



MEDIZINISCHE
FAKULTÄT

Forschungsbericht 2016

Institut für Pharmakologie und Toxikologie

INSTITUT FÜR PHARMAKOLOGIE UND TOXIKOLOGIE

Leipziger Straße 44, 39120 Magdeburg
Tel. +49 (0)391 67 15875
daniela.dieterich@med.ovgu.de

1. Leitung

Prof. Dr. rer. nat. Daniela C. Dieterich

2. HochschullehrerInnen

Prof. Dr. rer. nat. Daniela C. Dieterich

Prof. Dr. rer. nat. habil. Axel Becker

Prof. Dr. Markus Fendt

3. Forschungsprofil

Forschungsschwerpunkte:

Die Forschungsschwerpunkte des Instituts für Pharmakologie und Toxikologie liegen auf den Gebieten der Neuropharmakologie, der molekularen Neurobiologie und der Neuroimmunpharmakologie, und reflektieren damit die beiden Schwerpunkte der hiesigen Fakultät Neurobiologie und Immunologie. Mit einem vielfältigen Methodenrepertoire der Molekularbiologie, Proteinchemie, Mikroskopie und der Verhaltenspharmakologie konzentrieren wir uns auf das Zusammenspiel von Neuronen und Astrozyten bei synaptischer Funktion und Plastizität, die zellulären Grundlagen von Sucht und Toleranz sowie von Schizophrenien, und die Bedeutung der Opioid- und Cannabinoid- Rezeptoren und deren Liganden bei Interaktionen zwischen dem Immun- und Nervensystem.

Spezifische Forschungsthemen:

- Molekulare Charakterisierung neuronaler und astroglärer Proteome während der Hirnentwicklung und während synaptischer Plastizität
- Bedeutung des Immunproteasoms für die Hirn-Funktion
- Geruchsinduziertes Furchtverhalten (jeweils Links zu Details (nur auf Englisch))
- Rolle von G-Protein-gekoppelten Rezeptoren bei angeborener und erlernter Furcht
- Emotionale Aspekte von Event-Lernen
- Rolle von Emotionen bei narkoleptischen Episoden
- Untersuchungen zur Rolle der epigenetischen Regulation der Sensibilisierung nach Morphinapplikation
- Einfluß einer Vagusstimulation an einem Tiermodell für Depression (Bulbektomie bei Ratten)
- Untersuchungen zur Wirkung einer zerebralen Tiefenstimulation auf das Trinkverhalten alkoholsüchtiger Ratten an einem Tiermodell der Depression (Bulbektomie)
- Analyse von metabotropen glutamatergen Mechanismen an Tiermodellen für Schizophrenie
- Untersuchungen der Schmerzperzeption in Tiermodellen für Schizophrenie

4. Kooperationen

- Dr. Ayse Yarali, LIN
- Dr. Karin Richter

- Dr. Markus Wöhr, Institut für Psychologie, Marburg
- Dr. Michael Kreutz, LIN
- Dr. Thomas Endres, Institut für Physiologie, OvGU Magdeburg
- Dr. Ulrich Thomas, LIN
- Dr. Wolfgang Tischmeyer, LIN
- Forschungsverbund Magdeburg-Berlin
- Klinik für Psychiatrie und Psychosomatik, Universität Jena
- Max Zeller Söhne AG, Romanshorn, Schweiz
- Prof. Dr. B. Bogerts, Klinik f. Psychiatrie
- Prof. Dr. Bertram Geber, Leibniz-Institut für Neurobiologie, Magdeburg
- Prof. Dr. Burkhardt Schraven
- Prof. Dr. Eckart D. Gundelfinger, LIN
- Prof. Dr. Erin M. Schuman, MPI Frankfurt
- Prof. Dr. Gerbrug Keilhoff
- Prof. Dr. H.-G. Bernstein, Klinik f. Psychiatrie
- Prof. Dr. Klaus G. Reymann, Forschungsinstitut Angewandte Neurowissenschaften, Brenneckestr. 6, 39120 Magdeburg
- Prof. Dr. Kobi Rosenblum, Haifa
- Prof. Dr. Michael Koch, Institut für Hirnforschung II (Abteilung Neuropharmakologie), Bremen
- Prof. Dr. Noam Ziv, Technion Haifa
- Prof. Dr. Oliver Stork, Institut für Biologie, OvGU Magdeburg
- Prof. Dr. Peter J. Flor, Institut für Biologie, Regensburg
- Prof. Dr. Stephen Liberles, Cell Biology, Harvard Medical School, USA
- Prof. Dr. Ulrike Seifert, IMKI
- Suchtforschungsverbund München

5. Forschungsprojekte

Projektleitung: Prof. Dr. Daniela Christiane Dieterich

Förderer: Stiftungen - Sonstige; 01.12.2015 - 31.12.2017

Characterization of the *Drosophila* Learning Proteome using Cell-Selective Non-Canonical Amino Acid Tagging

The formation of long-term memory is a protein synthesis-dependent process. The identity and functionality of the proteome that is newly synthesized during LTM formation is not well understood. Our research objective, therefore, is the characterization of the learning proteome.

We address the description of the *Drosophila* learning proteome with state of the art techniques developed by Dieterich and colleagues. BONCAT (bio-orthogonal non-canonical amino acid tagging, Dieterich et al., 2006; Dieterich et al., 2007) and FUNCAT (fluorescent NCAT; Dieterich et al., 2010) employ artificial azide-bearing amino acids (AA) that incorporate into newly synthesized protein surrogating the natural AA methionine. Due to their azide-group they can, via a copper-catalyzed 3+2 azidealkyne cycloaddition (click chemistry; Rostovtsev et al., 2002), be tagged with an alkyne-affinity tag (BONCAT) or with a fluorescent tag (FUNCAT) and subsequently identified using mass spectrometry (BONCAT) or visualized (BONCAT & FUNCAT).

Furthermore, in order to exclusively label proteins in specific tissues we developed GINCAT (genetically introduced NCAT) in *Drosophila* (Erdmann et al., 2015). GINCAT employs the artificial azide-bearing AA azidonorleucine (ANL; Link et al., 2006; Tanrikulu et al., 2009). The endogenous translation machinery cannot realize incorporation of ANL as a surrogate for methionine into proteins as ANLs azide-bearing side chain is too long to fit into the AA binding pocket of the wild type-MetRS. By using a single amino acid mutation (LeucintoGlycin) in the methionine binding pocket we were able to successfully incorporate MetRSLtoG constructs into the *Drosophila* genome that allow ANL incorporation under the control of the upstream activation site (UAS). The generation of these transgenic flies allows targeted expression of MetRSLtoG and, as a consequence, ANL-incorporation into proteins of selected Gal4-driven cell types in living

Drosophila after events such as learning and subsequent visualization using FUNCAT or biochemical analysis and mass spectrometry using BONCAT.

Projektleitung: Prof. Dr. Daniela Christiane Dieterich

Projektbearbeitung: Prof. Dr. med. Ulrike Seifert, Prof. Dr. Daniela C. Dieterich

Förderer: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG); 01.01.2014 - 31.12.2017

Funktion von Immunoproteasom-Komplexen in hämatopoetischen und neuronalen Zellen

Immunoproteasom-Komplexe (IP) halten die zelluläre Proteinhomeostase aufrecht und sind damit an wichtigen zellulären Funktionen wie der Antigenpräsentation und der Regulation von Entzündungsprozessen beteiligt. Immunoproteasomen werden nach Stimulation mit z.B. Interferonen oder Lipopolysaccharid gebildet und enthalten die Immununtereinheiten $\beta 1i$ (LMP2), $\beta 2i$ (MECL-1) and $\beta 5i$ (LMP7). IP werden in Immunzellen aber auch in anderen Geweben wie z. B. dem Gehirn exprimiert. Allerdings ist bislang weitgehend ungeklärt, in welchen Zelltypen des Gehirns (Neurone, Astrocyten, Oligodendrocyten oder Mikroglia) sich Immunoproteasomkomplexe bilden können, und welche Funktion ihnen dabei zukommt. In diesem Antrag wollen wir die Rolle von IPs in Immunzellen, Neuronen, Astrocyten und Mikroglia mittels Maus-Modellen für Schlaganfall und zerebraler Infektionen klären. Im Fokus stehen die Konsequenzen einer IP-Defizienz für die T-Zell-Aktivierung und Signaltransmission sowie die Analyse einwandernder Immunzellen ins Gehirn nach Schlaganfall und zerebraler Infektion. Des Weiteren wollen wir die genaue Komposition von Proteasomkomplexen, ihre zelluläre Verteilung und Zielproteine in Neuronen, Astrocyten und Mikroglia untersuchen. Zusammenfassend sollen damit die Grundlagen für das Verständnis der Immunoproteasomfunktion und der Rolle einwandernder Immunzellen im Säugerhirn unter pathophysiologischen Bedingungen geschaffen werden.

Projektleitung: Prof. Dr. Daniela Christiane Dieterich

Förderer: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG); 01.01.2016 - 31.12.2019

Mechanismen synaptischer Plastizität bei Kortex-abhängigen Lernprozessen

Im Zentrum steht ein Kortex-abhängiges, auditorisches Diskriminierungslernen, welches auch Teil des integrativen Paradigmas ist. Basierend auf den Befunden der vorhergehenden Förderperioden werden folgende Fragen adressiert: (i) Welche Rolle spielen Phospholipase C β -abhängige Signalwege für das Langzeitgedächtnis? (ii) Wie sind Bassoon-abhängige präsynaptische Plastizitätsprozesse daran beteiligt? (iii) Welche lerninduzierten Hirnareal- und Zelltyp-spezifischen Veränderungen finden sich im Synapsenproteom? Hier sollen in der 3. Förderperiode insbesondere molekular-mechanistische Unterschiede zwischen aversiv und appetitiv motiviertem Lernen im Vordergrund stehen.

Projektleitung: Prof. Dr. Daniela Christiane Dieterich

Förderer: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG); 01.10.2014 - 30.09.2017

Role of protein translation and protein turnover for astrocyte heterogeneity

Das Konzept der tripartiten Synapse fasst die bedeutende Rolle von Astrozyten für die Funktion von Neuronen und die Hirnentwicklung zusammen. Obwohl schon seit längerer Zeit bekannt ist, dass Astrozyten eine wichtige Funktion bei der Bildung und Stabilisierung von chemischen Synapsen haben, neuronale Aktivität wahrnehmen und aktiv am homeostatischen Scaling partizipieren, sind astrogliale Diversität oder Heterogenität an sich und die daraus für den Organismus resultierenden funktionalen Konsequenzen hinsichtlich Morphologie und zellulärer Funktion weitgehend unerforscht. In diesem Vorhaben wollen wir astrogliale Heterogenität auf molekularer Ebene mittels zellspezifischer Proteomanalyse untersuchen. Dazu sollen metabolische und zellspezifische Markierungsmethoden wie BONCAT, FUNCAT und GINCAT in Ko-Kulturen und transgenen Mäusen verwendet werden. Mit GINCAT wurde eine Methode entwickelt, die selektiv die Proteomanalyse eines einzigen Zelltyps durch den Einsatz einer mutierten Methionin-tRNA-Synthetase erlaubt, welche letztendlich einen umfassenden Vergleich zwischen neuronalen und astroglialem Proteom in verschiedenen Hirnregionen wie dem präfrontalen Kortex, dem Striatum und dem Hippocampus erlauben wird. Im Fokus stehen dabei besonders die Proteomunterschiede und Proteinsynthesekapazitäten von Astrozyten, die in funktioneller Wechselwirkung mit unterschiedlichen Neuronentypen stehen, d.h. glutamaterg-exzitatorischen, inhibitorischen oder dopaminergen Neuronen. Des Weiteren soll eine generelle Analyse der astroglialen Proteinsynthese vorgenommen werden, bei der die zelluläre Lokalisierung des Translationsgeschehens im Vordergrund steht. Ein weiterer Aspekt der Proteinhomeostase und damit Gegenstand dieses Antrags stellen Lebensdauer und räumliche Verweildauer von astroglialen Proteinen in den verschiedenen Hirnregionen und im Hinblick auf die verschiedenen Neuronentypen dar. Mittels dieser und aus GINCAT und per Massenspektrometrie-erhobenen Daten sowie bereits publizierter Transkriptom- und Proteomdaten soll eine bereits bestehende Astrozyten-spezifische

Datenbank erweitert werden, die zukünftig in silico Modellierung astrozytärer Funktion erlauben wird.

Projektleitung: Prof. Dr. Daniela Christiane Dieterich

Förderer: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG); 01.01.2016 - 31.12.2019

Zellspezifische Charakterisierung eines Langzeit-Lern-Proteoms

Erinnerungen und Assoziationen jeglicher Art sind mitverantwortlich für unsere Motivation und unser Handeln im Hier und Jetzt. Störungen in der Gedächtnisbildung und Im Abruf von Erinnerungen sind eine zentrale Problematik bei einer Vielzahl psychischer und neurodegenerativer Erkrankungen, jedoch sind die beteiligten Zellen sowie die molekularen Komponenten weitgehend unbekannt. Wie Menschen sind Fruchtfliegen in der Lage zu lernen und können zB durch operante Konditionierung lernen, Düfte mit Bestrafungsreizen zu assoziieren und bis zu 7 Tage diese Düfte zu meiden. Diese Langzeit-Gedächtnisleistungen sind abhängig von der Synthese neuer Proteine in wenigen, kritischen Zellen. In unserem Forschungsprojekt beschäftigen wir uns daher mit der Frage, in welchen Zellen im Drosophila-Gehirn Langzeit-Erinnerungen abgespeichert werden und welche Proteine daran beteiligt sind. Wir konzentrieren uns dabei auf die Pilzkörper-Formation im Gehirn der Fruchtfliege, deren neurale Komponenten und insbesondere hier die sog. Kenyon-Zellen - für die olfaktorische Gedächtnisleistung verantwortlich sind. Mittels Zelltyp-spezifischer, metabolischer Proteinmarkierung und Klick-Chemie sind wir erstmalig in der Lage, die Synthese lern-relevanter Proteine in diesen Zellen verfolgen und damit die für die Lernleistung kritischen Kenyon-Zellen identifizieren. In weiteren Ansätzen sollen diese Proteine massenspektrometrisch identifiziert und schließlich validiert werden. Da die grundlegenden molekularen Mechanismen für Lernen und Gedächtnis im Tierreich weitgehend konserviert sind, können unsere Ergebnisse auch auf den Menschen übertragen werden und damit von klinischer Relevanz sein.

Projektleitung: apl. Prof. Dr. habil. Markus Fendt

Förderer: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG); 01.12.2015 - 30.11.2018

Die Rolle von Neuropeptide S in Tiermodellen pathologischer Furcht

Die Emotion Furcht bereitet das Gehirn und den Körper optimal auf potentielle gefährliche Ereignisse vor und hilft so Tieren und Menschen, solche gefährliche Ereignisse besser zu bewältigen. Störungen in den der Emotion Furcht zugrunde liegenden Mechanismen können jedoch zu unangepasster Furcht führen, was sich zum Beispiel beim Mensch in Angsterkrankungen wie der post-traumatischen Belastungsstörung oder Panikstörung manifestieren kann. Mehrere klinische Untersuchungen identifizierten einen Polymorphismus im Gen für den Neuropeptid S (NPS)-Rezeptor, der mit deutlich erhöhter Inzidenz für Panikstörungen assoziiert ist. Das identifizierte NPS-Rezeptor-Risiko-Allel interagiert zudem mit widrigen Entwicklungsbedingungen (hier: kindliche Vernachlässigung). All diese Befunde waren Motivation, die Rolle von NPS und seines Rezeptor in Tiermodellen für normale Angst und Furcht zu untersuchen. Erstaunlicherweise gibt es allerdings bislang fast keine Forschung zur Rolle von NPS bzw. NPS-Rezeptoren, in der Tiermodelle für pathologische Angst benutzt wurden. Letztere wäre auch sehr gut geeignet, um Gen-Umwelt-Interaktionen zu erforschen.

Im beantragten Versuchsvorhaben soll deswegen die Rolle von NPS und NPS-Rezeptoren in Tiermodellen für pathologische Angst untersucht werden. Dafür sollen transgene Mäuse mit NPS-Rezeptor-Knockout in Tierparadigmen für post-traumatische Belastungsstörung und Panikstörung charakterisiert werden. In einem zweiten Ansatz soll dann der zusätzliche Einfluss verschiedener Entwicklungsbedingungen (Enriched Environment, sozialer Stress) auf den Phänotyp von Wildtyp- und NPS-Rezeptor-Knockout-Tiere in diesen Tiermodellen untersucht werden. Im dritten Versuchsblock soll dann erforscht werden, ob NPS-Injektionen die Entwicklung pathologischer Furcht verhindern kann. Die beantragte Studie soll zum besseren Verständnis der Rolle von NPS und des NPS-Rezeptors bei normaler und pathologischer Furcht beitragen. Zusätzlich erhoffen wir, mit den erhobenen Befunden zur Entwicklung pharmakologischer Therapien mit NPS-Rezeptor-Agonisten beitragen zu können.

6. Veröffentlichungen

Begutachtete Zeitschriftenaufsätze

Bruning, Johann E.A.; Breitfeld, Tino; Kahl, Evelyn; Bergado-Acosta, Jorge R.; Fendt, Markus

Relief memory consolidation requires protein synthesis within the nucleus accumbens

In: Neuropharmacology. - Amsterdam [u.a.]: Elsevier Science, Bd. 105.2016, S. 10-14;

[Imp.fact.: 4,936]

Chiarlone, Anna; Börner, Christine; Martín-Gómez, Laura; Jiménez-González, Ada; García-Concejo, Adrián; García-Bermejo, María L.; Lorente, Mar; Blázquez, Cristina; García-Taboada, Elena; Haro, Amador de; Martella, Elisa; Höllt, Volker; Rodríguez, Raquel; Galve-Roperh, Ismael; Kraus, Jürgen; Guzmán, Manuel

MicroRNA let-7d is a target of cannabinoid CB1 receptor and controls cannabinoid signaling

In: Neuropharmacology. - Amsterdam [u.a.]: Elsevier Science, Bd. 108.2016, S. 345-352;

[Imp.fact.: 4,936]

Chindo, Ben A.; Schröder, Helmut; Koeberle, Andreas; Werz, Oliver; Becker, Axel

Analgesic potential of standardized methanol stem bark extract of *Ficus platyphylla* in mice - mechanisms of action

In: Journal of ethnopharmacology: an interdisciplinary journal devoted to bioscientific research on indigenous drugs; the official journal of the International Society of Ethnopharmacology. - New York, NY [u.a.]: Elsevier, Bd. 184.2016, S. 101-106;

[Imp.fact.: 3,055]

Dieterich, Daniela C.; Kreutz, Michael R.

Proteomics of the synapse - a quantitative approach to neuronal plasticity

In: Molecular & cellular proteomics: MCP. - Bethesda, Md: The American Society for Biochemistry and Molecular Biology, Bd. 15.2016, 2, S. 368-381;

[Imp.fact.: 5,912]

Fendt, Markus; Kiyokawa, Yasushi; Endres, Thomas

Editorial - Scents that matter: from olfactory stimuli to genes, behaviors and beyond

In: Frontiers in neuroscience. - Lausanne: Frontiers Research Foundation; Bd. 10.2016, Art.-Nr. 29, insges. 3 S.;

[Imp.fact.: 3,398]

Fernández-Orth, Juncal; Ehling, Petra; Ruck, Tobias; Pankratz, Susann; Hofmann, Majella-Sophie; Landgraf, Peter; Dieterich, Daniela C.; Smalla, Karl-Heinz; Kähne, Thilo; Seebohm, Guiscard; Budde, Thomas; Wiendl, Heinz; Bittner, Stefan; Meuth, Sven G.

14-3-3 proteins regulate K2P5.1 surface expression on T lymphocytes

In: Traffic: the international journal of intracellular transport. - Oxford: Wiley-Blackwell, Bd. 17.2016;

[Imp.fact.: 3,721]

Jalsrai, Aldarmaa; Numakawa, Tadahiro; Kunugi, Hiroshi; Dieterich, Daniela; Becker, Axel

The neuroprotective effects and possible mechanism of action of a methanol extract from *Asparagus cochinchinensis* - in vitro and in vivo studies

In: Neuroscience: an international journal under the editorial direction of IBRO. - Amsterdam [u.a.]: Elsevier Science, Bd. 322.2016, S. 452-463;

[Imp.fact.: 3,231]

John, Karin; Stöter, Thomas; Misbah, Chauqi

A variational approach to the growth dynamics of pre-stressed actin filament networks

In: Journal of physics / Condensed matter. - Bristol: IOP Publ, Bd. 28.2016, 37;

[Imp.fact.: 2,209]

Kahl, Evelyn; Fendt, Markus

Metabotropic glutamate receptors 7 within the nucleus accumbens are involved in relief learning in rats

In: Current neuropharmacology. - Hilversum [u.a.]: Bentham Science Publ, Bd. 14.2016, 5, S. 405-412;

[Imp.fact.: 3,753]

Kähne, Thilo; Richter, Sandra; Kolodziej, Angela; Smalla, Karl-Heinz; Pielot, Rainer; Engler, Alexander; Ohl, Frank W.; Dieterich, Daniela C.; Seidenbecher, Constanze; Tischmeyer, Wolfgang; Naumann, Michael; Gundelfinger, Eckart D.

Proteome rearrangements after auditory learning - high-resolution profiling of synapse-enriched protein fractions from mouse brain

In: Journal of neurochemistry: official journal of the International Society for Neurochemistry; JN. - Oxford: Wiley-

Blackwell, Bd. 138.2016, 1, S. 124-138;
[Imp.fact.: 3,842]

Keilhoff, Gerburg; Becker, Axel; Kropf, Siegfried; Schild, Lorenz

Sciatic nerve ligation causes impairment of mitochondria associated with changes in distribution, respiration, and cardiolipin composition in related spinal cord neurons in rats

In: Molecular and cellular biochemistry: an international journal for chemical biology in health and disease. - Dordrecht [u.a.]: Springer Science + Business Media B.V, Bd. 421.2016, 1/2, S. 41-54;
[Imp.fact.: 2,613]

Rosenberg, Tali; Elkobi, Alina; Dieterich, Daniela C.; Rosenblum, Kobi

NMDAR-dependent proteasome activity in the gustatory cortex is necessary for conditioned taste aversion

In: Neurobiology of learning and memory. - Orlando, Fla: Academic Press, Bd. 130.2016, S. 7-16;
[Imp.fact.: 3,439]

Schmidt, Christian; Leibiger, Judith; Fendt, Markus

The norepinephrine reuptake inhibitor reboxetine is more potent in treating murine narcoleptic episodes than the serotonin reuptake inhibitor escitalopram

In: Behavioural brain research: an international journal. - Amsterdam: Elsevier, Bd. 308.2016, S. 205-210;
[Imp.fact.: 3,002]

Wernecke, Kerstin E. A.; Brüggemann, Judith; Fendt, Markus

Predator odor exposure increases food-carrying behavior in rats

In: Physiology & behavior: official journal of the International Behavioral Neuroscience Society. - Amsterdam [u.a.]: Elsevier Science, Bd. 154.2016, S. 15-19;
[Imp.fact.: 2,461]

Herausgeberschaften

Fendt, Markus [HerausgeberIn]; Kiyokawa, Yasushi [HerausgeberIn]; Endres, Thomas [HerausgeberIn]

Scents that matter - from olfactory stimuli to genes, behaviors and beyond. - Lausanne: Frontiers Media, 2016; 256 Seiten - (Frontiers Research Topics); <http://dx.doi.org/10.3389/978-2-88919-813-9>, ISBN 978-2-88919-813-9;

Dissertationen

Asgarpur, Golschan; Schwegler, Herbert [AkademischeR BetreuerIn]; Schäfer, Michael [AkademischeR BetreuerIn]

Die Auswirkung unterschiedlicher -Opioidrezeptor-Ausstattung auf die Schmerzwahrnehmung, das Suchtverhalten und depressionsrelevantes Verhalten. - Magdeburg: Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, 2016; 1 ungezähltes Blatt, I-III, 90 Blätter: Diagramme;

Erdmann, Ines; Dieterich, Daniela C. [GutachterIn]

Deciphering proteome dynamics using cell-type selective metabolic protein labeling in the fruit fly *Drosophila melanogaster*. - Magdeburg, 2016; X, 117 Blätter: Illustrationen
[Literaturverzeichnis: Blatt 93-105];

Lehmann, Anne-Christin; Dieterich, Daniela C. [GutachterIn]

Immune proteins in neurons - towards an understanding of the neuronal role of the immune protein CD3[Zeta] in NMDA receptor signaling and cytoskeleton remodeling. - Magdeburg, 2015; VII, 134 Blätter: Illustrationen, Diagramme; 30 cm
[Literaturverzeichnis: Blatt 89-100];

Lehmann, Lienhard; Koch, Thomas [AkademischeR BetreuerIn]; Ritter, Heike [AkademischeR BetreuerIn]

Epigenetische Mechanismen der IL-4-vermittelten Induktion des -Opiat-Rezeptor-Gens in T-Lymphozyten. - Magdeburg: Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, 2016; ii-v, 58 Blätter: Illustrationen, Diagramme;

Wernecke, Kerstin; Fendt, Markus [GutachterIn]

Predator odor-induced fear in rats - a behavioral characterization and neural substrate analysis. - Magdeburg, 2016; vii,
125 Blätter: Illustrationen
[Literaturverzeichnis: Blatt 93-110];