

Sachser, Norbert

Neugier, Spiel und Lernen: Verhaltensbiologische Anmerkungen zur Kindheit

Zeitschrift für Pädagogik 50 (2004) 4, S. 475-486

urn:nbn:de:0111-opus-48217

in Kooperation mit / in cooperation with:

BELTZ

<http://www.beltz.de>

Nutzungsbedingungen / conditions of use

Gewährt wird ein nicht exklusives, nicht übertragbares, persönliches und beschränktes Recht auf Nutzung dieses Dokuments. Dieses Dokument ist ausschließlich für den persönlichen, nicht-kommerziellen Gebrauch bestimmt. Die Nutzung stellt keine Übertragung des Eigentumsrechts an diesem Dokument dar und gilt vorbehaltlich der folgenden Einschränkungen: Auf sämtlichen Kopien dieses Dokuments müssen alle Urheberrechtshinweise und sonstigen Hinweise auf gesetzlichen Schutz beibehalten werden. Sie dürfen dieses Dokument nicht in irgendeiner Weise abändern, noch dürfen Sie dieses Dokument für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, aufführen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

We grant a non-exclusive, non-transferable, individual and limited right to using this document. This document is solely intended for your personal, non-commercial use. Use of this document does not include any transfer of property rights and it is conditional to the following limitations: All of the copies of this documents must retain all copyright information and other information regarding legal protection. You are not allowed to alter this document in any way, to copy it for public or commercial purposes, to exhibit the document in public, to perform, distribute or otherwise use the document in public.

Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.
By using this particular document, you accept the above-stated conditions of use.

Kontakt / Contact:

peDOCS
Deutsches Institut für Internationale Pädagogische Forschung (DIPF)
Mitglied der Leibniz-Gemeinschaft
Informationszentrum (IZ) Bildung
Schloßstr. 29, D-60486 Frankfurt am Main
E-Mail: pedocs@dipf.de
Internet: www.pedocs.de

Inhaltsverzeichnis

Thementeil: Gehirnforschung und Pädagogik

Ulrich Herrmann

Gehirnforschung und die Pädagogik des Lehrens und Lernens:
Auf dem Weg zu einer „Neurodidaktik“? 471

Norbert Sachser

Neugier, Spiel und Lernen:
Verhaltensbiologische Anmerkungen zur Kindheit 475

Gerald Hüther

Die Bedeutung sozialer Erfahrungen für die Strukturierung
des menschlichen Gehirns. Welche sozialen Beziehungen brauchen
Schüler und Lehrer? 487

Gerhard Roth

Warum sind Lehren und Lernen so schwierig? 496

Anna Katharina Braun/Michaela Meier

Wie Gehirne laufen lernen oder:
„Früh übt sich, wer ein Meister werden will!“. Überlegungen zu einer
interdisziplinären Forschungsrichtung „Neuropädagogik“ 507

Sabine Pauen

Zeitfenster der Gehirn- und Verhaltensentwicklung:
Modethema oder Klassiker? 521

Elsbeth Stern

Wie viel Hirn braucht die Schule? Chancen und Grenzen
einer neuropsychologischen Lehr-Lern-Forschung 531

Allgemeiner Teil

Axel Nath/Corinna M. Dartene/Carina Oelerich

Der historische Pygmalioneffekt der Lehrergenerationen
im Bildungswachstum von 1848 bis 1933 539

Norbert Wenning

Heterogenität als neue Leitidee der Erziehungswissenschaft.
Zur Berücksichtigung von Gleichheit und Verschiedenheit 565

Maya Kandler

Interessefördernde Aspekte beim Lernen mit Lernsoftware
aus der Sicht von Schülerinnen und Schülern 583

Diskussion

Klaus Prange

Über die Kunst des Rezensierens 606

Besprechungen

Rudolf Tippelt

Peter Faulstich: Weiterbildung – Begründungen Lebensentfaltender Bildung 613

Heidemarie Kemnitz

Friedrich Adolph Wilhelm Diesterweg: Briefe, amtliche Schreiben und Lebensdokumente aus den Jahren 1810 bis 1832 615

Rainer Kokemohr

Christian Niemeyer: Nietzsche, die Jugend und die Pädagogik. Eine Einführung 618

Dokumentation

Pädagogische Neuerscheinungen 623

Norbert Sachser

Neugier, Spiel und Lernen: Verhaltensbiologische Anmerkungen zur Kindheit¹

Zusammenfassung: Alle Säugetiere sind in ihrer Kindheit und Jugend „Neugierwesen“, die aktiv neue Situationen und Objekte aufsuchen und erkunden. Neugierverhalten zeigt viele Übereinstimmungen mit Spielverhalten, und beide Bereiche sind untrennbar mit dem Lernen verbunden. So wird ein Experimentierfeld geschaffen, das zu Innovationen führen kann. Neugierverhalten und Spiel treten jedoch nicht von selber auf. Hierfür bedarf es eines „entspannten Feldes“, das sowohl Anregung als auch Sicherheit bietet. Wenn „entspannte Felder“ während der Entwicklung zur Verfügung stehen, erfolgen zahlreiche Lernprozesse aus eigenem Antrieb und bedürfen nicht der weiteren Motivierung durch externe Faktoren. Bezüglich der Ausprägung des Neugier-, Spiel- und Lernverhaltens existieren große Unterschiede zwischen den Individuen. Diese sind multifaktoriell bedingt und nicht auf einzelne Merkmale, wie z.B. die genetische Ausstattung, zurückzuführen. Generell hat jedoch das Vorhandensein von Bindungspartnern während der frühen Ontogenese positive Effekte für die weitere Entwicklung.

Die moderne Verhaltensbiologie ist eine integrative Disziplin der Biowissenschaften. Sie hat einerseits einen starken Bezug zur Ökologie und Evolutionsforschung, andererseits auch zur Neurobiologie, Physiologie und Molekulargenetik. Gegenstand ihrer Untersuchungen ist das Verhalten der Tiere, und damit ist auch der Mensch als *zoon* bzw. *animal* ein legitimes Objekt der Forschung. Zwar ist es weder das Ziel noch liegt es in den Möglichkeiten der Verhaltensbiologie, ein „umfassendes Menschenbild“ zu formulieren; an Tier und Mensch gewonnene Einsichten können aber wichtige Beiträge zum interdisziplinären Diskurs über die „Natur des Menschen“ liefern.

Zweifellos ist der Mensch auch ein Produkt der biologischen Evolution. Vieles, was wir beim heutigen Menschen in Aussehen und Physiologie, aber auch im Verhalten antreffen, lässt sich nur aus seiner biologischen Vergangenheit, seinem „Säugetiererbe“, verstehen. Dies verwundert nicht: Alle Säugetiere weisen ein sehr ähnliches Muster der Organisation und Entwicklung des Gehirns auf, und die basalen molekularen, zellulären und neuroendokrinen Prozesse, die dem Verhalten zugrunde liegen, sind bei der Maus, dem Schimpansen und dem Menschen nahezu identisch. Deshalb stellen ethologische Gesetzmäßigkeiten, die für (nicht-menschliche) Säugetiere gelten, auch sinnvolle Hypothesen über die „Biologie des menschlichen Verhaltens“ und wichtige Ausgangspunkte für deren Erforschung dar.

1 Claudia Böger danke ich für zahllose Diskussionen über das Verhältnis von Bio- und Kulturwissenschaften. – Unter dem Titel „Tierisch neugierig“ habe ich die Grundgedanken dieses Aufsatzes am 27.2.2004 auf dem Symposium „Wissen macht Spaß – Ohne Neugier keine Zukunft“ des Tigerenten-Clubs des SWR in Stuttgart vorgetragen. – Ulrich Herrmann (Tübingen) danke ich für Ermutigung und Anregungen zur Ausarbeitung des vorliegenden Textes.

1. Lernen durch Neugier und Spiel

Die etwa 4250 Säugetierarten, die auf unserem Planeten leben, haben völlig unterschiedliche ökologische Nischen besetzt und unterscheiden sich entsprechend charakteristisch in vielen Aspekten ihres Lebens. Dennoch haben vermutlich alle Säugetiere eines gemeinsam: In ihrer Kindheit und Jugend sind sie ausgesprochene „Neugierwesen“, die ohne unmittelbare Notwendigkeit aktiv neue Situationen und Objekte aufsuchen und erkunden. Es scheint eine autonome Motivation, eine „Neugierappetenz“ zu bestehen, die bei einigen Tiergruppen wie den Affen oder Delphinen sogar zeitlebens erhalten bleibt.

Interessanterweise ist dieses Neugierverhalten nicht ein generelles Merkmal aller Tiere. Vielmehr entwickelte es sich erst relativ spät im Laufe der Stammesgeschichte und tritt in der aufsteigenden Wirbeltierreihe von den Fischen bis hin zu den Säugetieren immer stärker in Erscheinung. Das Neugierverhalten bietet dem Tier die Möglichkeit zum Sammeln und Verfeinern von Objekt- und Raumkenntnissen. So lernt es seine Umwelt genauer kennen und vergrößert durch die erworbenen Lernerfahrungen seine Überlebenschancen. Es entdeckt neue Nahrungsquellen, lernt neue Gefahren kennen, merkt sich Versteckplätze oder einen günstigen Ort für den Bau des Nestes (vgl. hierzu die gängigen Lehrbücher der Verhaltensbiologie von Eibl-Eibesfeld 1987; Franck 1997; Immelmann 1982; Manning/Dawkins 1998).

Das Neugierverhalten zeigt viele Übereinstimmungen mit dem Spielverhalten, und beide Verhaltenssysteme lassen sich häufig nicht klar voneinander trennen. Auch das Spielverhalten kommt vor allem bei den höchstentwickelten Wirbeltieren, den Säugetieren und einigen Vogelarten, vor. Es ist in der Regel auf Jungtiere beschränkt, doch kann es in einzelnen Fällen bis zu einem gewissen Grad auch im Alter erhalten bleiben wie z.B. bei den Primaten, zu denen – biologisch gesehen – auch der Mensch zählt. Dem Spielverhalten fehlt per definitionem der spezifische Ernstbezug. Bei Tieren kann zwischen den *Bewegungsspielen* eines einzelnen Tieres, den *Objektspielen* mit unbelebten Gegenständen und dem *Sozialspiel* mit Artgenossen unterschieden werden.

Spielverhalten ist mit erhöhtem Energieaufwand und im natürlichen Lebensraum der Tiere oftmals mit verstärkter Gefährdung verbunden. Dennoch nimmt es in der Entwicklung aller Säugetierkinder einen breiten Raum ein. Deshalb muss es nach Darwinscher Logik mit einer wichtigen biologischen Funktion und deutlichem Nutzen für das Individuum verbunden sein: Das Jungtier bzw. das Kind lernt! Dabei kann es sich um so unterschiedliche Aspekte wie das Einüben von Muskelfunktionen, die Verbesserung der Wahrnehmungsfähigkeiten oder das Erproben sozialer Rollen handeln.

Säugetiere sind durch das Wirken der natürlichen Selektion im Laufe von Jahrtausenden demnach so konstruiert, dass sie nicht nur passiv an stattfindenden Ereignissen lernen, sondern aktiv – neugierig – Unbekanntes erkunden. Zusätzlich wird durch ihr Spiel ein Experimentierfeld geschaffen, in dem nicht nur wichtige Lernerfahrungen mit unbekanntem Objekten und Situationen gemacht werden, sondern in dem es auch zu Innovationen kommen kann. Werden diese „Erfindungen“ dann von Artgenossen nachgeahmt, können bereits bei Tieren Änderungen des Gruppenverhaltens durch Tradition

entstehen. Das „Kartoffelwaschen“ der japanischen Rotgesichtmakaken stellt hierfür eines der bekanntesten Beispiele dar: „Eines Tages im Herbst 1953 nahm ein anderthalb Jahre altes Weibchen, genannt <Imo>, eine sandverschmutzte Süßkartoffel (Batate) am Futterplatz auf. Sie tauchte die Kartoffel in Wasser und wischte den Sand mit den Händen ab. Durch diese Tat hat <Imo> Affenkultur in ihre Gruppe auf Koshima eingeführt. Einen Monat später fing einer von <Imos> Spielgefährten an, Kartoffeln zu waschen, und nach vier Monaten machte <Imos> Mutter dasselbe. Durch die täglichen Begegnungen zwischen Müttern und Jungtieren, Schwestern und Brüdern, Gleichaltrigen und Spielkameraden breitete sich dieses Verhalten allmählich aus. 1957 waren 15 Affen Kartoffelwäscher. Ein- bis dreijährige Tiere lernten es am häufigsten. Drei fünf- bis siebenjährige und zwei erwachsene Weibchen lernten es ebenfalls. Kein Männchen jedoch, das zu der Zeit mehr als vier Jahre alt war, übernahm die neue Verhaltensweise. [...] Später, als das Kartoffelwaschen weiter verbreitet war, gaben es die Mütter an ihre Kinder weiter. [...] Nach zehn Jahren war Kartoffelwaschen Teil der normalen Tischsitten des Trupps“ (Izawa 1988, S. 293f.).

Mittlerweile kennt die Verhaltensbiologie zahlreiche Beispiele für Innovation und Traditionsbildung (Reader/Laland 2003). Charakteristisch erscheint dabei Folgendes: Auf der Grundlage von Neugier und Spiel wird Neues in der Regel von den Jungtieren erfunden. Die Weitergabe bekannten Wissens erfolgt dann aber häufig von der älteren Generation an die jüngere, vor allem von den Müttern an ihre Kinder.

2. Neugier, Spiel und Lernen erfordern ein „entspanntes Feld“

Neugier und Spiel sind charakteristische Merkmale im Verhalten der Säugetierkinder. Allerdings werden diese Verhaltenssysteme nicht automatisch in jeder beliebigen Situation aktiviert. Hierfür bedarf es eines „entspannten Feldes“², das sowohl Anregung als auch Sicherheit bietet. Fehlt eine der beiden Komponenten, so kommt es zu einer deutlichen Reduktion von Neugierverhalten und Spiel.

Ein *zu geringes Maß an Anregung* findet sich in reizarmen und deprivierenden Lebenswelten, wie sie häufig in der Labortier- und landwirtschaftlichen Intensivhaltung sowie schlecht geführten Zoos anzutreffen sind. Entsprechend spielen die Tiere unter solchen Bedingungen kaum; stattdessen kommt es häufig zur Ausbildung von Bewegungsstereotypen, die deutliches Anzeichen für ein beeinträchtigtes Wohlergehen sind. Ein weiteres Beispiel bei sozial lebenden Spezies ist die fehlende Anregung durch einen Sozialpartner: Wachsen die Jungtiere solcher Arten allein auf, ist das Neugier- und Spielverhalten deutlich reduziert (Sachser 2001).

Ein *zu geringes Maß an Sicherheit* resultiert häufig daraus, dass die zum Überleben notwendigen Grundbedürfnisse nicht oder nur mit großem Aufwand gedeckt werden

2 Ich verwende den Begriff in Anlehnung an Monika Meyer-Holzappel. Sie spricht von einer bestimmten „Feldspannung“, die nicht zu gering und nicht zu groß sein darf, damit es zum Auftreten von Spiel kommen kann (1958, S. 31).

können. So stellt bei einer ostafrikanischen Meerkatzenart das Spiel der Jungtiere normalerweise ein auffälliges Verhaltensmerkmal im natürlichen Lebensraum dar. In Zeiten starker Dürre tritt es aber kaum auf, da die Affen unter diesen ungünstigen Bedingungen fast ihre gesamte Zeit und Energie für die Nahrungssuche verwenden (Lee in: Manning/Dawkins 1998). Auch bei Gefährdung durch Raubfeinde wird kaum Spielverhalten zu beobachten sein, ebenso wenig in Zeiten, in denen die erwachsenen Tiere der Gruppe in eskalierte Auseinandersetzungen verwickelt sind. Leben die Tierkinder jedoch in einer Umwelt, die ihnen ein genügendes Maß an Anregung und Sicherheit gibt, so ist das Auftreten von Neugierverhalten und Spiel sehr wahrscheinlich – woraus sich Lernen dann automatisch ergibt.

3. Die Rolle der Umwelt während der Verhaltensentwicklung

Bezüglich der Ausprägung des individuellen Verhaltens bestehen große Unterschiede zwischen den verschiedenen Individuen derselben Art. Dies trifft auch auf das Neugier-, Spiel- und Lernverhalten zu. Eine Analyse, welche Faktoren für diese Differenzen verantwortlich sind, weist der Umwelt während der Verhaltensentwicklung bereits bei den nicht-menschlichen Säugetieren eine Schlüsselrolle zu.

Untersuchungen an Rhesusaffen machten in den Fünfzigerjahren des vorigen Jahrhunderts erstmals deutlich, welchen Einfluss frühe soziale Erfahrungen auf das spätere Verhalten der Tiere haben können: Im Gegensatz zu Affen, die im Sozialverband aufwachsen, verhalten sich einzeln groß gewordene Tiere in neuen Situationen furchtsam und depressiv, gegenüber fremden Artgenossen jedoch hyperaggressiv. Sie können keine „normalen“ innerartlichen Sozialbeziehungen mehr aufbauen und sind zur sozialen Kommunikation unfähig (Harlow/Harlow 1962). Diese Befunde beschränken sich nicht nur auf Primaten. Wahrscheinlich bedürfen alle Säugetiere adäquater Sozialisationsbedingungen, um als Erwachsene den Anforderungen ihrer Lebenswelt gerecht zu werden (Sachser 2001).

Ein wesentliches Prinzip, das in solchen Untersuchungen erkannt wurde, ist das Folgende: Um ihre Umwelt in einer angstfreien und nicht-belastenden Art und Weise erkunden zu können, bedürfen Säugetierkinder in der frühen postnatalen Phase „Sicherheit gebender Strukturen“ (Gandelmann 1992; Sachser 2001). Diese Funktion kommt bei vielen Spezies der Mutter zu; als Sicherheitsbasis können bei anderen Arten aber auch Vater und Mutter, ein größerer Familienverband oder die gesamte soziale Gruppe dienen. Wird beispielsweise in das Gehege eines isoliert aufgewachsenen Affenkindes ein fremdes Objekt eingebracht, so wird dieses Jungtier mit großer Angst auf die Veränderung der gewohnten Situation reagieren und sich für lange Zeit regungslos in eine Ecke zurückziehen. Ist in der gleichen Situation jedoch ein geeigneter Sozialpartner vorhanden, so wird sich das Jungtier dem Objekt vorsichtig nähern. Kurz vor Erreichen des Ziels wird die Angst jedoch größer sein als die Neugier, und es wird zum Sozialpartner zurücklaufen und sich an ihn klammern. Wenn das Jungtier so genügend Sicherheit „getankt“ hat, wird es einen erneuten Versuch wagen, das fremde Objekt zu erreichen.

Nach einigen Anläufen wird ihm dies auch gelingen. Das neue Objekt wird dann inspiert, es wird mit ihm gespielt, und es werden so dessen charakteristischen Merkmale und Eigenschaften erlernt. In der frühen postnatalen Phase sind demnach „Sicherheit gebende Strukturen“ von fundamentaler Bedeutung, damit es beim Kind zum Lernen durch Neugier und Spiel kommen kann.

Nicht nur der soziale Raum, sondern auch die Strukturierung des Raumes hat deutliche Auswirkungen auf das Verhalten der Säugetiere. So berichtete der kanadische Psychologe Hebb bereits 1947, dass Ratten, die er als Haustiere hielt und die die meiste Zeit außerhalb des Käfigs verbrachten, deutlich bessere Ergebnisse in Lernexperimenten erzielten als Artgenossen, die immer in einer Standardlaborhaltung gelebt hatten. Dieser Befund lenkte das Forschungsinteresse auf ein bis heute hoch aktuelles Thema, das in der internationalen Literatur als *environmental enrichment* bezeichnet wird. Tiere, die in einer reich strukturierten (*enriched*) Umwelt aufwachsen, unterscheiden sich deutlich in ihrem Lernverhalten von Artgenossen, die in einer kaum oder gar nicht strukturierten Umgebung (*impoverished*) groß wurden. So machen *enriched* Tiere weniger Fehler bei Problemlösungsaufgaben und sind in unbekannt Situationen und gegenüber neuen Objekten explorationsfreudiger. In ihrem Heimatgehege spielen sie deutlich mehr und entwickeln keine Bewegungstereotypen. Diese Unterschiede im Verhalten korrespondieren mit morphometrischen, neuroanatomischen und neurochemischen Unterschieden im Zentralnervensystem. So weisen in einer reich strukturierten Umwelt aufgewachsene Tiere im Vergleich zu *impoverished* Artgenossen beispielsweise einen größeren Cortex, eine stärkere Verzweigung der Dendriten und eine höhere Anzahl an Synapsen im occipitalen und temporalen Cortex auf. Die positiven Auswirkungen einer reich strukturierten Umwelt auf Gehirn und Verhalten werden vor allem damit erklärt, dass *enriched* Tiere weitaus mehr Möglichkeiten haben, Informationen aus ihrer Umwelt zu verarbeiten und zu speichern. Diese Erfahrung soll in zentralnervösen Veränderungen resultieren – wie der Ausbildung neuer Synapsen –, die dann langfristig das Verhalten der Tiere beeinflussen (Gandelmann 1992; Marashi u.a. 2003).

Bei der Analyse der Verhaltensontogenese konzentrierte sich die Forschung über viele Jahrzehnte fast ausschließlich auf die frühe postnatale Phase. Doch bereits pränatale Einflüsse können die Verhaltensentwicklung tiefgreifend modulieren. Leben Hausmeerschweinchen während der Trächtigkeit in einer instabilen sozialen Umwelt, in der die Sozialpartner häufig wechseln, so verhalten sich ihre Töchter im späteren Leben wie Männchen. Diese Maskulinisierung des Verhaltens geht mit männchentypischen Differenzierungen in Teilen des limbischen Systems einher, die für die Steuerung des geschlechtstypischen Verhaltens bei dieser Art verantwortlich sind. Interessanterweise kommt es auch zur Beeinflussung von Gehirnarealen (Hippocampus), die für Lernen und Gedächtnis von Bedeutung sind, sowie physiologischen Systemen (Sympathikus-Nebennierenmark-System), die das Neugierverhalten vermitteln. Zu erklären ist diese pränatale Beeinflussung des Verhaltens so: Die trächtigen Weibchen reagieren auf Veränderungen ihrer sozialen Umwelt mit der Ausschüttung bestimmter Hormone, die durch die Plazenta in den embryonalen Blutkreislauf gelangen und die Gehirndifferenzierung der Embryonen beeinflussen (Kaiser u.a. 2003). Zweifellos wird die zukünftige

Forschung noch vielfältige Zusammenhänge zwischen der pränatalen Umwelt und der Gehirnentwicklung sowie dem Verhalten der Nachkommen aufzeigen.

Das Zentralnervensystem ist in den frühen Phasen seiner Entwicklung durch externe Reize besonders leicht zu modifizieren. So erklärt sich auch, warum die prä- und frühe postnatale kindliche Umwelt besonders nachhaltige Auswirkungen auf die Verhaltensentwicklung hat. Neuere Forschung zeigt jedoch: Auch spätere Phasen können von entscheidender Bedeutung sein: So ist bei sozial lebenden Säugetieren die Pubertät ein entscheidender Lebensabschnitt, in dem in Interaktionen mit Artgenossen wesentliche soziale Fähigkeiten für das weitere Zusammenleben erworben werden (Sachser/Hierzel/Dürschlag 1998). Letztlich bleibt bei hochentwickelten Säugetieren – wie beispielsweise Menschenaffen, Delphinen oder Elefanten – das Verhalten bis ins hohe Alter plastisch: Lebenslanges Lernen ist möglich.

Vergleichen wir die Verhaltensentwicklung von Säugetieren und Vögeln, so ergibt sich ein bemerkenswerter Unterschied, der gerade mit Blick auf den Menschen von großer Bedeutung erscheint: Bei vielen Vogelarten erfolgen wichtige Aspekte der Verhaltensentwicklung so, dass bestimmte Ereignisse innerhalb einer sensiblen Phase stattfinden müssen, quasi nach dem Alles-oder-Nichts-Prinzip verlaufen und zu irreversiblen Resultaten führen. Wir sprechen in diesen Fällen von Prägung. Diese Beispiele sind in der Vergangenheit oft vorschnell auf den Menschen übertragen worden. Auch in der Säugetierentwicklung lassen sich Phasen erkennen, in der bestimmte Erfahrungen besonders wichtig sind, und wenn diese Erfahrungen nicht gemacht werden, kann dies schwerwiegende Folgen haben, wie beispielsweise die Harlowschen Untersuchungen an Rhesusaffen zeigen. In der Regel können solch sensible Phasen bei Säugetieren aber nicht so genau umrissen werden wie bei den daraufhin untersuchten Vogelarten; vielmehr hat es den Anschein, dass sich die sensible Phase über den größten Teil der Kindheits- und Jugendentwicklung erstreckt. Auch scheint das Ergebnis dieser prägungsähnlichen Vorgänge nicht zu ganz so dauerhaften Ergebnissen zu führen. Umlernen scheint bei vielen Säugetieren zwar schwierig, aber immerhin möglich zu sein.

Erfahrungen haben auf allen Entwicklungsstufen Einfluss, manche vorübergehend, aber kaum irreversibel, da viel Zeit für spätere Erfahrungen bleibt, die die Entwicklungsrichtung verändern können (Manning/Dawkins 1998). Säugetiere bleiben zeitlebens für Erfahrungen „offene Systeme“, und Verhaltensentwicklung ist bei ihnen eher ein kontinuierlicher Prozess. Diese Erkenntnis auf der Ebene des Verhaltens korrespondiert sehr gut mit den jüngsten Erkenntnissen der Neurowissenschaften: Das Säugetiergehirn ist offensichtlich wesentlich plastischer, als dies noch vor wenigen Jahren angenommen wurde!

4. Die Rolle der Gene

Die Verhaltenssteuerung der Säugetiere ist multifaktoriell. Ob ein bestimmtes Verhalten ausgelöst und wie es gesteuert wird, hängt in der Regel sowohl von Reizen aus der Umwelt ab als auch von inneren Faktoren wie Geschlecht, Alter, sozialer Status, Erfahrun-

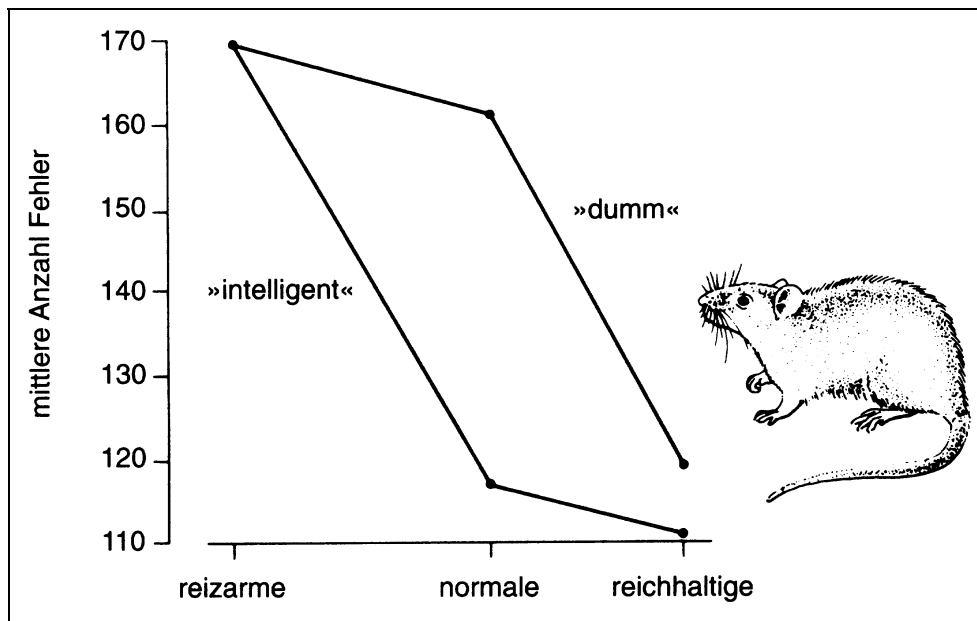
gen, kognitive Fähigkeiten, genetische Veranlagung oder hormoneller Zustand. Dementsprechend gelingt es nicht, komplexes Verhalten auf einzelne dieser Faktoren zu reduzieren (Sachser 2002) – auch nicht im Fall von Neugier, Spiel und Lernen.

Durch die Entwicklung neuer molekularbiologischer Techniken können seit einigen Jahren gentechnisch veränderte Nagetiere erzeugt werden, die überaus vielversprechende Modellsysteme darstellen, um den Weg vom Gen zum komplexen Verhalten zu analysieren. So wurden in den letzten Jahren einzelne Gene identifiziert, die beispielsweise an der Steuerung des Tagesrhythmus und Sexualverhaltens aber auch des Lernverhaltens beteiligt sind: Es besteht daher die berechtigte Hoffnung, die dem Verhalten zugrunde liegenden neuronalen und hormonellen Mechanismen bis auf ihre molekulare Basis hin zu entschlüsseln. Doch selbst diese Gene bestimmen das Verhalten keinesfalls. Dies ist auch nicht verwunderlich, denn Verhalten entsteht immer aus einer Gen-Umwelt-Interaktionen (Rampon u.a. 2000, van Dellen u.a. 2000), deren Wechselwirkungsmechanismen allerdings nicht einmal in Ansätzen verstanden sind.

Illustrieren lässt sich dieses Prinzip folgendermaßen: Jede natürliche Population von Tieren zeigt bezüglich nahezu jeden Verhaltens eine große Variabilität. Werden Ratten beispielsweise auf ihre Lernleistung in einem Labyrinth getestet, so gibt es einige wenige „sehr intelligente“ Tiere, die nur wenige Fehler machen und einige wenige „sehr dumme“ Tiere, die sehr viele Fehler machen. Die meisten Tiere sind durch eine mittlere Anzahl an Fehlern charakterisiert. Nun wird auf ausgesuchte Merkmale hin selektiv gezüchtet: Die „intelligentesten“ Männchen werden mit den „intelligentesten“ Weibchen verpaart und die „dümmsten“ Männchen mit den „dümmsten“ Weibchen. Der resultierende Nachwuchs wird wieder auf seine Lernleistung getestet, und es wird nach dem gleichen Schema wie in der Elterngeneration weiterverpaart. Nach weniger als zehn Generationen entstehen so zwei Populationen von Ratten, die nicht mehr bezüglich des Merkmals „Lernleistung in einem Labyrinth“ überlappen: Es wurden Populationen von „genetisch intelligenten“ und „genetisch dummen“ Ratten erzeugt. Dieses Beispiel zeigt: Es gibt eine genetische Disposition für bestimmte Lernleistungen. Es zeigt aber nicht, dass Gene die Intelligenz der Ratten determinieren. Denn wuchsen die „genetisch dummen“ Ratten in einer reichhaltigen Umwelt auf, so waren sie den „genetisch intelligenten“ Ratten in Lerntests überlegen, wenn diese in einer reizarmen Umwelt groß geworden waren (Cooper/Zubek 1958, vgl. Abb. S. 482).

5. Mögliche Implikationen für die Praktische Pädagogik und für die Erziehungswissenschaft

Durch das Wirken der natürlichen Selektion wurden alle nicht-menschlichen Säugetiere im Laufe von Jahrmillionen so „programmiert“, dass sie ihre Umgebung durch Neugier und Spiel erkunden. Hierbei machen sie automatisch Erfahrungen, die benötigt werden, um den Herausforderungen einer komplexen Lebenswelt gewachsen zu sein. Auch der Mensch gehört biologisch gesehen zu den Säugetieren und teilt mit seinen tierlichen Verwandten aufgrund gemeinsamer Abstammung viele Aspekte der „Hard- und Soft-



Mittlere Anzahl Fehlversuche von „genetisch intelligenten“ und „genetisch dummen“ Ratten bei Tests in einem Standardlabyrinth. Die Ratten waren in reizarmer, normaler oder angereicherter Umgebung aufgewachsen. In einer reizarmen Umgebung sind die „intelligenten“ „dumm“, in einer reichhaltigen Umgebung werden die „dummen“ „intelligent“ (Nach Cooper/Zubek 1958; aus McFarland 1999).

ware“, die für seine Verhaltenssteuerung verantwortlich sind. Deshalb würde es sehr überraschen, wäre der Mensch bezüglich Neugier, Spiel und Lernen einen evolutionären Sonderweg gegangen und wären seine Kinder keine ausgesprochenen Neugierwesen geworden, die ohne unmittelbare Notwendigkeit aktiv neue Situationen und Objekte aufsuchen und erkunden. Vielmehr stellen Neugier und Spiel sowie deren Verwobenheit mit dem Lernen ein altes Säugetiererbe dar und gehören aus neuro-, verhaltens- und evolutionsbiologischer Sicht zweifellos zur „Natur des menschlichen Kindes“.

Dieser Verweis auf eine genetische Veranlagung bedeutet jedoch keinesfalls, dass Neugier, Spiel und Lernen automatisch auftreten müssten. Bereits bei den nicht-menschlichen Säugetieren lassen sich Voraussetzungen benennen, damit es zur Aktivierung dieser Verhaltenssysteme kommen kann. Diese Voraussetzungen dürften in gleicher Weise auf das menschliche Kind zutreffen und damit auch für die Praktische Pädagogik und für die Erziehungswissenschaft von Bedeutung sein.

Eine wesentliche situative Voraussetzung für das Auftreten von Neugierverhalten und Spiel ist das „entspannte Feld“, das sowohl durch Sicherheit als auch Anregung gekennzeichnet ist. Hier treten Neugierverhalten und Spiel nahezu unerschöpflich auf, weil zumindest das Spiel eine sich selbst belohnende Verhaltensaktivität darstellt und

zwar durch die positiven Emotionen, die es *selbst* erzeugt (Knierim u.a. 2001).³ Damit bedürfen aber auch die Lernvorgänge, die im Kontext des Spielverhaltens ablaufen, keiner weiteren positiven oder negativen Verstärkung zum Beispiel durch erwachsene Sozialpartner. Solche Lernvorgänge sind intrinsisch motiviert und nahezu unermüdbar. Wenn es also gelingt, möglichst viele „entspannte Felder“ während der Verhaltensentwicklung für menschlichen Kinder zu erzeugen, so würden viele Lernprozesse aus eigenem Antrieb erfolgen und bedürften nicht der externen Motivierung durch Erziehende. „Entspannte Felder“ könnten in allen Phasen und Räumen der Entwicklung bereit gestellt werden. Ich sehe keinen Grund, sie auf spezifische Lebensabschnitte und Situationen zu beschränken.

Im „entspannten Feld“ wird nicht nur erkundet, gespielt und das gelernt, was jeder eh schon weiß, sondern hier wird auch bereits bei den nicht-menschlichen Säugetieren experimentiert und Neues erfunden. Bei den mit weit größeren kognitiven Fähigkeiten und manuellen Fertigkeiten ausgestatteten menschlichen Kindern ist dieses Prinzip sicherlich in noch weit größerem Ausmaß verwirklicht. Deshalb dürfte das Agieren im „entspannten Feld“ wesentlich dazu beitragen, generelle Problemlösungsstrategien eigenständig zu entwickeln. Ich vermute sogar: Die Zahl der nobelpreisverdächtigen deutschen Forscherinnen und Forscher würde deutlich steigen, wenn bereits von frühester Kindheit an „entspannte Experimentierfelder“ zur Verfügung ständen.

Aus biologischer Sicht lässt sich also argumentieren, dass während der Verhaltensentwicklung in „entspannten Feldern“ Neues erfunden wird und wesentliche Bewältigungsstrategien erlernt werden, die das Individuum benötigt, um sich in seiner sozialen und nicht-sozialen Lebenswelt zu verorten. Aber bereits bei den Tieren sieht das „entspannte Feld“ für den Schimpansen anders aus als für die Maus und für den Hund anders als für die Katze.

Die Gretchen-Frage für den Menschen lautet daher: Was genau beinhaltet das „entspannte Feld“ für das menschliche Kind? Wie sieht es für den dreijährigen Jungen und wie für das zehnjährige Mädchen aus? Wie kann es auf das individuelle Temperament zugeschnitten werden? Wie sind „entspannte Felder“ in der Schule, im Kindergarten, in der Familie beschaffen? Erschöpfende Antworten auf diese Fragen sollten die Praktische Pädagogik bzw. die Erziehungswissenschaft allerdings nicht von der Neuro-, Verhaltens- oder Evolutionsbiologie erwarten. Hierfür bedarf es meines Erachtens vor allem ihres eigenen fachspezifischen Wissens. Die Aufgabe der Biowissenschaften sehe ich eher darin, den allgemeinen Rahmen vorzugeben, wie eine im Einklang mit der „Biologie des Menschen“ aussehende Entwicklung von Kindern und Jugendlichen aussehen könnte und hierüber in den interdisziplinären Diskurs mit anderen Disziplinen zu treten.

So kann die moderne Stressforschung beispielsweise wichtige Anregungen zum Verständnis von „entspannten Feldern“ beim Menschen geben: Das Gefühl der Sicherheit, eine von zwei Grundvoraussetzungen für das „entspannte Feld“, geht mit niedrigen Se-

3 Wir wissen zwar nicht, ob nicht-menschliche Säugetiere exakt die gleichen Emotionen besitzen wie der Mensch. Die moderne Verhaltensbiologie geht aber davon aus, dass zumindest bei den höheren Wirbeltieren „positive and negative affective states“ evoluierten (Knierim u.a. 2001).

rumkonzentrationen des Hormons Kortisol einher, Unsicherheit mit erhöhten Werten. Diese „Stresshormonkonzentrationen“ sind niedrig, wenn Ereignisse und Situationen vertraut, vorhersag- und kontrollierbar sind, wenn sich das Individuum in einem sozialen Netz befindet oder soziale Unterstützung durch einen Bindungspartner erhält (Sachser/Hierzel/Dürschlag 1998; Sachser 2001). Eines oder mehrere dieser Merkmale sollten deshalb auch Bestandteil des „entspannten Feldes“ für den Menschen sein.

Das zweite wesentliche Merkmal „entspannter Felder“ ist die Anregung des Individuums durch externe Stimuli. Physiologisch gesehen geht diese mit einer moderaten Aktivierung des Sympathikus-Nebennierenmark-Systems einher, was sich in einer nicht zu niedrigen, aber auch nicht zu hohen Ausschüttung des Hormons Adrenalin äußert. Interessanterweise kennt die Verhaltensendokrinologie bereits seit vielen Jahren den umgekehrt U-förmigen Zusammenhang zwischen Lern- und Gedächtnisleistung auf der einen und den Adrenalinkonzentrationen auf der anderen Seite: Bei zu niedrigen und zu hohen Konzentrationen dieses Hormons wird schlecht, bei mittleren Konzentrationen am besten gelernt (Nelson 2000). Dies erklärt, warum das „entspannte Feld“ Lernprozesse fördert. Es sollte demnach auch für den Menschen so beschaffen sein, dass Anregung gegeben und Langeweile sowie Übererregung vermieden werden.

Vor diesem Hintergrund könnte wahrhaft interdisziplinäre Forschung so aussehen: „Entspannte Felder“ werden entsprechend des theoretischen und Erfahrungswissens der Erziehungswissenschaft und der Praktischen Pädagogik für Kinder und Jugendliche alters- und situationsgerecht konstruiert, Hormonkonzentrationen durch endokrinologische Methoden (nicht-invasiv) ermittelt und das Verhalten mithilfe pädagogischer, psychologischer und ethologischer Methoden erfasst und analysiert. Die interdisziplinäre Zusammenschau der so ermittelten Befunde könnte zu einem Durchbruch im Verständnis des „entspannten Feldes“ beim Menschen führen.

In dem vorliegenden Beitrag habe ich vor allem auf den Zusammenhang von Neugier, Spiel und Lernen aus biologischer Sicht fokussiert und dabei die immense Bedeutung von intrinsisch motivierten Lernvorgängen im „entspannten Feld“ hervorgehoben. Es soll aber eine andere Erkenntnis der Verhaltensbiologie nicht verschwiegen werden: Längst nicht alle wichtigen Lernerfahrungen werden im Kontext von Neugier- und Spielverhalten, d.h. im „entspannten Feld“, gemacht. Beispielsweise sind Sozialisationsprozesse während der Pubertät, in denen wichtige soziale Regeln erlernt werden, oftmals mit deutlichen Belastungen verbunden, die aus der Interaktion von Adult- und Jungtieren resultieren. Für die nicht-menschlichen Säugetiere scheint jedoch generell zu gelten, dass die erfolgreiche Bewältigung von sozialen wie nicht-sozialen Herausforderungen einschließlich der dabei stattfindenden Lernprozesse positive Auswirkungen für die weitere Entwicklung hat, auch wenn sie mit deutlichem Stress verbunden sind (Sachser 2001). Die Frage, wie viel Herausforderung und wie viel „entspanntes Feld“ es in der Entwicklung von Kindern und Jugendlichen bedarf, dürfte ebenfalls ein lohnendes Thema für den interdisziplinären Diskurs zwischen Erziehungswissenschaft und Biowissenschaften sein.

Bereits bei den nicht-menschlichen Säugetieren entwickelt sich das Verhalten nicht starr, vielmehr entscheiden Umwelteinflüsse sowie Lern- und Sozialisationsprozesse zu-

nehmend den Verlauf der Verhaltensontogenese. Sind also bereits die nächsten Verwandten des Menschen während des gesamten Lebens für Umwelteinflüsse und Lernprozesse „offene Systeme“, so trifft dies für den Menschen in noch weit größerem Maße zu. Hieraus folgt: Erziehende müssen nicht permanent Angst haben, dass ihre Kinder in bestimmten sensiblen Phasen der Verhaltensentwicklung „falsche“ Lernerfahrungen machen, die dann zu irreversiblen Schäden für das weitere Leben führen. Dies trifft so nicht einmal für die nicht-menschlichen Säugetiere zu. Erziehende müssen sicher auch nicht befürchten, dass eine „ungünstige Genkombination“ ihre Kinder zwangsläufig zu „Außenseitern“ der Gesellschaft macht. Denn das, was den Menschen charakterisiert, ist nicht durch seine Gene vorherbestimmt, sondern es entsteht aus der Interaktion seiner biologischen Natur mit der Umwelt, in der er lebt.

Andererseits gibt es aber Bedingungen in der frühen Ontogenese aller Säugetiere, die ganz sicher positiv für die weitere Entwicklung der Kinder sind. Hierzu gehört an vorderster Stelle das Vorhandensein von Bindungspartnern, die Sicherheit vermitteln. Nach neueren Vorstellungen der evolutionären Anthropologie fungierte beim „frühen Menschen“ jedoch nicht die Mutter allein als Bezugsperson für ihr Kind, sondern diese Aufgabe erfüllte sie gemeinsam mit einem Netz von Helferinnen und Helfern (Hrdy 2004).

Aus verhaltensbiologischer Sicht ist das charakteristische Merkmal der Entwicklung des menschlichen Kindes dieses: die Wechselwirkung zwischen seiner biologischen Natur und der Umwelt, die wesentlich durch die menschliche Kultur geprägt ist. Um ein Verständnis dieser Wechselwirkung zu erzielen, bedarf es neben weiterer Forschung auf der je fachspezifischen Ebene auch der verstärkten Kommunikation zwischen den Bio- und Kulturwissenschaften (Sachser 2002).

Literatur

- Cooper, R.M./Zubek J.P. (1958): Effects of enriched and restricted early environments on the learning ability of bright and dull rats. In: *Candian Journal of Psychology* 12, S. 159-164.
- Eibl-Eibesfeld, I. (1987): *Grundriß der vergleichenden Verhaltensforschung*. München/Zürich: Piper.
- Franck, D. (1997): *Verhaltensbiologie*. Stuttgart: Thieme.
- Gandelmann, R. (1992): *Psychobiology of Behavioral Development*. New York: Oxford University Press.
- Harlow, H.F./Harlow, M.K. (1962): Social deprivation in monkeys. In: *Scientific American* 207, S. 136-146.
- Hebb, D.O. (1947): The effects of early experience on problem solving at maturity. In: *American Psychologist* 2, S. 306-307.
- Hrdy, S.B. (im Druck): Evolutionary context of human development: the cooperative breeding model. In: Carter, C.S./Ahnert, L./Grossmann, K.E./Hrdy, S.B./Lamb, M./Porges, S.W./ Sachser, N. (Eds.): *Attachment and Bonding: A New Synthesis*. (Dahlem Workshop Report, 92) Cambridge, MA: MIT Press.
- Immelmann, K. (1982): *Wörterbuch der Verhaltensforschung*. Berlin/Hamburg: Parey.
- Izawa, K. (1988): Die Affenkultur der Rotgesichtsmakaken. In: Grzimek, B. (Hrsg.): *Grzimeks Enzyklopädie Säugetiere*. München: Kindler, S. 286-295.

- Kaiser, S./Kruijver, F.P.M./Swaab, D.F./Sachser, N. (2003): Early social stress in female guinea pigs induces a masculinization of adult behaviour and corresponding changes in brain and neuroendocrine function. In: *Behavioural Brain Research* 144, S. 199-210.
- Knierim, U./Carter, C.S./Fraser, D./Gärtner, K./Lutgendorf, S.K./Mineka, S./Panksepp, J./Sachser, N. (2001): Good welfare: improving quality of life. In: Broom, D.M. (Ed.): *Coping with Challenge: Welfare in Animals including Humans*. (Dahlem Workshop Report, 87) Berlin: Dahlem University Press, S. 79-100.
- Manning, A./Dawkins, M. (1998): *An Introduction to Animal Behaviour*. Cambridge: Cambridge University Press.
- McFarland, D. (1999): *Biologie des Verhaltens*. Heidelberg/Berlin: Spektrum.
- Marashi, V./Barnekow, A./Ossendorf, E./Sachser, N. (2003): Effects of different forms of environmental enrichment on behavioral, stress physiological, and immunological parameters in male mice. In: *Hormones and Behavior* 43, S. 281-292.
- Meyer-Holzappel, M. (1958): Das Spiel bei Säugetieren. In: *Handbuch der Zoologie*. Bd. VIII, 10. Teil, S. 8-36.
- Nelson, R. (2000): *An Introduction to Behavioral Endocrinology*. Sunderland, Ma.: Sinauer Associates.
- Rampon, C./Tang, Y./Goodhouse, J./Shimizu, E./Kyin, M./Tsiens, J.Z. (2000): Enrichment induces structural changes and recovery from nonspatial memory deficits in CA1 NMDAR1-knockout mice. In: *Nature Neuroscience* 3, S. 238-244.
- Reader, S.M./Laland, K.N. (2003): *Animal Innovation*. Oxford: Oxford University Press.
- Sachser, N. (2001): What is important to achieve good welfare in animals? In: Broom, D.M. (Ed.): *Coping with Challenge: Welfare in Animals including Humans*. (Dahlem Workshop Report, 87) Berlin: Dahlem University Press, S. 31-48.
- Sachser, N. (2002): Faszination Verhaltensbiologie. In: *vdbiol* (Hrsg.): *Wohin die Reise geht*. Weinheim: Wiley-VCH, S. 84-93.
- Sachser, N./Hierzel, D./Dürschlag, M. (1998): Social relationships and the management of stress. In: *Psychoneuroendocrinology* 23, S. 891-904.
- van Dellen, A./Blakemore, C./Deacon, R./York, D. (2000): Delaying the onset of Huntington's in mice. In: *Nature* 404, S. 721-722.

Abstract: *In their youth, all mammals are "curious beings", actively looking for and investigating new situations and objects. Inquisitive behavior shows many correspondences with behavior shown while playing, and both fields are inextricably linked with learning. Thus, a field for experimenting is created which may lead to innovations. Inquisitive behavior and playing do not arise automatically. For this to happen, a "relaxed field" is necessary which offers both stimulation and security. If "relaxed fields" are available during a child's development, numerous learning processes run on their own and are not in need of further stimulation through external factors. Large differences exist between individuals regarding the strength of their (inquisitive, playing, and learning) behavior. These are due to multiple factors and cannot be traced back to single characteristics such as genetic equipment. In general, however, the existence of secure bonding relations during the early ontogenesis has a positive effect on future developments.*

Anschrift des Verfassers:

Prof. Dr. Norbert Sachser, Verhaltensbiologie, Universität Münster, Badestr. 13, 48149 Münster,
E-Mail: sachser@uni-muenster.de.