die Gesamtfunktion des Gehirns integriert werden muss.

Modellstudien an künstlichen »Neuronalen Netzen« und kognitionspsychologische Untersuchungen zeigen, dass Lernen wesentlich auf der Extraktion von Regeln oder Regelmäßigkeiten im weitesten Sinne aus einer Vielfalt von Sinneseindrücken beruht.

Gelernt werden sollte dementsprechend »induktiv«, also vom Einzelnen zum Allgemeinen. Die Schülerinnen und Schüler sollten also von Beispielen ausgehend Regeln und Gesetzmäßigkeiten selbst finden. Das an Beispielen Gelernte sollte an weiteren Beispielen gefestigt werden. Ein »deduktives« Lernen vom Allgemeinen zum Besonderen wäre dementsprechend nicht »hirngerecht«. Überhaupt hängt der Aufbau des Gedächtnisses und der spätere Zugriff auf Wissen wesentlich von einer Konzeptualisierung und Kategorisierung der Information ab. Eine geeignete methodisch-didaktische Strukturierung des zu vermittelnden Wissens ist also essenziell für erfolgreiches Lernen. Kognitionspsychologische Studien, die im Rahmen neurobiologischer Theorien gut interpretierbar sind, zeigen, dass nur ein Teil der Lernprozesse zu bewusst reproduzierbaren Ergebnissen führt (»explizites« Wissen, »deklaratives« Gedächtnis). Zumeist werden unbewusst verfügbare Routinen gelernt (»implizites« Wissen, »prozedurales« Gedächtnis). Nicht nur das Lernen von Kenntnissen (Fakten), sondern auch und besonders das Lernen von Fähigkeiten und Fertigkeiten (Methoden) sollte also angestrebt werden.

Ob und was gelernt wird, bestimmt allerdings nicht in erster Linie die Großhirnrinde. Neuere Forschungen machen deutlich, dass Lernprozesse wesentlich von der Bewertung des Wissens durch das limbische System abhängen, die uns in Form von Emotionen bewusst werden, aber nicht bewusst kontrolliert werden können. Gelernt werden kann nur Wissen, das durch seinen lebensweltlichen Bezug, aber auch durch eine positive Beziehung zu Lehrer und Mitschülern emotional bedeutsam ist. Die Teile des limbischen Systems sind an unterschiedlichen Lernprozessen beteiligt. Negative Emotionen und Stressempfinden beruhen auf der Aktivität des Mandelkerns (Amygdala) und bewirken andere Lernprozesse als der Hippokampus im Zusammenhang mit positiven Emotionen. Negative Emotionen, wie beispielsweise Angst, bewirken Lernprozesse, die »implizit« bleiben, emotional negativ besetzt sind und für weiteres Lernen demotivierend wirken.



Nervenzellen

Positive Emotionen (wie Interesse) bewirken das Lernen von komplexem, explizitem, bewusst hinterfragbarem Wissen und motivieren zum Weiterlernen. Auch die eingangs dargestellten Experimente zu den Ortszellen im Hippokampus machen dessen Bedeutung für das Lernen noch genauer verständlich.

Das Kleinhirn scheint nicht nur bei motorischem Lernen, sondern auch bei kognitiven Lernprozessen im Zusammenhang mit motorischer Aktivität eine wichtige Rolle zu spielen. Auch kognitive Lernprozesse sollten also durch vielfältige motorische Aktivitäten unterstützt werden.

Die neurochemische Grundlage für die Motivation von Lernprozessen ist ein hirnhinteres Belohnungssystem, das mit dem Neuromodulator Dopamin arbeitet und bei Erfolgen (die besser als erwartet sind) für angenehme Stimmung sorgt.

Lernen sollte demzufolge besonders wirkungsvoll sein, wenn das Wissen für praktische oder kognitive Problemlösungen eingesetzt wird. Die dabei auftretenden Konsequenzen (Erfolg und Misserfolg) wirken als Motivation für weiteres Lernen.

Viel Aufsehen erregt hat die Entdeckung von Spiegelneuronen bei Primaten, die dann aktiv sind, wenn eine Bewegung, Empfindung oder Emotion bei diesem Affen auftritt oder wenn die entsprechenden Intentionen oder Reaktionen bei einem anderen Wesen (einem Artgenossen oder einem Menschen) gesehen oder gehört werden. »Nachahmung« wäre demzufolge zumindest für motorisches, wahrscheinlich auch für soziales und emotionales Lernen eine neuronal fundamentale Lernform. Nicht nur für kleine Kinder wäre zudem entscheidend, wer seine realen (oder medialen) Vorbilder sind.

Nicht vergessen sollte man natürlich auch die frühen neuropsychologischen Erkenntnisse zur Spezialisierung der beiden Großhirnhälften auf bestimmte kognitive, moto-

rische, sensorische und emotionale Leistungen, insbesondere die Verankerung der Sprache in der linken Hirnhemisphäre. Lernen sollte die verschiedenen Möglichkeiten und kognitiven Stile der beiden Hirnhälften nutzen. Skeptisch betrachten sollte man allerdings in diesem Zusammenhang die Inflation methodisch kaum gesicherter Therapie- und Lernförderungstechniken, die eine bessere Koordination der beiden Hirnhälften versprechen. Dass das Zusammenspiel der Hemisphären ein begrenzender Faktor für kognitive und Lernleistungen bei gesunden Menschen wäre, ist nicht nachgewiesen! Einige Milliarden Nervenfasern sorgen über den Balken für ein perfektes Zusammenspiel der Hirnareale auf beiden Seiten. Pädagogen hätten weit mehr Veranlassung, sich Gedanken über die Kommunikation zwischen Lehrer und Schüler zu machen als über die zwischen den beiden Großhirnhälften.

Von pädagogisch Verwertbarem weit entfernt

Unsere beiden Lehrer besuchen am Wochenende nach den eingangs geschilderten Chemiestunden einen Vortrag über die pädagogischen Konsequenzen der Hirnforschung. Sie sind begeistert. Die Hirnforschung ist zweifelsohne eins der ganz großen Abenteuer des menschlichen Geistes in unserer Zeit. Das Abenteuer seiner Selbsterkenntnis oder zumindest der Erkenntnis seiner neuronalen Grundlagen. Wie war doch die Logik der Hirnforscher? »Lernen ist der Gegenstand der Hirnforschung schlechthin; daher wird ein Lehrer, der weiß, wie das Gehirn funktioniert, besser lehren können«! Die letzten Chemiestunden ziehen an ihnen vorbei. Was könnte ich auf Grundlage dieser Ergebnisse »besser« machen? Etwas ernüchert durchforsten sie nochmals ihre Aufzeichnungen: Wiederholung und Vertiefung innerhalb von 24 Stunden. Hausaufgaben haben sie gegeben! (Der Waldorflehrer sieht sich darüber hinaus darin bestätigt, sein Fach in Epochen zu unterrichten.) Lernen an Beispielen, didaktisch strukturiertes Wissen – das ist ihnen nicht neu! Emotionen müssen angesprochen sein. Mit Interesse lernt man besser als aus Angst. Einbeziehung von motorischer Aktivität und praktischer Arbeit ist wichtig (auch wenn dabei der eine mehr an handlungsorientierten Unterricht und der andere an Eurythmie und Handarbeit denkt). »Lernen mit Kopf, Herz und Hand« – das weiß die Pädagogik seit Pestalozzi. Nicht dass beide von sich behaupten könnten, all diese Kriterien zu erfüllen! Dass sie diesen Maßstäben gerecht werden sollten, weiß jeder der beiden. Darüber *wie* ihnen dies besser gelingen könnte, hat ihnen der Vortragende bislang nichts gesagt.

Auch die anderen Hinweise des Vortrags sind ihnen lange vertraut. Lernen als selbstorganisierender Prozess. Selbstständiges Arbeiten ist wichtig. Problemlösung als Motivation. Beide wissen es. Besonders der Waldorflehrer fragt sich, ob er dies mit seiner Gliederung des Hauptunterrichts wirklich hinbekommt. Methodenlernen ist genau so wichtig wie das Lernen von Kenntnissen. Klar. Aber leistet der Naturwissenschaftsunterricht an der Waldorfschule dies wirklich in einem »wissenschaftspropädeutischen« Sinne? Altersgemäßes Lernen. Auch nicht neu. »Kritische Phasen« kennen Pädagogik und Psychologie schon seit mindestens 100 Jahren. Nun ist es der Staatsschullehrer, der ein schlechtes Gewissen wegen der Sitzenbleiber des letzten Schuljahres und der Früheinschulungswelle hat. Aber auch der Waldorflehrer fragt sich, ob die miserable Rechtschreibung seiner

Klassen etwas mit einer verpassten kritischen Phase in den ersten Klassen zu tun haben könnte. Wenn er auch befriedigt an die große Beachtung denkt, die der Nachahmung im Waldorfunterricht der kleinen Klassen geschenkt wird. Sie wird auch von dem Hirnforscher bestätigt. Denkanstöße hat der Vortrag also schon gegeben – auch wenn man sich all die Fragen auch ohne Hirnforschung hätte gestellt haben können.

Glücklicherweise gibt es aber anschließend noch ein Forum. Vielleicht kann der Hirnforscher auch darüber etwas sagen, *wie* man diese ganzen – wie die beiden inzwischen bemerkt haben: nicht so ganz neuen – Kriterien für ein »besseres« Lehren unterrichtsmethodisch realisieren könnte. Besonders die Experimente mit der Ratte im Tiefschlaf haben beide beeindruckt. Die Sammlung der Fragen beginnt. Der Staatsschullehrer fragt, wie denn nach Auffassung des Hirnforschers eine für die Einspeicherung in das Langzeitgedächtnis geeignete Strukturierung der Lerninhalte und Ergebnissicherung aussehen müsste. Dummerweise ist der Waldorflehrer der nächste. Seine Frage zu dem selben Experiment geht in eine ganz andere Richtung: Im Tiefschlaf würde doch gewiss mehr als nur das geschehen. Es geht doch sicher auch um die kreative Aufarbeitung des am Tage Erlebten. Ob es denn auch dafür Anhaltspunkte gäbe? Der Vortragende ist verblüfft: »Wie kommen sie denn darauf?« Einen Augenblick zögert der Waldorflehrer: Soll er jetzt darstellen, wie sich Ich und Astralleib im Schlaf von Ätherleib und physischem Leib lösen, um in den Astralwelten ... oder besser nur auf Steiners geisteswissenschaftliche Erkenntnisse verweisen? Er entscheidet sich gegen beides und berichtet von seinen Erfahrungen, dass die Schüler oftmals am nächsten Morgen mit wirklich genialen Gedanken zu den Experimenten vom Vortrag in die Schule kommen. In die Richtung habe er noch nicht nachgedacht, entgegnet der Neurobiologe. Die Überlegungen würden eher in die von dem ersten Kollegen angesprochene Richtung gehen. Ausschließen möchte er jedoch nichts. Was sich im Tiefschlaf nämlich zwischen Hippokampus und Großhirnrinde konkret abspielt, wüsste man nicht einmal ansatzweise. Und selbst wenn es sich »nur« um die Bildung des Langzeitgedächtnisses handeln würde, könne man auch über die mögliche Beeinflussung dieses Prozesses nichts Genaueres sagen. Auch weitere Versuche, den Hirnforscher durch gezielte Fragen zu konkreten methodisch-didaktischen oder pädagogischen Anregungen zu bewegen, schlagen fehl. Schließlich beschränkt man sich auf Fragen zu den neurobiologischen Forschungsergebnissen selbst. Und die sind an sich ja schon spannend genug.

Nach dem Forum diskutieren die beiden Lehrer noch lange miteinander, tauschen ihre Interpretationen des Experiments aus, die Bedeutung, die sie ihm im Rahmen ihrer Unterrichtsmethoden beimessen. Ihnen wird klar, dass der Schlaf in ihren pädagogischen Überlegungen eine völlig verschiedene Rolle spielt und dass Hirnforschung zwar die Wichtigkeit des Tiefschlafes für das Lernen bestätigt, aber weit davon entfernt ist, entscheiden zu können, wer von beiden der Wahrheit am nächsten kommt. Auch die anderen Kriterien des Hirnforschers für gelingendes Lernen diskutieren die beiden und sehen, wie verschieden man auch diese Kriterien unterrichtspraktisch füllen kann und wie weit die Empfehlungen der Hirnforschung von methodisch-didaktisch und pädagogisch verwertbaren Hinweisen entfernt sind. Sie diskutieren ihre eigenen Erfahrungen mit ihren verschiedenen Unterrichtsmethoden. Vielleicht werden sie die Methode des anderen Kollegen ausprobieren, eigene Erfahrungen damit sammeln und sie untereinander

der austauschen. Dann wäre das ganze auch in pädagogischer Hinsicht eine gelungene Fortbildungsveranstaltung gewesen.

Gigantisches methodisches Niemandsland

Dass die Hirnforschung bislang wenig wirklich Neues zu unterrichtsmethodischen und pädagogischen Fragen beitragen kann, wird bisweilen auch von Hirnforschern zugestanden. Ein Grund dafür ist, dass die Hirnforschung trotz aller Fortschritte eigentlich noch immer in den Kinderschuhen steckt. Dies hat vor allem methodische Gründe: Die neurobiologische Forschung verfügt inzwischen über effektive Methoden zur Untersuchung einzelner Nervenzellen, ihrer elektrischen Potenziale, Ionenkanäle, Rezeptoren und Neurotransmitter. Entsprechend detailliert sind die Erkenntnisse der Neurobiologie über die Funktion dieser Zellen und die den Lernvorgängen zugrunde liegende synaptische Plastizität. Ebenso detailliert wie auf dem mikroskopischen Niveau sind die Erkenntnisse auf der makroskopischen Ebene der Teilorgane des Gehirns. Zusammen mit den klassischen Befunden zu Funktionsstörungen beim Ausfall von Teilen des Gehirns durch Krankheiten oder Verletzungen liefern diese Verfahren genaue Einblicke in die Aufgaben, die bestimmte Teile des Gehirns erfüllen.

Zwischen diesen beiden Ebenen liegt jedoch ein gigantisches methodisches Niemandsland. Es gibt bisher kaum effektive Methoden, um das Zusammenspiel größerer Populationen von Nervenzellen zu untersuchen. Die eingangs dargestellten Experimente, die bis zu hundert Nervenzellen gleichzeitig untersuchen, bilden hier auch vierzehn Jahre nach ihrer Veröffentlichung die vorderste Front der Forschung. Von einem Verständnis des Zusammenspiels der etwa 30 Milliarden Nervenzellen unserer Großhirnrinde ist man mit all dem noch astronomisch weit entfernt. Diese »methodische Lücke« zwischen der obersten und der untersten Ebene der Hirnfunktion hat nun immense theoretische Konsequenzen: Der Wert der Ergebnisse der bildgebenden Verfahren bleibt beschränkt, weil sie auf Grund ihrer geringen zeitlichen und räumlichen Auflösung lediglich zeigen, *was* in einem bestimmten Teil des Gehirns geschieht, nicht aber *wie* dies geschieht. Und auch das detaillierte Wissen auf der Ebene der einzelnen Nervenzellen hat nur eine sehr begrenzte Aussagekraft, weil ohne die Einsichten auf der mittleren Ebene die Bedeutung der Funktion einzelner Zellen für eine bestimmte Leistung des Gehirns insgesamt völlig im Dunkeln bleibt. Abstrakte Denkprozesse, die Verankerung von Wertvorstellungen, das menschliche Selbstbewusstsein, komplexe Emotionen und Motivationen sowie die mit all dem verbundenen Lernprozesse sind nur einige Themen, die bislang weit jenseits des Horizonts neurobiologischer Forschung liegen. Pädagogisch verwertbare Ergebnisse sind angesichts dieser methodischen Probleme wohl auf absehbare Zeit nicht zu erwarten.

Diese forschungsmethodischen Begrenzungen werden von den meisten Hirnforschern zugestanden.⁵ Darüber hinaus gibt es aber auch gute Gründe, den Anspruch einer neurobiologisch fundierten Pädagogik aus erkenntnistheoretischer Sicht überhaupt in Frage zu stellen. Nach anthroposophischer Auffassung lernt der Mensch mit Ätherleib, Astralleib und Ich. Das Gehirn stellt für diese Lernprozesse lediglich eine physische Grundlage dar. Man muss nicht auf einen überwundenen Leib-Seele-Dualismus zurückfallen, um

diese Intuition erkenntnistheoretisch fruchtbar zu machen. Auch ein antireduktionistisch orientierter Funktionalismus legt nahe, dass Lernprozesse sich wesentlich auf einer »funktionalen« oder »mental« Ebene abspielen, die sich neurobiologischer Forschung weitestgehend entzieht und allenfalls mit psychologischen und sozialwissenschaftlichen Methoden erforscht werden kann.⁶ Hirnforschung kann aus dieser Sicht zeigen, wie eine solche mentale Ebene im Gehirn realisiert ist, nicht aber wie sie sich im Rahmen von Lernprozessen organisiert und strukturiert. Um einen beliebigen Vergleich zu bemühen: Kein Mensch würde einen Spannungsprüfer benutzen, um herauszufinden, welches Programm gerade auf seinem PC läuft. Er würde über Tasten und Monitor mit ihm »kommunizieren«. Wie kommt man auf die Idee, die nicht nur völlig anders gearteten, sondern auch um Größenordnungen komplexeren menschlichen Lernprozesse besser durch die Ableitung einiger Nervenzellen als durch Kommunikation mit dem ganzen Menschen zu erfahren?

Studiert man entsprechend etwa Manfred Spitzers außerordentlich lesenswertes Buch zum Thema Lernen,⁷ so bedarf es nur wenig, um zu sehen, dass die wirklich überzeugenden Argumente ganz im funktionalistischen Sinn entweder in psychologischen und sozialwissenschaftlichen Forschungsergebnissen – oder aber in den Erfahrungen eines Vaters wurzeln, der die Lerngeschichte seiner eigenen Kinder aufmerksam verfolgt hat. Die neurobiologischen Forschungsergebnisse stellen – ganz im Gegensatz zu der von Spitzer in der Einleitung seines Buches formulierten Überzeugung – lediglich (sehr interessante) Illustrationen dar. Diese Beobachtung lässt sich unschwer auf die meisten der genannten Versuche ausdehnen, Pädagogik mit Hirnforschung zu fundieren. Die neurowissenschaftlichen Erkenntnisse sind für sich genommen in kaum einem Fall hinreichend, um die entsprechenden Kriterien für gelungenes Unterrichten zu fundieren. Um nur zwei Beispiele zu nennen: Aus den Erkenntnissen zum Dopaminsystem könnte man als Motivationsmethode für Schüler ebenso die Belohnung mit unerwartet viel Schokolade oder die unerhoffte Abwendung eines unsympathischen Lehrers verwenden. Die Orientierung an Problemlösungen vorzuschlagen ist natürlich vernünftig, entspringt aber bereits pädagogischen Überlegungen, die auf eine neurowissenschaftliche Fundierung verzichten können. Wenn allerdings selbst diese sehr allgemein gehaltenen Vorschläge der Hirnforscher aus neurobiologischen Erkenntnissen allein nicht ableitbar sind, dann ist es nicht erstaunlich, dass sie nicht bis zu methodisch-didaktisch oder pädagogisch verwertbaren Ideen vordringen können.

Hirnforschung als wissenschaftlicher Mythos

Hat man einmal verstanden, dass die Neurobiologie in ihren Empfehlungen wesentliche Anleihen bei der psychologischen Forschung der letzten hundert Jahre zu machen gezwungen ist, verflüchtigt sich auch ein Stück weit das Erstaunen über die Aktualität, die ihre Schlussfolgerungen bei allem Mangel an Originalität dennoch haben. Letztlich schöpfen sie aus der gleichen Quelle wie auch die moderne Pädagogik. Noch nicht einmal berührt ist mit all dem die Frage, ob sich Pädagogik überhaupt »verwissenschaftlichen« lässt oder ob sie letztendlich tatsächlich eine »Erziehungskunst« ist, die allenfalls auf

systematisierte Erfahrungen zurückgreifen kann, die auf jeden Lehrer, jede Klasse und jede Unterrichtssituation hin individualisiert werden müssen.

Manfred Spitzers Logik der Anwendung der Hirnforschung in der Pädagogik müsste also zumindest angemessen relativiert werden: Lernen ist keineswegs »der Gegenstand der Hirnforschung schlechthin«. Gegenstand der Hirnforschung sind die *neuronalen Grundlagen* des Lernens. Hierin und nur hierin liegt ihr Wert für die Pädagogik. Hirnforschung sollte zweifellos ihren Platz überall dort haben, wo neuronale Aspekte des Lernens einen begrenzenden Faktor für Lernfortschritte darstellen – vor allem also in der Heilpädagogik. Und sie sollte sicher auch eine psychologisch und sozialwissenschaftlich fundierte Pädagogik durch ein Wissen um die biologischen Grundlagen des Lernens vervollständigen. Hirnforschung könnte so durchaus Denkanstöße für pädagogische Überlegungen liefern, die allerdings ihrerseits der methodischen Fundierung und Überprüfung durch psychologische und sozialwissenschaftliche Forschung, vor allem aber durch pädagogische Praxis bedürfen. Zu vermeiden sind auf jeden Fall pädagogische »Anwendungen« neurowissenschaftlicher Forschungsergebnisse auf Grund methodisch nicht gesicherter Spekulationen, wie sie im Kontext der Funktionsteilung der beiden Hirnhälften nach wie vor gängig sind. Einer drohenden szientistischen Mythologisierung der Hirnforschung sollte auch in der Pädagogik ein modifizierter Wahlspruch der Aufklärung entgegen gesetzt werden: Habe Mut, deine eigenen pädagogischen Erfahrungen zu machen und dich ihrer zu bedienen!

Zum Autor: Dr. Axel Ziemke, Studium der Biochemie, Promotion in Philosophie, Graduiertenkolleg an der Ruhr-Universität Bochum. Waldorflehrerausbildung in Kassel; Lehrer für Biologie, Chemie und Philosophie an der Rudolf-Steiner-Schule Remscheid.

Anmerkungen:

- 1 M. A. Wilson & B. L. Naughton: Dynamics of hippocampal ensemble code for space, *Science* 261 (1993), p. 1055-1058
- 2 M. A. Wilson & B. L. Naughton: Reactivation of hippocampal ensemble memories during sleep, *Science* 265 (1994), p. 676-679
- 3 Ralf Caspary (Hrsg.): Lernen und Gehirn. Der Weg zu einer neuen Pädagogik, Freiburg 2007
- 4 Manfred Spitzer: Lernen. Gehirnforschung und die Schule des Lebens, München 2007
- 5 Das Manifest. Elf führende Neurowissenschaftler über Gegenwart und Zukunft der Hirnforschung. *Gehirn & Geist* 6 (2004)
- 6 Vgl. Axel Ziemke: Im Netzwerk der Unsterblichkeit. Ein Biochemiker und ein Philosoph im Selbstgespräch über Gehirn, Bewusstsein und geistige Welten, Info3. Frankfurt 2007
- 7 Spitzer, Lernen ..., a.a.O.