Horst Siebert/Gerhard Roth

Gespräch über Forschungskonzepte und Forschungsergebnisse der Gehirnforschung und Anregungen für die Bildungsarbeit

H. S.: Herr Roth, würden Sie bitte Ihre Wissenschaftsbiografie kurz skizzieren?

G. R.: Ich habe ein altsprachliches Gymnasium besucht und bin dort mit Naturwissenschaften nur wenig in Berührung gekommen. Studiert habe ich Philosophie, Literatur und Musikwissenschaften, einige meiner Familienmitglieder sind Musiker. Ich habe in Münster und Rom studiert und 1969 in Philosophie promoviert. Mich interessierte die Philosophie, weil ich erfahren wollte, wie Denken funktioniert, was Bewusststein ist, wie Wahrnehmung abläuft. Diese Erwartung wurde aber enttäuscht, obwohl ich eine gute Philosophieausbildung erhalten habe, z. B. bei Ritter, Lübbe und Oelmüller.
Aber mit moderner Forschung hatte diese Philosophie nichts zu tun. Ich habe dann den Psychologen Wolfgang Metzger und den Biologen Bernhard Rensch kennen gelernt – Rensch hat die moderne Evolutionstheorie in Form des Neodarwinismus in Deutschland bekannt gemacht und Aufsehen erregende Forschungen zum Problemlösen von Schimpansen durchgeführt. Ich habe mich daraufhin entschlossen, Biologie zu studieren. Nach meiner Promotion habe ich begonnen, an der Gesamthochschule Paderborn Philosophie zu unterrichten, und habe gleichzeitig in Münster und Berkeley Biologie studiert und dort 1974 promoviert. Im Jahre 1996 wurde ich auf meinen jetzigen Lehrstuhl berufen, hier in Bremen, und habe mich dann in die Neurobiologie hineingearbeitet. Insbesondere interessierte und interessiert mich die Frage, wie das Gehirn das Verhalten steuert.

H. S.: Können Sie Ihre Forschungsmethoden etwas genauer darstellen?

G. R.: Ich habe bewusst nicht mit Menschen gearbeitet, sondern mit Tieren, z. B. mit Fröschen und Salamandern, weil deren Gehirn und Verhalten sehr einfach ist. Wir – meine Frau und meine Mitarbeiter – untersuchen nun seit vielen Jahren, wie diese Tiere sehen, Beutetiere erkennen und sie präzise fangen. Die Gehirne von Fröschen und Salamandern sind so einfach, dass man sie auch in feineren Details verstehen und davon auch mathematische Modelle entwickeln kann. Bei diesen Tieren treten aber beim Objekterkennen dieselben Probleme auf wie bei uns, nur ist unser Gehirn so kompliziert, dass man das nicht auf zellulärer Ebene verstehen kann. Was im Gehirn genau abläuft, kann man beim Menschen nur in Ausnahmefällen feststellen, weil man aus ethischen Gründen normalerweise nicht direkt im Gehirn Ströme messen kann. Die bildgebenden Verfahren, die wir in unserem Institut auch verwenden, erfassen die Hirnaktivität durch den Schädel hindurch, und man

kann so Menschen beim Denken und Wahrnehmen beobachten, aber dabei erfassen sie die Aktivität von Millionen von Nervenzellen. Der Neurobiologe interessiert sich aber auch für die Frage, was auf der Ebene von einzelnen Nervenzellen passiert. Das kann man nur bei Tieren untersuchen, z. B. bei Ratten oder Fröschen. Ein berühmter Kollege, Eric Kandel, hat unter anderem Meeresschnecken untersucht und unter anderem dafür vor wenigen Jahren den Nobelpreis erhalten. Je mehr man aber ins zelluläre Detail geht, desto eingeschränkter sind die Aussagen, die man erhält. So kann man fragen, was im Gehirn chemisch und physikalisch abläuft, wenn ich lerne. Es ist aber weitgehend unbekannt, was beim Menschen dabei passiert, denn dies ist eben nicht direkt zu untersuchen. Man vermutet aber inzwischen, dass die dabei ablaufenden Prozesse bei Menschen und kleineren Tieren dieselben oder sehr ähnlich sind.

H. S.: Beim Menschen spielen aber Bewusstsein, Gefühle, Persönlichkeit eine besondere Rolle. Lassen die sich auch neurobiologisch erfassen?

G. R.: Alles, was wir empfinden und tun, ist eindeutig mit neuronalen Prozessen verbunden, also jeder Gedanke, jedes Gefühl, jede Erinnerung, aber auch alles Unbewusste. Bei einer Versuchsperson in einem Kernspintomographen kann man im Groben zeigen, was in ihrem Gehirn abläuft, wenn sie sich an ein bestimmtes Geschehen erinnert. Die neurobiologischen Mechanismen kann ich dabei jedoch nicht untersuchen. Der Teil des Gehirns, der bei uns für schulisches Lernen zuständig ist, der Hippocampus, ist genauso bei der Ratte vorhanden, und dort kann ich die zellulären Vorgänge viel besser untersuchen. Untersucht wird natürlich auch emotionales Lernen. Die Amygdala, der Mandelkern, sorgt dafür, dass sich bestimmte Emotionen mit bestimmten Geschehnissen verbinden und dass wir dann in bestimmten Situationen Furcht empfinden und in anderen Freude haben, dass wir wütend sind, Stress haben usw. Dinge, die zunächst neutral sind, werden mit angeborenen Gefühlszuständen wie Freude oder Furcht durch emotionale Konditionierung verbunden. Diese Verbindung gräbt sich in unser emotionales Gedächtnis ein. Das Gefühl warnt uns oder treibt uns an und ist die Haupttriebfeder unseres Verhaltens. Gefühle sind häufig, aber keineswegs immer bewusst. Deshalb tun wir oft Dinge, ohne zu wissen warum.

H. S.: Ist das bewusste, intentionale Denken eher nachgeordnet?

G. R.: Das Gehirn versucht alles möglichst unaufwändig zu machen und schwierige Entscheidungen zu vermeiden. Bewusstsein wird besonders dann eingeschaltet, wenn es neu und kompliziert wird. Häufig ist aber das Gehirn mit neuen komplizierten Situationen befasst. Das Unbewusste, das im so genannten limbischen System lokalisiert ist, kann hingegen keine komplizierten Dinge verarbeiten. Nur die Großhirnrinde kann solche komplexen Aufgaben bearbei-

ten, und deshalb ist sie mit Bewusstsein verbunden. Dann treten Denken und bewusstes Problemlösen auf. Die dabei gewonnenen Lösungen werden anschließend in das Unbewusste gegeben, das dann entscheidet, ob so gehandelt wird oder nicht.

H. S.: Ist diese komplexe Denkfähigkeit phylogenetisch jüngeren Datums?

G. R.: Bewusstes Problemlösen in der Großhirnrinde hat sich in der Evolution entwickelt. Bestimmte Arten von Bewusstsein – Erlebnisbewusstsein, Aufmerksamkeitsbewusstsein, Denken – finden sich auch bei Tieren, z. B. Affen, Delfinen, Hunden, Vögeln und Katzen. Affen haben wahrscheinlich ein Bewusstsein wie kleine Kinder von 2 Jahren.

H. S.: Stehen Komplexität des Denkens und Komplexität der Umwelt in einem Wechselverhältnis?

G. R.: Ja, aber wir haben nicht deshalb ein komplexes Bewusstsein entwickelt, weil wir in einer komplexen Umwelt leben. Unser Gehirn ist aus unbekannten Gründen sehr schnell sehr groß geworden. Mit diesem Gehirn konnten wir dann in komplexen Umwelten überleben, insbesondere in sozialen Umwelten, denn soziale Umwelten sind viel komplexer als natürliche Umwelten. Die Gesellschaftsstruktur der meisten Affen ist nicht sonderlich kompliziert. Menschliche Gesellschaften hingegen sind außerordentlich kompliziert, weil sie z. B. an die Kooperation hohe Anforderungen stellen. Eine effektive Kommunikation erfordert ein großes Gehirn. Durch diese Fähigkeit konnten wir den Konkurrenzkampf im Urwald vermeiden, indem wir neue Nischen in der Savanne erobert haben. Durch neue Erfindungen werden meist nicht Konkurrenten verdrängt, sondern es wird durch Besiedeln neuer Nischen dem Konkurrenzkampf ausgewichen. Der Mensch hat die Schimpansen im Urwald hinter sich gelassen.

H. S.: Lassen sich auch das Selbstbewusstsein, das Ich, neurobiologisch erklären?

G. R.: Ja. Man kann mit dem bildgebenden Verfahren feststellen, was im Gehirn vor sich geht, wenn jemand über sich selbst und über andere nachdenkt. Was bin ich selber? Was will der andere von mir? Beide Gedanken sind mit Aktivitäten in verschiedenen Gehirnteilen verbunden. Man kann auch feststellen, ab wann ein Kind dieses Selbstbewusstsein erwirbt.

H. S.: Sind die Erkenntnisse der Hirnforschung eine Provokation für die Aufklärungspädagogik und die Wertschätzung der Vernunft?

G. R.: Lernen ist nicht nur Vernunftarbeit. Es wird durch Faktoren beeinflusst, die weitgehend unbewusst wirken und mit Motivation und Emotionen zu tun ha-

ben. Das ist jedem guten Lehrer bekannt, ist aber nicht in die aufklärerische Pädagogik eingegangen, weil man Vernunft und Verstand triumphieren sehen wollte.
Ohne emotionale Komponenten läuft beim Lernen überhaupt nichts. Was die Gehirnforschung findet, ist in gewissem Sinne anti-aufklärerisch. Vernunft ist etwas Wichtiges, aber sie entscheidet nichts, das tun nur die Gefühle. Wenn man jemanden auffordert: „Nimm Vernunft an", dann hat dies für sein Verhalten meist keine Konsequenzen. Vernunft kann komplexe Situationen analysieren, sie kann dem Unbewussten Vorschläge machen: „Wenn du das tust, musst du die und die Konsequenzen in Kauf nehmen ... möchtest du diese Konsequenzen?" Letztlich geht es um die emotionale Akzeptanz der von der Vernunft aufgezeigten Alternativen und ihrer Konsequenzen.

H. S.: *Hat die argumentierende Pädagogik z. B. bei Themen wie Fremdenfeindlichkeit, Rassismus also wenig Chancen?*

G. R.: Ja und nein. Man ändert Menschen nicht über Appelle an die Einsicht und an die Vernunft. Alle Eltern wissen: Man kann auf seine Kinder noch und noch einreden; wenn sie nicht wollen, passiert nichts. Was also können wir machen, z. B. in der Ökologie, der Umweltbildung? Wir wissen alle, was passiert, wenn wir uns in unserem Umgang mit der Umwelt nicht ändern. Aber die Menschen ändern sich nicht oder nur sehr langsam, fahren nicht weniger Auto, vermeiden nicht wirklich den Abfall.
Ferne Wirkungen, die rational eingesehen werden, aber mit keiner – positiven oder negativen – Emotion verbunden sind, bewirken nichts. Nur Emotionen bewirken etwas. Was sich in hundert Jahren und was sich weit weg in Afrika ereignet, berührt uns nicht. Man muss die fernen Ereignisse also emotional stark besetzen. Man transportiert ferne Ereignisse in die Gegenwart, verbindet sie mit starken Emotionen, so als ob sie jetzt passieren würden, dann beginnen die Menschen über sie nachzudenken.

H. S.: *Obwohl es dabei Sättigungsgrade und Bumerangeffekte gibt.*

G. R.: Die kann man vermeiden. Menschen finden eine große Belohnung darin, dass sie weitermachen, was sie jetzt tun. Tradition ist für die meisten ein Wert in sich. Die Gewinne einer Verhaltensänderung müssen deshalb zeitnah sein, sie müssen deutlich sein, eine bestimmte Qualität erreichen – dann ändern sich die Menschen.

H. S.: *Ich wollte gern auf die Plastizität des Gehirns Erwachsener zu sprechen kommen. Sind Erwachsene lernfähig, veränderungsbereit, ändern sich Werte, Motive?*

G. R.: Was man Persönlichkeit nennt, scheint angeboren zu sein – zu ca. 50 %. Und zu 30 % wird sie offenbar frühkindlich verfestigt. Die Grundzüge der Persönlichkeit sind mit dem 5., 6., 7. Lebensjahr relativ fest. Das Temperament gehört dazu, es ist weitestgehend angeboren, aber auch der emotionale Umgang mit der Welt, also die Weise, worin man einen Wert und worin keinen Wert sieht. Die meisten Menschen verändern ihre Persönlichkeit im Erwachsenenalter nur unmerklich. Sie sind nicht völlig erstarrt, aber die Ereignisse müssen eine sehr große Wirkung, vor allem negative Wirkung haben, z. B. Lebenskrisen.

H. S.: Kann man solche Prozesse neurobiologisch feststellen?

G. R.: Man weiß inzwischen relativ gut, wo dies alles passiert, man kann erklären, wie sich die emotionalen und verhaltenssteuernden Gehirn-Netzwerke verändern. Davon zu unterscheiden ist schulisches und akademisches Lernen. Das geht lebenslang und erfolgt relativ unemotional. Die Persönlichkeitsstruktur bestimmt jedoch, wie ich lerne, was ich lerne, welche Inhalte, sie bestimmt also den Rahmen, in dem wir lernen. Menschen haben bestimmte Lernstile, die man kaum ändern kann. Diese Lerninhalte berühren unsere Persönlichkeit meist nicht.

H. S.: Ich habe Sie als Konstruktivisten kennen gelernt. Haben Sie sich in letzter Zeit von dieser Erkenntnistheorie distanziert?

G. R.: Ja und nein. Ich schreibe gerade ein Buch für den Suhrkamp-Verlag mit dem Titel „Aus Sicht des Gehirns“, in dem ich mich mit konstruktivistischen Ideen auseinander setze. Natürlich bin ich weiterhin Konstruktivist, weil viele dieser Aussagen durch die neurobiologische Gehirnforschung bestätigt werden. Ich grenze mich aber von einigen Aussagen des „radikalen“ Konstruktivismus ab, wie sie Maturana, aber vor allem von Glasersfeld machen. Es ist m. E. falsch, zu sagen, die Welt sei unerkennbar und das bewusste Denken reime sich aus den internen Zuständen ein Modell darüber zusammen. Dieses Modell sei nicht wahr oder falsch, sondern ich arbeite damit, solange es funktioniert. Eine objektive Realität könne und müsse ich nicht annehmen. Dagegen ist zu sagen: Die Konstrukte meines Gehirns – auch das Ich ist ein Konstrukt – sind in der Regel nicht bewusst entstanden. Da gibt es kein Ich, das konstruiert, sondern die Wahrnehmungen ergeben sich von selbst. Mein Bewusstsein, mein Wille hat darauf keinen Einfluss. Ich erlebe oder erleide meine Wahrnehmung. Es ist ein Irrtum anzunehmen, ein Ich würde sich bewusst die Welt zusammenreimen. Das Ich konstruiert nicht willentlich, es ist ein Konstrukt. Das Ich denkt nicht, es gibt auch kein Ich, das etwas will. Das ist eine Illusion. Es gibt ein Ich-Gefühl, dass sich dem Denken und Wollen zuordnet.

Da diese Konstrukte meist automatisiert entstehen, kann man die Grenze zwischen der inneren, erlebten Welt und der Außenwelt auch nicht so scharf

ziehen. Zwar spiegeln meine inneren Zustände nicht eine äußere Welt wider, aber die Gesetze dieser Welt haben sich evolutiv in den Konstruktionsmechanismen niedergeschlagen – im Sehen, Hören, Nachdenken. Diese Konstruktionen haben sich in über 400 Millionen Jahren bewährt.
Es ist diese Passung zwischen meiner Welt und meiner Wahrnehmung, die ich erklären muss. Ein radikaler Konstruktivist kann eigentlich kein Naturwissenschaftler und kein Lehrer sein. Selbst wenn der Lernerfolg bei Schülern völlig intern bedingt ist, kann der Lehrer die Konstruktionsbedingungen beeinflussen. Auch wenn man weiß, dass man die bewusstseinsunabhängige Welt nicht direkt erkennen kann, muss man sich plausible Vorstellungen über diese Welt machen, auch wenn das nie die objektive Wahrheit ist.

H. S.: Hängt damit auch Ihre Relativierung des Autopoiesis-Begriffs von Maturana zusammen?

G. R.: Der Autopoiesis-Begriff – die Erklärung, wie biologische Systeme funktionieren – war zu seiner Zeit revolutionär. Inzwischen ist der Begriff überflüssig, weil die moderne Zellbiologie das alles viel besser erklären kann. Fatal ist es, den Autopoiesis-Begriff in den Konstruktivismus hineinzubringen, d. h. die Idee der Abgeschlossenheit auf kognitive Systeme anzuwenden, denn das stimmt nicht: Ideen bringen sich nicht gegenseitig hervor. Teile des Organismus bringen sich gegenseitig hervor, aber nicht Ideen tun das, sondern das Gehirn macht dies. Es ist auch unzutreffend, wenn N. Luhmann sagt, Interaktionsakte brächten sich gegenseitig hervor. Aus diesen Gründen habe ich ein distanziertes Verhältnis zur Autopoieses-Theorie, sie sagt uns heute nichts Neues mehr!

H. S.: Was halten Sie von der „Neurodidaktik"?

G. R.: Was ich darüber gelesen habe, hat mit den Erkenntnissen der „Neurowissenschaften" nicht viel zu tun. Natürlich sollten neurobiologische Erkenntnisse über Lernen und Denken von der Pädagogik verarbeitet werden. Wir haben hier eine Forschergruppe „Neurobiologie des Lernens", wir haben ein Forum für Lehren und Lernen und bauen ein neues Institut auf, das sich mit diesem Thema beschäftigt. Aber an vielen Orten wird im Zusammenhang mit Didaktik und Pädagogik etwas über das Gehirn erzählt, was nicht haltbar ist. „Neuro" ist gerade „in" und verkauft sich gut.
Aber ich kann mir eine Pädagogik ohne die Erkenntnisse der Neurobiologie und der Emotionspsychologie nicht vorstellen. Aber diese Pädagogik gibt es noch nicht, sie muss erst entwickelt werden.

H. S.: Vielen Dank, Herr Roth, für dieses Gespräch.