

Das Anregungspotenzial der Neurowissenschaften

Wahrnehmen, Denken, Lernen sind nicht nur, aber auch physiologische, also körpergebundene Aktivitäten. Ohne die Biochemie unseres Gehirns ist keine Kognition möglich. Das Nervensystem mit seinen Neuronen, Synapsen und Neurotransmittern bildet die Hardware, die Bewusstseinsinhalte die Software unseres Erkenntnisvermögens (wobei bereits diese Trennung von Hardware und Software strittig ist).

Viele umgangssprachliche Redewendungen verweisen auf diese Einheit von Geist und Nervensystemen, z. B. „einen kühlen Kopf behalten“: Dieser Metapher liegt die Erkenntnis zugrunde, dass die mentale Aktivität des Gehirns viel Energie verbraucht, die Wärme freisetzt, die wiederum Abkühlung erfordert. „Erhitzte Gemüter“ verlieren oft die Übersicht. Um also Denken, Fühlen und Lernen zu verstehen, ist neurobiologisches Wissen erforderlich. Ein Beispiel: Unsere Gefühle werden gesteuert „durch chemische Substanzen, d. h. Transmitter, Neuromodulatoren, Neuropeptide und Neurohormone. Mehr noch als das elektrophysiologische Geschehen in unserem Gehirn bestimmen sie unser Fühlen, Denken und Handeln, ein Ungleichgewicht dieses neuropharmakologischen ‚Haushalts‘ führt zu massiven Veränderungen unserer psychischen Befindlichkeit“ (Roth 2001, S. 455).

Die Neurowissenschaft klärt uns darüber auf, welche biochemischen Prozesse ablaufen, wenn wir *Angst* haben. Diese Prozesse sind aber inhaltsunspezifisch, d. h. es ist physiologisch kein Unterschied, ob wir uns vor einem Hund oder einem Gewitter fürchten. Außerdem sagt die Neurowissenschaft wenig darüber aus, warum sich einige Menschen mehr, andere weniger ängstigen.

Die Neurowissenschaft ist eine wichtige Bezugswissenschaft der Pädagogik. Allerdings kann pädagogisches Handeln nicht aus neurobiologischen Theorien deduziert, also „abgeleitet“ werden. Die Neurobiologie befasst sich u. a. mit der Frage, *wie* wir lernen, aber nicht, *was* und *warum* wir lernen. So bin ich skeptisch gegenüber dem Anspruch einer „*Neurodidaktik*“. Die neurowissenschaftliche Forschung, die sich trotz aller bemerkenswerten Fortschritte noch in den Anfängen befindet, vermag (reform-)pädagogisches Erfahrungswissen zu bestätigen und zu modifizieren, und sie vermag Mythen und Illusionen einer normativen Postulat- und Belehrungspädagogik zu „perturbieren“. Obwohl Neurobiologie und Pädagogik unterschiedliche Systeme mit verschiedenen Kriterien, Logiken und Schlüsselbegriffen sind, gibt es doch Analogien und Affinitäten der Beobachtungsperspektiven. Beide Disziplinen lassen sich *komplementär* einander zuordnen, sie können sich wechselseitig anregen, ohne dass die disziplinären Differenzen nivelliert werden.

Durch die modernen „bildgebenden Verfahren“ haben die Neurowissenschaftler menschliche Kognitionen in erstaunlicher Weise im Gehirn registrieren können. „Neuronenpopulationen lassen sich auch direkt dabei beobachten, wie sie neue Inhalte lernen“ (Spitzer 2000, S. 86).

Auch wenn diese Erkenntnisse abhängig von dem technischen Stand der Forschungsinstrumente und damit vorläufig sind, so stärken sie doch nachdrücklich die These, dass Lernen weniger eine Reaktion auf wissensvermittelnden Unterricht und vor allem ein selbstgesteuerter, eigenwilliger Vorgang ist. Im Folgenden seien – notwendigerweise verkürzt – einige pädagogisch aufschlussreiche neurowissenschaftliche Thesen zur Diskussion gestellt.

1. Die Zahl der neuronalen Netzwerke des Gehirns ist nahezu unbegrenzt. Diese Netze sind nicht fest verdrahtet, sondern *plastisch* und *aktivitätsabhängig*. „Wir wissen heute, dass das Gehirn das anpassungsfähigste Organ ist, das wir besitzen“ (ebda, S. 11).
„Die Hardware Gehirn ist plastisch, ihre Bauteile die Neuronen, langsam und fehleranfällig, aber dafür in unvorstellbar großer Zahl verfügbar“ (ebda, S. 15).
Die Plastizität des Gehirns ist notwendige (aber nicht ausreichende) Bedingung lebenslangen Lernens.
2. Die Plastizität wird begrenzt durch *Strukturen*, die der Mensch gattungsgeschichtlich und im Verlauf seiner Lernbiografie entwickelt hat. Wahrnehmungen, Denken, Fühlen, Lernen erfolgen also „*strukturdeterminiert*“ (Maturana/Varela 1987, S. 107), d. h. neue Inhalte können nur im Rahmen dieser Strukturen verarbeitet werden.
Innerhalb dieser strukturellen Rahmungen ist ein „*Driften*“ möglich (ebda, S. 114). Edmund Kösel hat diese Metapher des Driftens auf Lehr-Lernprozesse übertragen. „In der Driftzone entsteht ein breites Feld von subjektiv konstruiertem Wissen ... Diese Wissenskonstruktionen sind sehr unterschiedlich, denn menschliche Erkenntnis ist nicht nur kulturabhängig, sondern auch im Laufe der individuellen, familiären und schulischen Entwicklung qualitativen Änderungen unterworfen“ (Kösel 2001, S. 87).
3. Diese Netzwerke funktionieren weitgehend *selbstorganisiert* und operational geschlossen; das Gehirn interagiert gleichsam „mit seinen eigenen Zuständen.“
„Zunehmend setzt sich die Ansicht durch, dass kognitive Funktionen wie Wahrnehmung, Gedächtnis, Denken oder Sprache auf komplexen Interaktionen in neuronalen Netzen ... beruhen ... Charakteristisch ist ferner, dass die Informationsverarbeitung ... auf Selbstorganisationsprozessen in neuronalen Aktivitätsmustern beruht“ (Engel/König 1998, S. 156).
Lernen – auch in Bildungsveranstaltungen – ist größtenteils ein „emergenter“ Prozess, ein „innerer Monolog“.

4. Hermann Haken, der durch seine Chaostheorie bekannt geworden ist, hat die These der Selbstorganisation des Gehirns weiterentwickelt: Die neuronalen Netzwerke wirken zusammen und erzeugen dadurch neue Eigenschaften. Diese Emergenz neuer Qualitäten bezeichnet er als Synergetik. „Heutzutage gibt es ganze Landkarten, die zeigen, welche Gehirnareale bei bestimmten Tätigkeiten, wie beim Schachspiel, Lesen von Texten usw., „aufleuchten““ (Haken/Haken-Krell 1997, S. 41).
Für Lernprozesse bedeutet diese synergetische Verstärkung: Emotionen und Kognitionen ergänzen sich z. B. bei einem Engagement für soziale Gerechtigkeit oder ökologische Nachhaltigkeit. Auch positive körperliche Empfindungen und kognitive Aha-Erlebnisse können sich zu einem Flow-Gefühl verbinden.
5. Im Lernprozess werden *Assoziationsareale*, in denen Gedächtnisinhalte und Erfahrungen gespeichert sind, aktiviert und verknüpft. „Neuronen des Kortex empfangen den überaus größten Teil ihrer Information von anderen Neuronen des Kortex und damit indirekt von sich selbst. Unser Gehirn ist voll von „*Rückkopplungsschleifen*“ (Spitzer 2000, S. 204). Das Lernen als Erwachsener ist also vor allem biografie- und erfahrungsorientiertes „Anschlusslernen“.
6. Kognition ist zwar im Wesentlichen innengesteuert, aber doch *kontextabhängig* und *situationsabhängig*. So sind sensorische Wahrnehmungen keine ikonischen Abbildungen der Außenwelt, sondern individuelle Selektionen und Interpretationen.
7. Erkennen und sinnliche Wahrnehmungen sind Formen des *Handelns*, nicht Abbildung von Welt, sondern Welterzeugung. Kognitives System und Welt sind untrennbar verbunden. A. Engel und P. König schlagen vor, die herkömmliche „Dingontologie“ durch eine „*Situationsontologie*“ zu ersetzen. „Das wahrnehmende Subjekt steht der Situation nicht gegenüber, sondern ist selbst ‚situiert‘, d. h. integraler Bestandteil der Situation“ (ebda, S. 188). Diese Konstruktion von Situationen ist durch Sinn, Bedeutung, Interesse, Bedürfnisse gekennzeichnet. Gelernt wird also vor allem das, was als sinnvoll, relevant und viabel erlebt wird.
8. Das *limbische System* und der *Neokortex* sind miteinander verknüpft, d. h. Kognition und Emotion bilden eine untrennbare Einheit. „Vernunft und Verstand sind eingebettet in die affektive und emotionale Natur des Menschen“ (Roth 2001, S. 451). „Darüber hinaus ist die aktuelle Hirnforschung im Begriff, komplexe neuronale Assoziationssysteme zu identifizieren, in denen emotionale, kognitive, vegetativ-hormonale und sensomotorische Komponenten unter der Vorherrschaft eines spezifischen Affekts zu umfassenden psycho-physischen Verhaltensmustern integriert sind“ (Ciompi 2001, S. 4). Die Diskussion über ein ganzheitliches Lernen von „Kopf, Herz und Hand“ erhält damit eine neue Dimension.

9. Kognitives Lernen ist vor allem ein Erkennen von *Mustern*; die neuronalen Netze sind in der Lage, zu abstrahieren und zu generalisieren. Andererseits lernt das Gehirn keine abstrakten Regeln, sondern Fälle, Beispiele. „Das Gehirn braucht ... nicht Regeln, sondern gute Beispiele ... Um Regeln aus Inputbeispielen abstrahieren zu können, muss der Input diese Regeln widerspiegeln, d. h. er bedarf einer inneren Struktur ... Es wird besser gelernt, wenn zunächst einfache, aber grundlegende Beispiele trainiert werden“ (Spitzer 2000, S. 334). Diese Erkenntnisse sind also Argumente für exemplarisches Lernen.
10. Obwohl institutionalisierte Lehre vor allem bewusste Wahrnehmungs- und Denkprozesse fördert, erfolgt ein Grossteil des Lernens und Erkennens eher *unbewusst* und *implizit*. „Unser bewusstes Ich hat nur begrenzte Einsicht in die eigentlichen Antriebe unseres Verhaltens. Die unbewussten Vorgänge in unserem Gehirn wirken stärker auf die bewussten ein als umgekehrt ... Bewusstsein und Einsicht können nur mit ‚Zustimmung‘ des limbischen Systems in Handeln umgesetzt werden“ (Roth 2001, S. 452). Damit wächst die Bedeutung von Lernumgebungen, die implizites Lernen (vgl. den Beitrag von B. Lemke) unterstützen.
11. Wahrnehmungen und Lernprozesse sind nicht nur mit Emotionen, sondern auch mit *körperlichen Empfindungen* verknüpft. „Der Körper denkt mit“ stellen U. Schnabel und A. Sentker (1997, S. 103) fest. Der Körper bildet ein „unentbehrliches Bezugssystem für die neuronalen Prozesse ... die wir als Bewusstsein erleben“ (Damasio 2000, S. 17). „Wenn negative Körperzustände häufig wiederkehren oder länger anhalten, wie es bei einer Depression der Fall ist, wächst der Anteil der Gedanken, die eher mit negativen Situationen assoziiert sind, während sich Stil und Effizienz des Denkprozesses beeinträchtigt zeigen“ (ebda, S. 203). Nicht zufällig sind viele Menschen beim Spaziergehen besonders kreativ (vgl. auch die griechischen Peripatetiker).
12. Das menschliche Gehirn verfügt offenbar über einen „*Relevanzdetektor*“ und einen „*Neuigkeitsdetektor*“. Informationen, die als bedeutungslos und bekannt erscheinen, werden zum „Rauschen“. Da diese Relevanz- und Neuigkeitsdetektoren biografie- und erfahrungsabhängig sind, nehmen verschiedene Personen in Bildungsveranstaltungen sehr Unterschiedliches wahr. Je nach Interesse und Vorkenntnissen werden „gezielt kortikale Strukturen aktiviert“ (Spitzer 2000, S. 156).
13. Evolutionsgeschichtlich, aber auch biografisch scheint es eine Wechselwirkung zwischen der Komplexität des kognitiven Systems und der Komplexität der Umwelt zu geben. Der Mensch hat eine immer komplexere Welt konstruiert – und diese Welt erfordert zunehmend abstrakte, vernetzte, reflexive Denk- und Lernleistungen. „Mit zunehmender Komplexität unserer Kulturen nahm die Komplexität unseres Gehirns zu, was wiederum eine Steigerung der Ansprechbarkeit des Körpers für Außenreize und eine weitere Steigerung der kulturellen Komplexität

bedingte“ (Schnabel/Sentker 1997, S. 60). Diese Wechselwirkung lässt sich auf die individuelle Persönlichkeitsentwicklung übertragen: je komplexer die Lernumwelten, desto differenzierter die Lernprozesse und die Wirklichkeitskonstruktionen.

Thomas Metzinger nennt folgende Eigenschaften menschlicher Kognition: „Ihre Leiblichkeit, ihre Situiertheit, ihre Sensitivität auch für die zeitliche Struktur impliziter Kontexte, ihre Bezogenheit auf andere kognitive Systeme und die semantische Koevolution mit ihnen, ihren flüssigen, transienten und nie vollständig prognostizierbaren Charakter, der häufig durch abrupte ‚Phasenübergänge‘ gekennzeichnet ist und fast immer ein aktives, schöpferisches Moment beinhaltet“ (Metzinger 1998, S. 347). Innerhalb der Gehirnforschung scheint der Streit zwischen „Lokalisierern“ und „Netztheoretikern“ zugunsten der letzteren entschieden zu sein.

Die Lokalisierungstheorie basiert auf der Annahme, dass jedes Wahrnehmungsobjekt und jeder Gedächtnisinhalt eindeutig im Gehirn „verortet“ werden. Scherzhaft wird – als Beispiel – von einer „Großmutterzelle“ gesprochen: Auch für die Großmutter ist eine spezielle Nervenzelle „reserviert“. Die Vernetzungstheorie geht davon aus, dass unterschiedliche neuronale Areale flexibel und situationsabhängig miteinander vernetzt werden. Diese „Module“ sind also nicht fest verdrahtet, sondern organisieren sich und kooperieren in jeder Situation neu. Diese Vernetzungstheorie begründet auch die These der Selbststeuerung und Selbstorganisation des Gehirns.

Wolf Singer stellt treffend fest: „Noch nie hat die Menschheit so viel gewusst und gekonnt wie jetzt, und nie zuvor war sie so ratlos oder – versöhnlicher formuliert – sich ihrer Ratlosigkeit so bewusst“ (Zit. Schnabel/Sentker 1999, S. 291).

Literatur

- Ciampi, L. (2001): Affektlogik, affektive Kommunikation und Pädagogik. In: Unterweger, E./Zimmerich, V. (Hrsg.): Braucht die Schule Psychotherapie? Wien, S. 3 ff.
- Damasio, A. (2000): Descartes' Irrtum. München
- Engel, A./König, P. (1998): Das neurobiologische Wahrnehmungsparadigma. In: Gold, P./Engel, A.: a. a. O., S. 156 ff.
- Gold, P./Engel, A. (1998): Der Mensch in der Perspektive der Kognitionswissenschaften. Frankfurt
- Haken, H./Haken-Krell, M. (1997): Gehirn und Verhalten. Stuttgart
- Kösel, E. (2001): Die Konstruktion von Wissen in der Schule. In: Schmidt, S. (Hrsg.): Lernen im Zeitalter des Internets. Bozen, S. 667 ff.
- Maturana, H./Varela, F. (1987): Der Baum der Erkenntnis. München
- Metzinger, T. (1998): Anthropologie und Kognitionswissenschaft. In: Gold, P./Engel, A.: a. a. O., S. 326 ff.
- Roth, G. (2001): Fühlen, Denken, Handeln. Frankfurt
- Schnabel, U./Sentker, A. (1997): Wie kommt die Welt in den Kopf? Reinbek
- Spitzer, M. (2000): Geist im Netz. Heidelberg