



Blick in die Wissenschaft | 31

Forschungsmagazin der Universität Regensburg

Warum begehen Menschen Gewaltakte?

Multi- und interdisziplinäre Gewalterklärungen

Deutschland – Land mit fehlender Kultur und Tradition für Kinderschutz

Risiko: Flirt

Annäherung und sexueller Übergriff aus psychologischer
und kulturwissenschaftlicher Sicht

Menschen brauchen Hilfe, andere schauen nur zu?

Der Bystander-Effekt

Gewalt und Aggression:

Was sieht der Unfallchirurg – was wissen wir über die
Opferperspektive?

Auge um Auge, Mandibel um Mandibel

Tödliche Kämpfe im Ameisenstaat

Nagezahn um Nagezahn

Translationalen Tiermodelle für Aggression

Zwischen humaner Religion und schädlichen Glaubensmächten

Ambivalente Beziehungen
zwischen Religion und Gewalt

Radikale Ästhetik wider antijüdische Gewalt

Pogrome in Text und Bild

Das Konzentrationslager – das *ganz Andere*?

Geschichtsbild, Wahrnehmungsprozesse
und die Literatur der Überlebenden

„Lasciate ogni speranza voi ch’entrate!“

Formen des Widerstands in „totalen Organisationen“

Gewalt Mensch – Tier

Geschichte und Begründung
des Verbots der Tierquälerei

Demokratie und Gewalt

Spuren einer Transformationsgeschichte



Heft 31 | 24. Jahrgang 2015 | € 7,00 | ISSN 0942-928-X



Blick in die Wissenschaft
Forschungsmagazin
der Universität Regensburg
 ISSN 0942-928-X, Heft 31/24. Jahrgang

Herausgeber

Prof. Dr. Udo Hebel
 Präsident der Universität Regensburg

Redaktionsbeirat

Prof. Dr. med. Reinhard Andreesen
 Prof. Dr. rer. pol. Susanne Leist
 Prof. Dr. rer. nat. Christoph Meinel
 Prof. Dr. phil. Ursula Regener
 Prof. Dr. rer. nat. Klaus Richter
 Prof. Dr. phil. Hans Rott

Universität Regensburg, 93040 Regensburg
 Telefon (09 41) 9 43-23 00
 Telefax (09 41) 9 43-33 10

Verlag

Universitätsverlag Regensburg GmbH
 Leibnizstraße 13, 93055 Regensburg
 Telefon (09 41) 7 87 85-0
 Telefax (09 41) 7 87 85-16
 info@univerlag-regensburg.de
 www.univerlag-regensburg.de
 Geschäftsführer: Dr. Albrecht Weiland

Abonnementservice

Bastian Graf
 b.graf@univerlag-regensburg.de

Anzeigenleitung

Corinna Kestler
 info@univerlag-regensburg.de

Herstellung

Universitätsverlag Regensburg GmbH
 info@univerlag-regensburg.de

Einzelpreis € 7,00

Jahresabonnement

bei zwei Ausgaben pro Jahr
€ 10,00 / ermäßigt € 9,00
 für Schüler, Studenten und Akademiker
 im Vorbereitungsdienst (inkl. 7% MwSt)
 zzgl. Versandkostenpauschale € 1,64 je
 Ausgabe. Bestellung beim Verlag

Für Mitglieder des **Vereins der Ehemaligen Studierenden der Universität Regensburg e.V.** und des **Vereins der Freunde der Universität Regensburg e.V.** ist der Bezug des Forschungsmagazins im Mitgliedsbeitrag enthalten.



Henning Ernst Müller



Inga Neumann



Isabella von Treskow

Gewalt

in verschiedenen Formen steht mehr denn je im Fokus der gesellschaftlichen Aufmerksamkeit. Zum einen erlebt Deutschland politische Gewalt mit neuer Stärke, etwa die rassistischen Angriffe auf Flüchtlingsunterkünfte oder die Protestaktionen der Gegner der europäischen Krisenpolitik anlässlich der Eröffnung der neuen Zentrale der EZB. Zum anderen sind wir mit verheerenden politischen Zuständen und Kriegssituationen in vielen Ländern der Erde konfrontiert, etwa in der Ukraine, in Syrien oder im Irak, v. a. mit der exzessiven und medial verbreiteten Grausamkeit des IS, mit Machtkonflikten, die Flüchtlinge nach Deutschland treiben. Gewalt findet ebenfalls, wenn auch weniger sichtbar, in privatem Rahmen statt: Gewalt gegen Kinder, Gewalt in der Familie, sexuelle Gewalt.

Den biologischen, historischen und sozialen Ursachen von Gewalt und Aggression, ihren Folgen in Geschichte und Gegenwart für Individuum und Gesellschaft ebenso wie dem Zusammenhang von Aggression, Gewalttaten und medialer Wahrnehmung widmet sich der interdisziplinäre Themenverbund der Universität „Gewalt und Aggression in Natur und Kultur“. In dieser Ausgabe des Forschungsmagazins gibt er Einblicke in die Vielfalt seiner Perspektiven und Einzelthemen.

Der Themenverbund formierte sich 2010 als Zusammenschluss von etwa dreißig Forscherinnen und Forschern aus sieben Fakultäten der Universität Regensburg mit dem Ziel, sich mit unterschiedlichen Aspekten von Aggression bzw. Gewalt aus naturwissenschaftlicher, medizinischer sowie geistes- und gesellschaftswissenschaftlicher Sicht auseinanderzusetzen. Der Akzent liegt besonders auf neuen disziplinären Querverbindungen und daraus hervorgehenden Fragen – Amok und frühe Traumatisierung zählen beispielsweise dazu.

Wo Gewalt auftritt, wird schnell klar, dass sie nur bedingt eindimensional begriffen werden kann. Vielmehr verdeutlichen die im Verbund identifizierten komplexen Themenbereiche, dass eine interdisziplinäre Herangehensweise *conditio sine qua non* für eine weiterreichende Forschung ist. So beschäftigen sich an unserer Universität mit dem Thema Gewalt und Aggression sowohl empirisch arbeitende Disziplinen wie Biologie, Psychologie, Kriminologie und (Forensische) Psychiatrie als auch etwa hermeneutisch oder soziologisch arbeitende, z. B. kultur- und gesellschaftswissenschaftlich orientierte Disziplinen der Geisteswissenschaften. Dabei gilt es, sich mit zahlreichen fächer-spezifischen Unterschieden hinsichtlich der Begriffsdefinitionen, methodischen Ansätze und inhaltlichen Dimensionen auseinanderzusetzen.

Ein besonderes Anliegen ist dem Themenverbund, regelmäßig in öffentlichen Vortrags- und Diskussionsveranstaltungen über aktuelle Schwerpunkte zu informieren und eine Brücke zwischen Universität und Gesellschaft zu schlagen. Sowohl beteiligte Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Verbunds wie externe Experten und Forscherinnen oder Forscher anderer Universitäten diskutieren hierbei etwa zu den Themen „Amok und Jugendgewalt“ (2011), „Aggression und Kooperation“ (2012), „Widerstand in Organisationen“ (2014), „Dunkelfeld Pädophilie“ (2014) oder „Frühes Trauma – spätere Gewalt“ (2014).

Das zentrale Projekt des Themenverbunds ist der im Wintersemester 2013/2014 begonnene interdisziplinäre Masterstudiengang „Kriminologie und Gewaltforschung“, in dem die Forschungsgegenstände der Mitglieder des Themenverbunds in der Lehre zusammengeführt werden.

Nagezahn um Nagezahn

Translationale Tiermodelle für Aggression

Trynke de Jong, Inga Neumann

Unser Themenverbund trägt den Titel *Ge-
walt und Aggression in Natur und Kultur*.
Er bezieht sich somit auf den Dualismus
von biologischen und gesellschaftlichen
Aspekten von aggressivem und gewalttätigem
Verhalten. Als Neurobiologen widmen wir
uns hier insbesondere der biologischen Seite
der Aggression und möchten einige Aspekte
der Ursachen, insbesondere der evolutiven
Notwendigkeit und der neurobiologischen
Regulation von Aggressionsverhalten,
diskutieren. Unser Wissen über die
zentralnervale Regulation von aggressivem
Verhalten gegenüber Artgenossen, über
Hormone, neuronale Netzwerke und
Botenstoffe des Gehirns, die darüber
entscheiden, ob und in welchem Kontext ein
Tier ein anderes angreift, befähigt uns
zunehmend, pathologisches und abnormales
aggressives Verhalten beim Menschen,
z. B. psychopathische Gewaltbereitschaft,
zu erklären.

Was ist Aggression?

Fachleute verschiedener Disziplinen werden
diese Frage ganz unterschiedlich beantworten.
Für Opfer gewalttätiger Übergriffe und deren
Angehörige wird Aggression mit dem negativen
Erlebnis, mit Schmerz, Verlust und Traumatisierung
verbunden sein. Für Eltern und Lehrer wird die
Sorge im Mittelpunkt stehen, ob sich aus dem
spontan aggressiven Kind oder Jugendlichen ein
zielorientiertes und sozialisierbares Wesen
entwickeln wird oder ob hier bereits Anzeichen
späterer Gewaltbereitschaft oder gar
Kriminalität sichtbar sind. Für Sportler,
Soldaten, aber auch für

Unternehmer in Führungspositionen wird
der Begriff mit Kampfbereitschaft und
Durchsetzungsvermögen assoziiert – ohne ein
gesundes Maß an Aggression kann mancher
Job nicht erfolgreich ausgeführt werden und
somit bekommt der Begriff Aggression eine
neutrale, ja sogar positive Konnotation.

Die ebenfalls eher neutrale, naturwissenschaftliche
Sicht des Biologen auf die Aggression stellt eine
Reihe evolutionsbiologisch notwendiger
Verhaltensweisen bei Tieren und Menschen in
den Mittelpunkt. Gängige Definitionen der
Aggression besagen, dass Aggression ein in
Tieren (einschließlich Menschen) verankertes,
biologisch fundiertes Verhaltensmuster zur
Verteidigung und Gewinnung von Ressourcen
sowie zur Bewältigung potentiell gefährlicher
Situationen ist. Konrad Lorenz definiert
schlichter: „Aggression ist ein auf den
Artgenossen gerichteter Kampftrieb von Tier
und Mensch“. Biologisch gesehen ist
Aggression nicht gut oder böse, sondern ein
komplexes Muster in der Evolution bewährter
Verhaltensweisen, die in letzter Konsequenz
der Arterhaltung dienen. Wissenschaftshistorisch
gesehen waren es die Nobelpreisträger Konrad
Lorenz (*Das sogenannte Böse*, 1963) und
Nikolaas Tinbergen (*The Study of Instinct*,
1951), die im „Goldenen Zeitalter“ der
Verhaltensbiologie (Ethologie) in den 1950er
und 1960er Jahren bedeutende Studien zur
Aggression veröffentlichten. Auch wenn wir
uns heute weitestgehend von ihrer Instinkt-
Lehre distanzieren, so haben ihre Studien maß-
geblich zum Verständnis der Ursachen, der
Entstehung und des individuellen Nutzens von
Aggression beigetragen.

Warum ist Aggression biologisch sinnvoll?

Der Kampf zwischen Individuen einer Art
(intraspezifische Aggression) ist ein biologisch
allgegenwärtiges Phänomen. Während der
Evolution haben sich unter dem Selektionsdruck
der Arterhaltung zahl- und facettenreiche
Verhaltensweisen und Kampfwerkzeuge zur
Verteidigung und zum Angriff entwickelt. Diese
dienen zum einen dem Kampf um ein
angemessenes Territorium und der Verteidigung
desselben und der damit verbundenen
Futterressourcen (territoriale Aggression), zum
anderen vor allem dem Kampf um
Paarungspartner(innen). Allerdings gehen
sich hinsichtlich territorialer Aggression
gleichgeschlechtliche Artgenossen lieber aus
dem Weg, als ihre Energie durch Kämpfe zu
verlieren. Dafür hat sich sinnvollerweise das
„Markierungsverhalten“, etwa durch den
lieblichen Gesang der Singvögel oder – wie
sogar noch bei unseren domestizierten
Hausgenossen Katze und Hund sichtbar –
durch „chemische Markierung“, durchgesetzt,
um das eigene Territorium als Warnung
chemisch zu „umzäunen“. Nur der dreiste
Eindringling wird attackiert.

Bereits Darwin hat in seiner Diskussion zum
„Kampf ums Dasein“ den Wert des Kämpfens
und der Aggression für die Arterhaltung
erkannt: Es ist für die Zukunft der Art von
Vorteil, wenn der stärkere von zwei Rivalen
das Revier oder das umworbene Weibchen
erhält. Lorenz hat diese Sichtweise um den
ökologischen Aspekt erweitert: Der
Mechanismus der territorialen Aggression
gewährleistet in idealer Weise, dass sich die
Individuen einer Art

großflächig auf einen zur Verfügung stehenden Lebensraum verteilen und damit die Futterressourcen für die Gesamtheit der betreffenden Art optimal genutzt werden. Auf die menschliche Gesellschaft übertragen heißt das: Schuster, Schreiner und Zahnärzte tun gut daran, einen Mindestabstand voneinander einzuhalten, um ökonomisch überleben zu können.

Besonders eindrucksvoll sind die vielfältigen Formen aggressiven Verhaltens, die sich – wiederum unter dem Druck der Selektion – für den Kampf um einen attraktiven Paarungspartner entwickelt haben. Wir denken dabei an kämpfende Fische, Hähne oder Elchbullen, Rad schlagende Pfauenhähne oder Geweih tragende Hirsche. Das stärkere, eindrucksvollere Männchen gibt seine Gene an die nächste Generation weiter, stärkt damit den Gen-Pool und sichert das Überleben der Art. Bei diesen Kämpfen haben sich Rituale entwickelt, die es dem Unterlegenen erlauben, sich relativ unbeschadet davonzuschleichen. Kommt es zur physischen Aggression, werden meist weniger empfindliche Körperteile attackiert, z. B. die Muskelpartien des Nackens und Rückens. Nur im Ausnahmefall werden die empfindlichen Weichteile des Bauches oder der Kopf angegriffen. Dies kann man auch eindrucksvoll beim Labornager, etwa der Maus oder der Ratte, beobachten.

Biologisch interessant ist die enorme artspezifische Verhaltensvarianz. So verteidigen solitär lebende Tiere wie der Syrische Hamster oder der Grizzly-Bär ihr Territorium äußerst aggressiv, während Herdentiere friedlich miteinander grasen. Auch in Gruppen lebende Tiere (Schimpansen, Wölfe, Ratten) leben auf Grundlage einer strikten sozialen Hierarchie in friedlicher Kooperation miteinander, solange die Rangordnung akzeptiert wird.

Neben territorialer Aggression und den aggressiven Kämpfen um Paarungspartnerinnen muss die durch Verzweiflung und Furcht motivierte Aggression erwähnt werden. Im Englischen wird dies als *fighting like a cornered rat* bezeichnet. Ist die Gefahr zu nahe, der Fluchtweg abgeschnitten und die Situation scheinbar ausweglos, setzt der Bedrohte aus Verzweiflung und Furcht alle ihm zur Verfügung stehenden Verhaltensmittel ein, um erfolgreich aus dieser Lage zu entkommen. Deshalb wird beim Wandern in den Rocky Mountains empfohlen, zu singen oder ein Glöckchen klingen zu lassen, um Bär oder Puma rechtzeitig zu warnen und ihm die Flucht

zu ermöglichen. Wird er in geringer Distanz überrascht, kann die Begegnung – meist für den Wanderer – unschön enden.

Eine weitere Form der Aggression, die das Überleben der Art entscheidend sichert, sei unbedingt kurz erwähnt: Das aggressive Verhalten eines Muttertieres zur Verteidigung seines Nachwuchses, das man bei nahezu allen Säugern beobachten kann. Wir untersuchen in diesem Zusammenhang die Interaktion von mütterlicher Angst, Stress während der Trächtigkeit und mütterlicher Aggression [1]. Es gehört viel Einfühlungsvermögen dazu, sich einer Stute mit Fohlen oder dem Nest eines Goldhamsterweibchens gefahrlos zu nähern.

Nutzen von neurobiologischen Tiermodellen

Auch wenn wir es gern verdrängen: Menschen sind biologisch gesehen eine besondere Säugetierart; immerhin stimmt unser genetisches Material zu über 97 % mit dem der Maus (*Mus musculus*) überein, die zudem 300 zusätzliche Gene besitzt. Abgesehen von unseren vielfältigen kognitiven, assoziativen und kreativen Leistungen sind dementsprechend unsere Gehirnstrukturen und Verhaltensweisen denen anderer „höher entwickelter“ Säugetierarten in vieler Hinsicht ähnlich. Aus hunderten von Studien wissen wir, dass diese Ähnlichkeit insbesondere unser emotionales Gehirn betrifft. Das limbische System ist ein phylogenetisch altes, neuronales Netzwerk aus Hirnregionen wie z. B. der Amygdala (Mandelkern), dem Hypothalamus, Hippocampus oder auch Teilen des Stirnlappens der Großhirnrinde (präfrontaler Kortex). Auch wenn wir das einzigartige Vermögen haben, unser emotionales Verhalten rational, d. h. kortikal, zu steuern, so sind die Mechanismen der Regulation – etwa von Angst, Furcht oder Aggression – bei Mensch und anderen Säugetieren neurobiochemisch vergleichbar.

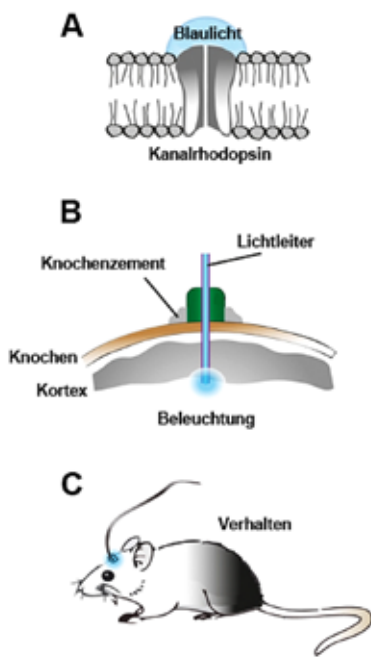
Um neurobiologische und biochemische Mechanismen von psychopathologischem Verhalten, z. B. sozialer Angst, depressionsähnlichem Verhalten oder abnormaler, pathologischer Aggression, zu entschlüsseln, bedienen sich Neurobiologen relevanter Tiermodelle. Häufig werden Labortiere auf eine bestimmte abnormale Verhaltenseigenschaft (z. B. den Phänotyp „Aggression“) gezüchtet. So gibt es in Russland eine Rattenlinie, die darauf selektiert wurde, besonders schnell und aggressiv die Hand des Experimentators zu attackieren! Ein holländisches Labor züchtete Mäuse hinsichtlich ihrer schnellen und aggressiven Attacke eines Eindringlings. In unserem Labor arbeiten wir seit nunmehr dreizehn Jahren an Tieren, die wir hinsichtlich ihres hohen bzw. geringen Angstverhaltens (*high versus low anxiety-related behaviour*; HAB, LAB) zur Untersuchung der Psychopathologie „Angst“ selektieren. Interessanterweise zeigen die wenig ängstlichen LAB-Tiere nicht nur ein höchstes Maß an artspezifischer Aggression, sondern auch abnormales Aggressionsverhalten: Sie attackieren weibliche und leicht narkotisierte Tiere, die keinerlei Bedrohung darstellen [2]. Unsere Zuchtlinien stellen deshalb wissenschaftlich kostbare Tiermodelle zur Untersuchung der neurobiologischen Hintergründe von hoher und pathologischer Aggression dar. Wir konnten zeigen, dass nur bei aggressiven LAB-Männchen das hormonelle Stress-System (Hypothalamus-Hypophysen-Adrenale Achse, HPA-Achse) und das Belohnungssystem des Gehirns (*Nucleus accumbens*) hochgradig aktiviert sind, wenn sie ihren Käfig gegen einen Eindringling verteidigen. Daraus schlussfolgerten wir, dass Aggression unter bestimmten Bedingungen einen suchtähnlichen Hintergrund hat [2]. Das Belohnungssystem des Gehirns spielt bei Alkoholismus und Drogensucht eine Rolle und wirkt bei positiven Ereignissen (gutes Essen, Sex) belohnend.

Alternativ zur selektiven Zucht kann die natürliche Variabilität des Verhaltens innerhalb der Art ausgenutzt werden, um die Individuen mit extrem hoher oder niedriger Aggression hinsichtlich neurobiologischer Parameter zu untersuchen.

Alternativ zur selektiven Zucht kann die natürliche Variabilität des Verhaltens innerhalb der Art ausgenutzt werden, um die Individuen mit extrem hoher oder niedriger Aggression hinsichtlich neurobiologischer Parameter zu untersuchen.

Neurobiologische Messgrößen für Aggressionsverhalten

Die Anzahl erfassbarer Messgrößen des Gehirns hat sich in den letzten zwei Jahrzehnten vervielfacht. Wir können nicht nur die Synthese von Botenstoffen des Gehirns in Nervenzellen, deren Freisetzung und Bindungsstellen in definierten Hirnregionen messen und diese zwischen Individuen unterschiedlicher Aggression vergleichen, wir können parallel dazu Wechselwirkungen zwischen Neurotransmittern, zwischen limbischen und kortikalen Regionen und den Einfluss von Steroidhormonen



1 Erklärung zur Optogenetik. Ein lichtempfindliches Kanalprotein (Kanalrhodopsin) (A) wird mittels transgener Technik in Nervenzellen des Gehirns eingebaut. Lokale Beleuchtung (B) resultiert in Aktivierung weniger belichteter Neuronen, zum Beispiel durch Öffnung des Ionenkanalproteins und Einstrom von Calcium-Ionen, und kann dadurch das Verhalten (C) verändern. Abbildung modifiziert von Pama et al., *Frontiers in Psychology* 2013.

untersuchen. Dazu werden hochempfindliche genetische, radioimmunologische, autoradiografische, bildgebende und neuroendokrinologische Methoden benötigt. Derartige Untersuchungen im Kontext von Aggressionsverhalten können nur unter der strikten Vorgabe, dass das Wohlbefinden der Tiere nicht beeinträchtigt sein darf, erfolgreich durchgeführt werden. Nur ein gesundes Tier zeigt adäquates Sozialverhalten.

Optogenetik – ein neues Werkzeug in der modernen Neurobiologie

In den letzten Jahren hat sich die Optogenetik als ein interessantes neurobiologisches Werkzeug entwickelt, um die Vernetzung von Hirnregionen und neuronalen Schaltkreisen als Voraussetzung für komplexes Verhalten zu entschlüsseln. Mit Hilfe eines genetischen Tricks werden Neuronen eines kleinen, etwa 1mm³ großen Gebietes des Gehirns zur Synthese eines lichtempfindlichen Faktors (Kanalrhodopsin, [Abb.

1A]) stimuliert, der in die Zellmembran eingebaut wird und bei Bestrahlung einen Ionenkanal aktiviert. Werden diese Nervenzellen mit Blaulicht bestrahlt [Abb. 1B], kommt es zur Aktivierung der Neuronen, die daraufhin ihren Botenstoff lokal oder über Projektionen in andere Hirnregionen freisetzen. Dies kann das Verhalten sofort ändern [Abb. 1C]: UV-Bestrahlung in einem kleinen Gebiet des Thalamus resultierte in gänzlich abnormalem Sozialverhalten, denn es wurde ein paarungsbereites weibliches Tier attackiert. Die Forscher konnten mit dieser Methode zeigen, dass die Regulation und Separation von Sexualverhalten und Aggressionsverhalten über wenige Neuronen im Thalamus erfolgt [3, Online-Video]. Befunde wie diese sind nicht nur methodisch ein Durchbruch im Gebiet der Verhaltensneurobiologie, sondern eröffnen die Möglichkeit, pathologische Veränderungen des Gehirns, die z. B. bei sexueller Gewalt eine Rolle spielen, zu erklären.

Genetische Einflüsse auf aggressives und gewalttätiges Verhalten

Unsere genetische Grundausstattung spielt generell eine entscheidende Rolle für die Ausprägung aller Persönlichkeitsmerkmale. Doch in welchem Maße sind Kriminelle „Opfer“ ihrer Gene? Hierzu gibt es nur wenige und sehr vorsichtig zu interpretierende Studien.

Ein Beispiel sei kurz beschrieben: 1993 wurde in *Science* der Fall einer holländischen Familie beschrieben [4], in der sich die weiblichen Mitglieder um Onkel, Brüder, Väter angesichts von deren hohem Gewaltpotential sorgten. Sie wurden als Mörder, Vergewaltiger und Räuber gesucht oder verurteilt. Neue molekular-genetische Verfahren, die in den 1990er Jahren verfügbar waren, offenbarten ein mutiertes Gen, das für ein bestimmtes Enzym namens Monoaminoxidase A (MAOA) kodiert. MAOA ist für den chemischen Abbau einiger Neurotransmitter des Gehirns (Serotonin, Dopamin, Noradrenalin) wichtig. Eine Genmutation verhindert dessen enzymatische Funktionen und damit die Balance dieser neuronalen Botenstoffe, die für eine ausgeglichene Emotionalität und andere mentale Leistungen essentiell ist. Dieser interessante Befund zur genetischen Ursache hoher Aggression und Gewaltbereitschaft konnte inzwischen an genetischen Mausmodellen bestätigt werden.

Frühes Trauma – spätere Gewalt?

Neben unserer genetischen Grundausstattung spielen frühe (und auch spätere, möglicherweise korrigierende) Umwelteinflüsse eine entscheidende Rolle für die Ausprägung aller Persönlichkeitsmerkmale. In Anerkennung beider wichtiger Faktoren spricht man daher von intensiven Gen-Umwelt-Interaktionen.

Frühe Lebenserfahrungen hinterlassen langfristige neurobiologische Spuren. Emotionale Vernachlässigung, sexueller Missbrauch oder andere Arten der frühen Traumatisierung gelten seit den Pionierarbeiten von Seymour Levine in den 1950er Jahren als Risikofaktor für zahlreiche Psychopathologien, z. B. Depression, Angsterkrankungen oder Schizophrenie. Zudem verschlechtert Traumatisierung in der Kindheit die Fähigkeit der Stressbewältigung. Wir konnten 2008 erstmals zeigen, dass früher Lebensstress durch wiederholte Trennung der Jungtiere vom Muttertier deren Sozialverhalten dahingehend verändert, dass männliche Jungtiere ein aggressiveres Spielverhalten (*play-fight*) gegenüber juvenilen Artgenossen zeigen [Abb. 2]. Zudem attackieren die erwachsenen männlichen Nachkommen einen Eindringling wesentlich aggressiver. Neurobiologisch konnte dies in Zusammenhang mit epigenetischen Veränderungen des Vasopressin-Systems des Gehirns gebracht werden [5].

Epigenetische Manifestierung früher Umwelteinflüsse

Erst seit wenigen Jahren verstehen wir die biologischen, epigenetischen Hintergründe, d. h. wie Umwelteinflüsse insbesondere in der Kindheit chronische Verhaltensveränderungen verursachen oder das Risiko für psychiatrische Erkrankungen erhöhen können. Hierbei spielen biochemische Veränderungen in den regulatorischen Bereichen bestimmter Gene eine Rolle, womit als Folge die Aktivität, also die funktionelle Ablesbarkeit dieser Gene während der Proteinsynthese langfristig determiniert werden kann. Eine funktionelle Festlegung erfolgt z. B. durch Methylierung an einzelnen DNS-Basen (insbesondere Cytidin-Guanosin-Nukleotiden; CpG) oder durch Acetylierung und Methylierung der die DNS verpackenden Histon-Moleküle. Solche Veränderungen führen dazu, dass bestimmte Bereiche des Erbgutes nicht abgelesen und somit

„ruhiggestellt“ werden, andere dafür leichter transkribiert (in RNS für Proteine umgeschrieben) werden können [3]. Zahlreiche Studien der letzten Jahre zeigten, dass derartige epigenetische Veränderungen an die folgende(n) Generation(en) weitergegeben werden können. Im Falle der Separation von Rattenjungen vom Muttertier konnten wir die Veränderungen im Aggressionsverhalten auf eine erhöhte Aktivität des Vasopressin-Gens zurückführen. Früher Lebensstress verursacht chronische „Narben“, die langfristig eine höhere Gensynthese dieses Neuropeptids in Nervenzellen limbischer Hirnregionen verursachen [5]. Vasopressin reguliert (neben seiner Rolle als Bluthormon zur Regulation der Urinkonzentration) als Neuromodulator des Gehirns Angst- und Sozialverhalten, u. a. auch Aggression.

In klinischen Studien wurde ein Zusammenhang zwischen dem Sozialverhalten der Eltern und dem Erziehungsstil der Mutter und dem Auftreten von antisozialem und aggressivem Verhalten der Kinder beschrieben. Jedoch entwickeln nicht alle Kinder, die in einer aversiven und anti-sozialen Kinderstube aufgewachsen sind, Auffälligkeiten im Sozialverhalten; manche mögen völlig unauffällig bleiben, andere mögen angst- oder depressionsähnliche Symptome entwickeln. Hierbei gehen wir davon aus, dass sowohl andere externe regulierende Faktoren (einflussreiche Lehrer oder Großeltern) als auch die genetische Prädisposition die Konsequenzen früher Umweltfaktoren modulieren.

Das vernachlässigte Phänomen weiblicher Aggression

Bis heute werden neurobiologische Mechanismen der Aggression ausschließlich an männlichen Versuchstieren untersucht – mit der Ausnahme der Aggression von Muttertieren, wie oben bereits erwähnt [1]. Biologisch gesehen haben männliche Individuen ein höheres Aggressionspotential, auf das wir im ersten Teil des Artikels hinwiesen. In letzter Zeit hat sich das wissenschaftliche Interesse auch Frauen, insbesondere jungen Frauen mit hoher und abnormaler Aggressivität zugewandt, welche durch ein entsprechendes Krankheitsbild – *conduct disorder* (Störung des Sozialverhaltens) – definiert wird. Die Folge dieses unsozialen Verhaltens sind Isolation und soziale Ausgrenzung und mit großer Häufigkeit



2 Zwei junge Wistar-Ratten, die spielend miteinander kämpfen.

Suchterkrankungen und andere Psychopathologien. Die Untersuchung (und möglicherweise Behandlung) der Störung des weiblichen Sozialverhaltens ist deshalb so bedeutend, da diese Verhaltensauffälligkeit (junger) Mütter mit hoher Wahrscheinlichkeit auf die nächste Generation übertragen wird. Um weibliche Aggression allgemein und insbesondere Aggressivität bei jungen Frauen zu verstehen, unterstützt die EU seit 2013 ein internationales Konsortium unter dem Titel *Neurobiology and treatment of adolescent female conduct disorder: the central role of emotion processing (FEM-NAT-CD)*. In diesem Zusammenhang untersuchen wir zum Beispiel, welche Neurotransmitter des Gehirns weibliche Aggression regulieren und ob dabei das Neuropeptid Oxytocin, das zahlreiche soziale Verhaltensweisen unterstützt und auch mütterliche Aggression verstärkt, eine Rolle spielt [6].

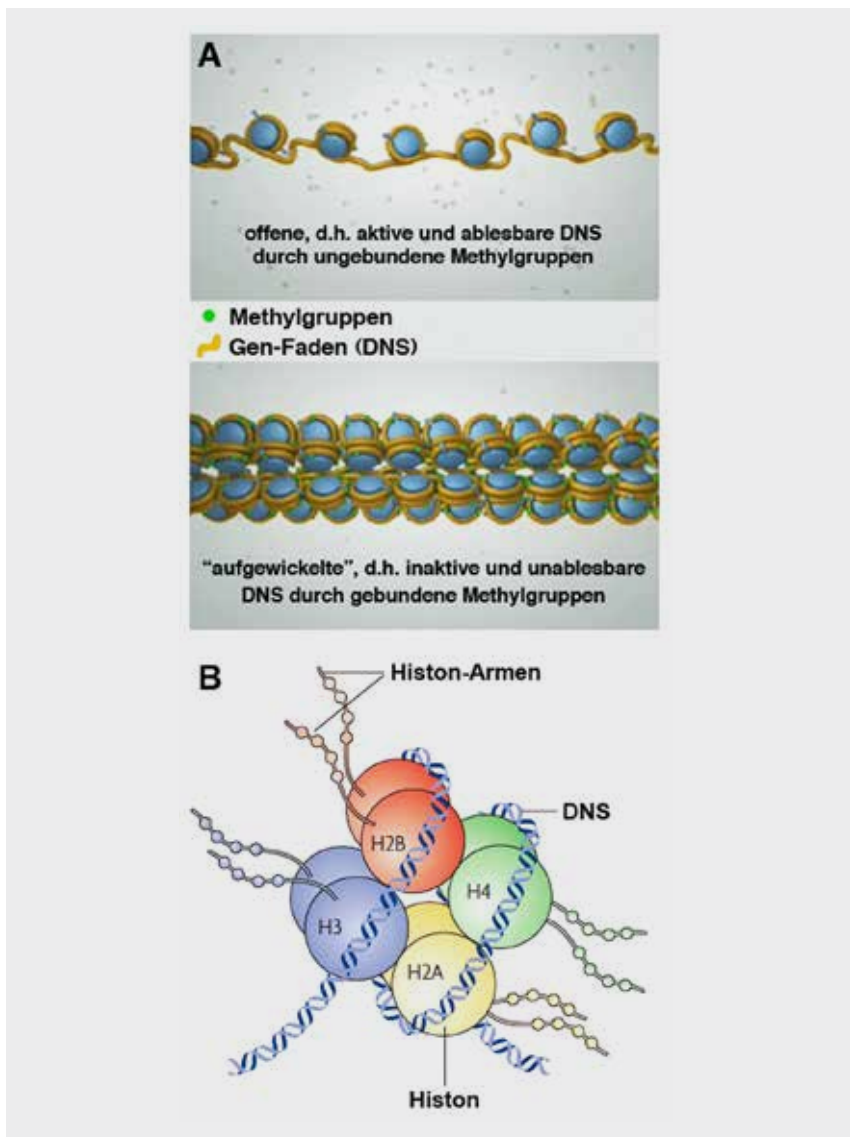
Konsequenzen der Gewalt

Zur Vervollständigung unserer Ausführungen zu den (neuro)biologischen Ursachen der Gewalt und Aggression müssen die physischen und psychischen Konsequenzen von Gewalterfahrung der Opfer zumindest kurz Erwähnung finden. Während Notfall-Chirurgen die körperlichen Schäden *physischer* Gewalt bestmöglich versorgen, sehen Psychiater, Psychologen und Neurobiologen in diesem Zusammenhang

vor allem den Einfluss von traumatischen Ereignissen und *psychischer* Gewalt auf die Entstehung von Psychopathologien, z. B. dem posttraumatischen Stress-Syndrom (PTSD). Anhand geeigneter Tiermodelle können neuronale Prozesse nach Angstkonditionierung oder nach chronischem psychosozialen Stress untersucht werden, von denen wir bereits in einer anderen Ausgabe berichteten (siehe Reber und Neumann, *Blick in die Wissenschaft* 28, 2013).

Schlusswort – „Freier Wille“

Die methodologischen Durchbrüche, die die Neurobiologie aktuell erlebt, ermöglichen uns tiefere Einsicht in die komplexen Zusammenhänge von genetischen und Umwelt-Einflüssen, der kortikalen Kontrolle sowie der neuronalen Kommunikation, die aggressivem Verhalten von Säugern zugrunde liegen. Das zunehmende Wissen über die biologischen Determinanten von Sozialverhalten führt uns zwangsläufig zur aktuellen Frage nach dem „freien Willen“. Selbstverständlich bestimmt die Summe der biochemischen, neurogenetischen und neuronalen Strukturen unseres Gehirns unsere Entscheidungen – unabhängig davon, ob wir uns dieser Entscheidungen bewusst sind oder ob sie, wie zahlreiche andere Prozesse des Individuums (Blutdruckregulation, Gehen), automatisch ablaufen. Daher wird – losgelöst von



3 Erklärung zur Epigenetik. Chemische Veränderungen einzelner Basen der DNS, z. B. durch Methylierung (A), oder der die DNS verpackenden Histon-Proteine, z. B. durch Azetylierung (B), beeinflussen die Ablesbarkeit und damit die Aktivität eines Gens, das in einem aktiven und ablesbaren Zustand oder in einem inaktiven Ruhezustand vorliegen kann. Umwelteinflüsse (Nahrung, Stress, Traumatisierung, soziale Faktoren) können diese epigenetischen Veränderungen des Gens langfristig beeinflussen. Abbildung modifiziert von learn.genetics.utah.edu (A) und Tsankova et al., Nature Neuroscience 2007 (B).

der aktuellen Diskussion – das Individuum (als Summe all dieser Prozesse und Strukturen) für seine Handlungen juristisch zur Verantwortung gezogen werden, zumal die neuronalen Strukturen ein hohes Maß an Plastizität aufweisen und durch Lernprozesse bis hin zur Psychotherapie in ihrer Funktion beeinflusst werden können.

Literatur

Oliver J. Bosch, Inga D. Neumann, Brain vasopressin is an important regulator of maternal behavior independent of dams' trait anxiety. In: Proceedings of the National Academy of Sciences USA 105 (2008), S. 17139–17144.

Inga D. Neumann, Alexa H. Veenema, Daniela I. Beiderbeck, Aggression and anxiety: social context and neurobiological links. In: Frontiers in Behavioral Neuroscience 4 (2010), 12, S. 1–16.

Dayu Lin, Maureen P. Boyle, Piotr Dollar, Hyosang Lee, Pietro Perona, Ed S. Lein, David J. Anderson, Functional identification of an aggression locus in the mouse hypothalamus. In: Nature 470 (2011), S. 221–226. Video-Link: <http://www.nature.com/nature/journal/v470/n7333/extref/nature09736-s4.mov>

Han G. Brunner, Marcel R. Nelen, Xandra O. Breakefield, Hans-Hilger Ropers, Bernard A. van Oost, Abnormal behavior associated with a point mutation in the structural gene for monoamine oxidase A. In: Science 262 (1993), S. 578–580.

Chris Murgatroyd, Alexandre V. Patchev, Yonghe Wu, Vincenzo Micale, Yvonne Bockmühl, Dieter Fischer, Florian Holsboer, Carsten T. Wotjak, Osborne F. X. Almeida, Dietmar Spengler, Dynamic DNA methylation programs persistent adverse effects of early-life stress. In: Nature Neuroscience 12 (2009), S. 1559–1566.

Trynke R. de Jong, Daniela I. Beiderbeck, Inga D. Neumann, Measuring virgin female aggression in the female intruder test (FIT): effects of oxytocin, estrous cycle, and anxiety. In: PLoS One 9 (2014), e91701, S. 1–11.



Dr. Trynke R. de Jong, PhD, geb. in Grijpskerk (NL). Studien der Biologie und Journalistik an der Universität Groningen (NL) mit anschließender Promotion zu Psychopharmakologie und Neuroanatomie (2005, Universität Utrecht, NL). 2008–2011 post-doktorale Auslandsaufenthalte an der University of California Riverside, USA. Seit 2011 wissenschaftliche

Mitarbeiterin am Lehrstuhl für Tierphysiologie und Neurobiologie (Prof. Dr. Neumann).

Forschungsgebiete: Neurobiologie von Sozialverhalten (Aggression, Sexualverhalten) und Stress anhand relevanter Tiermodelle.

Prof. Dr. rer. nat. Inga D. Neumann, geb. in Jena/Thüringen. Studium der Biologie an der Karl-Marx-Universität Leipzig mit anschließender Promotion (1991) zu Neuropeptiden des Gehirns. 1991–1996 post-doktorale Auslandsaufenthalte an der University of Calgary, University of Hershey, Pennsylvania, und University of Edinburgh, UK. 1994–1996 wissenschaftliche Mitarbeiterin am Max-Planck-Institut für Psychiatrie, München. 1997 Heisenberg-Stipendiatin der DFG. Seit 2001 Lehrstuhl für Tierphysiologie und Neurobiologie an der Universität Regensburg.



Forschungsgebiete: Neurobiologie von Emotionalität, Sozialverhalten und Stress sowie deren neuropeptidgerge und molekular-genetische Regulation.