

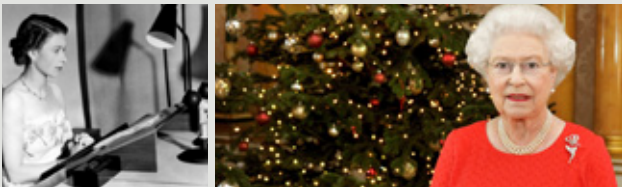


Unterhaltung mit: Till Roenneberg

„Der soziale Jetlag macht krank“

Sind sie müde? Vielleicht stehen Sie viel früher auf, als es für Ihren Chronotyp gesund ist. Jeder Mensch hat ein ideales Schlaffenster, weiß Till Roenneberg, ein Experte für die innere Uhr. Doch ob Schule oder Beruf – die Gesellschaft trägt dem wenig Rechnung.

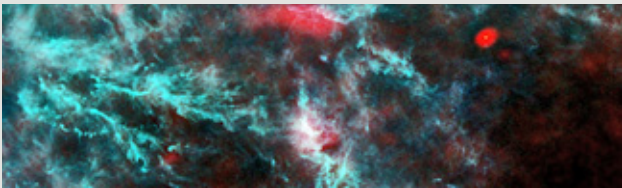
Interview: Kolja Kröger



Soundcheck

Der Phonetiker Jonathan Harrington vermisst mit naturwissenschaftlichen Methoden, auf welche Weise Menschen Laute formen und sie wahrnehmen. Das bringt ihn auf Erklärungen dafür, wie sich die Sprache im Laufe der Zeit verändert.

Von Maximilian G. Burkhart



Der kalkulierte Kosmos

Die explosionsartige Ausbreitung nach dem Urknall: Viatcheslav Mukhanov, Professor für Theoretische Physik, entwickelt Konzepte dafür, wie sich das Weltall entwickelt haben könnte und welche Geheimnisse Schwarze Löcher und Dunkle Energie umgeben.

Von Alexander Stirn



Der Weg aus der Nische

Die LMU-Chemikerin Sonja Herres-Pawlis entwickelt neuartige Katalysatoren, mit denen sich biologisch abbaubare Kunststoffe aus nachwachsenden Rohstoffen effizienter und umweltfreundlicher herstellen lassen.

Von Monika Gödde



Die Entwicklung der Eskalation

Die Veranlagung, die Verhältnisse: Norbert Nedopil, Professor für Forensische Psychiatrie an der LMU, ist einer der angesehensten Gerichtssachverständigen Deutschlands. Er ergründet die Genese der Gewalt.

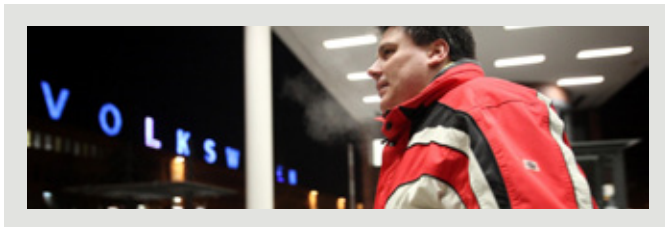
Interview: Martin Thureau

Unterhaltung mit: Till Roenneberg

„Der soziale Jetlag macht krank“

Sind sie müde? Vielleicht stehen Sie viel früher auf, als es für Ihren Chronotyp gesund ist. Jeder Mensch hat ein ideales Schlafenster, weiß Till Roenneberg, ein Experte für die innere Uhr. Doch ob Schule oder Beruf – die Gesellschaft trägt dem wenig Rechnung.

Interview: Kolja Kröger



Arbeiten, wenn andere schlafen: Schichtbeginn bei VW in Baunatal

Herr Roenneberg, Sie nennen den Wecker ein „widerliches Gerät“. Kommen Sie so schwer aus dem Bett?

Roenneberg: Ich weiß gar nicht, wo ich bin, wenn mich der Wecker aus dem Schlaf reißt. Steht dann die Teedose in der Küche nicht an ihrem Platz, bin ich aufgeschmissen. Ohne Wecker ist es ein Kinderspiel. Heute geht das, denn unsere Kinder müssen nicht mehr in die Schule. Ich schlafe im Alltag gegen eins oder halb zwei ein und wache acht Stunden später wieder auf. Dann kann ich sogar ohne Probleme 16 Stunden konzentriert durcharbeiten. Früher hatte ich tagsüber immer Durchhänger.

Was ist Ihr Geheimnis?

Roenneberg: Ganz einfach: Wenn man in dem Zeitfenster schlafen kann, das einem die innere Uhr vorgibt, ist der Schlaf am effektivsten. Das hat die Evolution nicht umsonst erfunden. Unser ganzer Körper unterliegt einem Tagesrhythmus: der Zellstoffwechsel, das Immunsystem, sogar die geistige Leistungsfähigkeit. Ein Drittel unserer Gene wird in den verschiedenen Organen unseres Körpers nur zu bestimmten Zeiten aktiviert.

Wenn ich diese Uhr aus dem Takt bringe, bringe ich auch das System durcheinander?

Roenneberg: Genau. Wir kennen das: Wenn wir nicht schlafen, kommt der Schnupfen. Das System ist geschwächt und anfälliger für alle feindlichen Attacken, bis hin zu Krebs.

Die meisten Europäer würden lieber später aufstehen, wenn sie nicht zur Arbeit müssten.

Roenneberg: Mehr als zwei Drittel der Mitteleuropäer sind eher spätere Chronotypen. Das ist genetisch bedingt, liegt aber auch

darin, dass wir uns nur noch drinnen aufhalten und so unsere innere Uhr zu wenig Licht bekommt. Das heißt, ihre Schlafmitte – ihre innere Mitternacht – liegt in den frühen Morgenstunden. An Arbeitstagen, auch in der Schule, bekommen sie daher zu wenig Schlaf. Die innere Uhr macht das Schlafenster erst spät auf, aber der Wecker schlägt es zu früh wieder zu. Dieser chronische soziale Jetlag ist ein schweres Problem, vor allem bei Schichtarbeitern.

Woher holt sich die innere Uhr ihren idealen Rhythmus?

Roenneberg: Unser innerer Tag dauert bei den meisten länger als 24 Stunden – also pendelt der Körper sich auf die Sonne ein. Ein winziges Nervenknäuel registriert den Wechsel von Tag und Nacht und meldet ihn an die anderen Zellen. Dieser suprachiasmatische Nucleus sitzt hinter der Nase über der Kreuzung unserer Sehnerven.

Welche Rolle spielen die Gene? Sie haben kürzlich ein Gen identifiziert, das unsere Schlafdauer regelt.

Roenneberg: Das ist vor allem das Verdienst meiner Mitarbeiterin Karla Allebrandt. Wir haben das Schlafbedürfnis von etwa 4000 Menschen von Estland bis Südtirol mit einer großen Genom-Datenbank verglichen. Da zeigte sich: Die Varianten des DNA-Abschnitts ABCC9 korrelieren eindeutig damit, ob jemand an freien Tagen länger oder kürzer schläft. Verschiedene Varianten dieses Gens können da bis zu einer halben Stunde ausmachen. Das Gen muss also mit Schlaf zusammenhängen.

Warum sind Sie sich so sicher?

Roenneberg: Die Taufliege *Drosophila* hat dieses Gen auch. Dort haben wir es ausgeschaltet, und plötzlich kamen die Fliegen nachts nicht zur Ruhe. Wir gingen gewissermaßen ein paar Milliarden Jahre in der Evolution zurück, zum gemeinsamen Vorfahren, und dann den Stammbaum wieder hinauf zur Fliege.

Dieses Gen ist also die Ursache dafür, dass Sie morgens hilflos durch die Wohnung tapsen!

Roenneberg: So einfach ist das nicht. ABCC9 führt uns nicht direkt zum Chronotyp. Wann wir am besten schlafen, unsere Schlafmitte, ist eigentlich unabhängig vom Schlafbedürfnis.

„Der soziale Jetlag macht krank“

Unter den Menschen, die früh ins Bett gehen, gibt es nämlich genauso viel Lang- und Kurzschläfer wie im „späten“ Teil der Bevölkerung. Aber: Die Kurzschläfer haben im Alltag weniger Probleme. Sie können später ins Bett und wachen trotzdem vor dem Wecker auf.

Das Schlafdauer-Gen ABCC9 spielt anscheinend eine Rolle bei Fettleibigkeit. Welche?

Roenneberg: Ein chronisches Schlafdefizit schwächt die Regulation des Energiehaushalts. Je größer dieses Defizit, desto größer ist die Wahrscheinlichkeit, dass man fettleibig wird. Dass dieses Gen mit dem Energiehaushalt zu tun hat, ist bereits bekannt; auch dass Schlaf und Stoffwechsel zusammenhängen. Jetzt haben wir mit ABCC9 eine genetische Brücke zwischen diesen Phänomenen entdeckt.

Wer schlecht schläft, wird dick?

Roenneberg: Nur Leute, die ohnehin schon pummeliger veranlagt sind. Die dünne Fraktion der Bevölkerung reagiert nicht mit Gewichtszunahme auf den sozialen Jetlag. ABCC9 ist also nicht direkt mit Fettleibigkeit verknüpft. Das ist kein Wunder, denn sowohl am Schlaf, als auch am Stoffwechsel sind sehr viele Gene beteiligt.

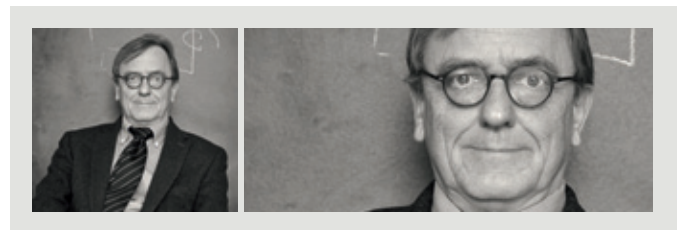
Frühaufsteher gelten als fleißiger.

Roenneberg: Das sind Vorurteile. Spättypen sind nicht fauler, Frühtypen nicht fleißiger oder intelligenter – auch wenn sie bessere Schüler sind. Frühtypen haben sogar bessere Abiturnoten. Sie können eben ihre kognitive Leistungsfähigkeit besser abrufen, wenn die Schule um acht beginnt. Bei Studenten, die

meist später aufstehen, gibt es dann gar keinen Zusammenhang mehr zwischen Chronotyp und Examensnote.

Viele Eltern verzweifeln an ihren jugendlichen Kindern, die abends ewig aufbleiben und morgens nicht in Tritt kommen. Was können sie tun?

Roenneberg: Es ist völlig normal, dass Jugendliche durch ihre innere Uhr morgens später dran sind als Opas oder Kinder. In diesem Alter verschiebt sich die innere Uhr nach hinten, und sie müssen ihr Schlafdefizit an freien Tagen aufholen. Lassen Sie also Ihr Kind am Wochenende ausschlafen. Aber: Bestehen Sie darauf, dass die Vorhänge offen bleiben. Denn Tageslicht am Vormittag verkürzt unseren Innentag, die Schlafmitte, der Chronotyp, verschiebt sich nach vorne. Nutzen Sie also aus, wie alle Säugetiere – und der Mensch ist schließlich eines – ihre innere Uhr synchronisieren. ■



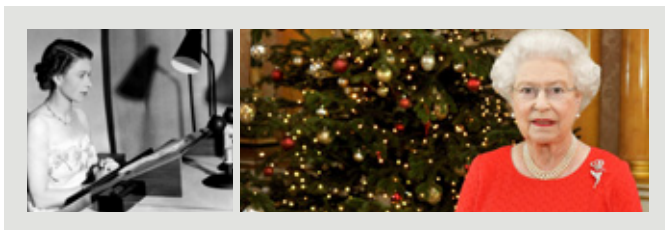
Prof. Dr. Till Roenneberg, Jahrgang 1953, ist kommissarischer Vorstand des Instituts für Medizinische Psychologie der LMU. Als Chronobiologe erforschte er in Harvard und heute München die innere Uhr von Menschen und Einzellern. Wie sie funktioniert, erklärt er auch in dem Buch „Wie wir ticken“, das bei DuMont erschienen ist.



Soundcheck

Der Phonetiker Jonathan Harrington vermisst mit naturwissenschaftlichen Methoden, auf welche Weise Menschen Laute formen und sie wahrnehmen. Das bringt ihn auf Erklärungen dafür, wie sich die Sprache im Laufe der Zeit verändert.

von Maximilian G. Burkhart



Weihnachten mit der Queen 1953, 2011: im Tonfall heute volksnäher

„Spricht die Queen Cockney?“, titelt der berühmte englische Boulevard Weihnachten 2006 – eine für Briten unerhörte Schlagzeile. Das seit sechzig Jahren unangefochten regierende Oberhaupt des Commonwealth soll einen Arbeiterakzent haben? Urheber des Rauschens im Blätterwald, das alle wichtigen englischen Medien wie die *Times* und die BBC erfasste, ist ein Forscher, der britischer nicht sein könnte: freundlich, witzig und voller „understatement“. Was ist da passiert?

Aus dem Südosten Englands stammt Jonathan Harrington, einige Vorfahren waren deutsch. Doch nach dem Studium im renommierten Cambridge zieht es den Sprachwissenschaftler zunächst nach Australien. Dort beginnt er über ein Thema zu forschen, das Generationen von Philologen an ihr Grundstudium denken lässt: den Lautwandel. Nach dem Schema „biegen, biuge, bouc, bugen, gebogen“ werden im Mittelhochdeutschen die starken Verben der zweiten Ablautreihe gebildet, sie leitet sich vom Althochdeutschen „biogan, biugu, boug, bugum, gibogan“ ab. Der Lateinunterricht lässt grüßen! Doch hinter diesen banalen Verbereihen verbirgt sich eine ungemein spannende Frage, die dem Europäischen Forschungsrat einen mit 2,5 Millionen Euro dotierten ERC Grant wert ist: Wie verändert sich Sprache im Laufe der Zeit und warum?

Ganze Generationen von Philologen haben sich in den letzten zwei Jahrhunderten an dieser Frage abgearbeitet, Jonathan Harrington aber geht einen ganz neuen Weg. Der Professor für Phonetik und digitale Sprachverarbeitung an der LMU will den Lautwandel mit naturwissenschaftlichen Methoden erforschen. Mit Hilfe von Apparaten vermisst er die verschiedenen Prozesse der Sprachproduktion und der Wahrnehmung gesprochener Sprache. Der entscheidende Vorteil: Seine Theorien lassen sich

mit Hilfe empirisch gewonnener Daten verifizieren – oder eben falsifizieren.

Lautwandel ist ein sehr langsamer Prozess. Ein signifikanter Wechsel in den einzelnen Vokalen, zum Beispiel vom althochdeutschen „bugum“ zum mittelhochdeutschen „bugen“ zum neuhochdeutschen „bogen“ (des Verbes „biegen“), braucht in der Regel Jahrhunderte. Harringtons Idee ist nun, einen vermuteten Zusammenhang zwischen Sprachevolution und Spracherwerb in der gesprochenen Sprache empirisch zu untersuchen: Fehler, die Kinder sowohl beim Aussprechen als auch beim Hören machen, manifestieren sich in der Alltagssprache. Spuren dieses Prozesses lassen sich auch anhand eines einzigen Sprechers untersuchen. Dazu braucht Harrington einen Sprecher, der aus einem Gebiet kommt, in dem bekanntermaßen ein Lautwandel stattgefunden hat und dessen Reden über einen langen Zeitraum aufgezeichnet wurden. Da gibt es nicht allzu viele.

Grünes Licht aus dem Buckingham Palace

Aus Forschungsberichten war bekannt, dass es im Englischen in den letzten 50 Jahren zu einer Lautverschiebung gekommen ist. So sind Harrington schnell die Weihnachtsansprachen der Queen eingefallen, die traditionell alljährlich von der BBC aufgezeichnet werden und im Archiv verfügbar sind. Harrington hat allerdings nicht wirklich damit gerechnet, die Erlaubnis zur phonetischen Nutzung zu bekommen. Doch schon drei Wochen nach der Anfrage kommt aus dem Buckingham Palace grünes Licht.

Zunächst isoliert der Phonetiker Vokale aus den aufgezeichneten Ansprachen und prüft sie akustisch. Ihn interessiert besonders das „u“. Im aristokratischen Vorkriegs-England wurde der Satz *Lucy threw the ballon to Sue* mit lauter *u* ausgesprochen. Heute hört er sich eher so an: *Lücy thrü the ballün to Sü*. Das *u* hat sich Richtung *ü* verschoben. Dann vergleicht Harrington die Vokale der jungen Queen mit denjenigen der heutigen Queen und mit Vokalen zeitgenössischer Nachrichtensprecherinnen. Das Ergebnis: Die Sprache der heutigen Queen ähnelt mehr der Sprache der Nachrichtensprecherin als der Queen in jungen Jahren. Die Queen hat also die Lautverschiebung mitgemacht, sie hört sich heute nicht mehr so aristokratisch an. „Ihre Aussprache ist volksnäher geworden“, erklärt Harrington. Spricht die Queen also Cockney? „Die Schlagzeile ist natürlich Unsinn“, sagt der Phonetiker, aber

Soundcheck

der Lautwandel der Queen liefert wichtige Hinweise, um die Sprachentwicklung zu verstehen.

Lautwandel ist nicht nur langsam, sondern geschieht auch unbewusst und unkontrolliert. Und er ist sehr kontextabhängig. Zum einen unterliegt er dem Kontext der Sprecher. Dass die Queen heute weniger aristokratisch klingt, liegt sicher auch am gesellschaftlichen Wandel im 20. Jahrhundert, erklärt Harrington. Gemeint ist zum anderen aber auch der Kontext des jeweiligen Vokals: „Nimmt man zum Beispiel das *a* im deutschen Wort *Mann*, so stellen die meisten Hörer fest: Das *a* in *Mann* ist derselbe Laut wie das *a* in *Pfad*. Jedoch handelt es sich akustisch um völlig verschiedene Laute: in dem *a* in *Mann* senkt sich im Gegensatz zum *a* in *Pfad* das Gaumensegel, so dass ein Teil der Luft durch die Nase entweicht. Das *a* in *Mann* ist nasalisiert schon aufgrund des zeitlichen Bewegungsablaufes des Sprechapparats, also von Lippen, Zunge und Gaumensegel, beim Aussprechen. Harrington ist sich da vollkommen sicher, denn er verlässt sich bei der Aussage nicht auf seine Ohren, sondern auf den Artikulographen. Der Apparat misst mittels Ultraschall, einem magnetischen Feld und durch Sensoren auf Zunge, Lippen und Kiefer die exakten Bewegungen des Sprechapparats bei der Bildung von Lauten. Gleichzeitig unterzieht Harrington seine Probanden Wahrnehmungstests.

Wir hören das nasalisierte *a* in *Mann* nicht, erklärt Harrington, weil wir gelernt haben, dass die Nasalisierung nicht Bestandteil des Vokals ist, sondern aufgrund der Nasal-Konsonanten zustandekommt. Wir subtrahieren also die Nasalisierung vom Vokal, und dadurch hören wir meistens nicht den Unterschied zwischen den *a*-Lauten in *Mann* und *Pfad*, obwohl die Vokale akustisch ganz unterschiedlich sind. Oder, etwas abstrakter: „Wie kann man überhaupt noch verstehen, angesichts der unendlich vielen Laute? Bedenkt man die Vielfalt an Lauten, die zusätzlich nach Alter, Geschlecht, Dialekt, sozialem Stand oder anderen Einflussgrößen differieren, versteht man leicht die Schwierigkeiten von Spracherkennungs-Software. Anders als der Computer schafft es das menschliche Hirn, unterschiedliche akustische Stimuli, zum Beispiel die beiden *a*-Laute im Kontext von *Mann* und *Pfad* als dieselben wahrzunehmen. „Es rechnet die zeitlichen Überlappungen der Nasallaute *m* und *n* mit dem *a* quasi raus“, erläutert Harrington, „und deswegen wird auch das *a* in *Mann* und *Pfad* als gleicher Laut erkannt, obwohl es sich einmal um einen nasalen Laut handelt und das andere Mal um einen oralen.“

Sprechen ist also ein sehr komplexer Prozess – und Verstehen ebenfalls. Kein Wunder, dass es da schnell zu Fehlern kommt.

Und genau diese Fehler, das vermutet Jonathan Harrington, sind die Ursache für den Lautwandel und damit für die Entwicklung von Sprache. *Manus*, das lateinische Wort für *Hand*, hat trotz seiner nasalen Umgebung ein orales *a*. Doch irgendwann haben die Sprecher diesen Kontext einfach vergessen. „Sie haben ihn nicht mehr perceptiv gefiltert“, erklärt Harrington. Und weil die Lautorgane träge sind und Laute daher gerne verschleifen, wurde aus *manus* das französische *main*, das *a* wurde nasalisiert und das *n* am Wortende nicht mehr artikuliert. Daraus allerdings die These abzuleiten, dass jedes *a* in der Umgebung eines Nasals wie *m* oder *n* nasalisiert wird, wäre falsch. Denn dann müsste die Form der Variabilität in allen Sprachen gleich sein – und das ist sie nicht, erklärt Harrington.

Forschung an der Fehlerquelle

Lautwandel geschieht zum Teil willkürlich, zum Teil wird er durch den Umgang mit anderen Sprechern und Fremdsprachen gesteuert. Der Lautwandel ist organisch und kognitiv bestimmt und nicht vorhersagbar, betont Harrington, aber er unterliegt beschreibbaren Gesetzen. Um diese Prozesse zu verstehen, forscht Harrington gewissermaßen direkt an der Fehlerquelle, beim kindlichen Spracherwerb. „Kinder müssen das Kompensieren erst erlernen. Deswegen sind die Lautüberlappungen bei Kindern viel größer als bei Erwachsenen – und zwar so viel größer, dass sie perceptiv nicht gefiltert werden können, einfach weil Sprache unendlich variabel ist.“ Eine Quelle des Lautwandels vermutet Harrington daher im Spracherwerb. Wir können Sprache nur erlernen, weil wir diese Fehler machen. Aber deswegen ändert sie sich auch. ■

Prof. Dr. Jonathan Harrington ist Inhaber des Lehrstuhls für Phonetik und digitale Sprachverarbeitung sowie Direktor des Instituts für Phonetik und Sprachverarbeitung an der LMU. Harrington, Jahrgang 1958, studierte am Downing College der University of Cambridge, wo er 1986 im Fachgebiet Linguistik auch promovierte. Er lehrte und forschte an der University of Edinburgh und an der Macquarie University in Sydney, Australien. 2002 übernahm er den Lehrstuhl für Phonetik und digitale Sprachverarbeitung an der Universität Kiel, bevor er 2006 nach München wechselte. Ende 2011 wurde Harrington mit einem Advanced Investigators Grant des Europäischen Forschungsrates (ERC) ausgezeichnet.



Soundcheck

Komplizierte Konsonanten

Das Wesen des Zungenbrechers

von Maximilian G. Burkhart

„Fischers Fritze fischt frische Fische. Wiederholen Sie den Satz und werden dabei bitte immer schneller.“ So ungefähr darf man sich die Forschung von Marianne Pouplier vorstellen. Wie Jonathan Harrington arbeitet die frisch habilitierte Phonetikerin am Institut für Phonetik und Sprachverarbeitung an der LMU und untersucht Lautwandel mit naturwissenschaftlichen Methoden. Auch sie hat einen ERC-Grant als Förderung und Anerkennung ihrer Leistungen erhalten – und zwar den Starting Grant für Nachwuchswissenschaftler. Die beiden Phonetiker erforschen das gleiche Gebiet, aber unterschiedliche Aspekte. Pouplier interessiert sich für „Zungenbrecher“. Oder genauer: für Wörter, die anscheinend schwer auszusprechen sind.

„Die sprachliche Vielfalt ist nahezu unendlich“, sagt Marianne Pouplier, „und doch gibt es Strukturen, die in fast allen Sprachen gültig sind. Aber halt nicht in allen!“ Wörter bestehen aus einer Abfolge von Vokalen und Konsonanten, ist so eine Regel. Ohne Vokale wird es schwierig, sagt Pouplier, denn sie tragen die akustische Wortenergie: „Vokale machen Konsonanten erst hörbar“. Trotzdem gibt es Sprachen, die Wörter ohne Konsonanten kennen, bestimmte Berber-Dialekte zum Beispiel, aber auch zahlreiche slawische Sprachen. Der Name der kroatischen Badeinsel Krk könnte so ein Beispiel sein.

Ein weiteres ist das slowakische Wort *Krb*, was soviel wie Feuerstelle heißt. „Es gibt keinen grammatischen Hinweis, dass es hier einen versteckten Vokal gibt“, erklärt Pouplier. Was aber kennzeichnet einen echten Vokal und einen echten Konsonanten? Eine Antwort könnte auch hier das Labor liefern. „Betrachtet man das akustische Signal, dann sieht man, dass die akustische Energie aussieht wie ein Vokal. Sie steckt aber *zwischen* den ersten beiden Konsonanten – in der Lücke!“ Sprossvokal heißt das Phänomen und es resultiert daraus, dass im Slowakischen Konsonanten im Sprachfluss stärker auseinander gestellt werden. Inwieweit dieses Phänomen hilft, die Existenz vokalloser Wörter zu erklären, ist eine der Fragen, denen sie in ihrem Projekt nachgeht.

Warum aber machen sich Menschen überhaupt die Mühe, Wörter ohne Vokale – die für uns wie Zungenbrecher wirken

mögen – auszusprechen? Und sind diese schwierigen Kombinationen dann stärker vom Lautwandel betroffen, gerade weil sie vermeintlich schwer auszusprechen sind? Marianne Pouplier glaubt das nicht. Denn *Krb* ist ja schließlich nur ein Zungenbrecher für Menschen, die kein Slowakisch können. Erwachsenen Slowaken, das zeigen die Untersuchungen von Pouplier, kommt das Wort flüssig von den Lippen. Und deswegen, vermutet Pouplier, sind diese Verbindungen auch nicht weniger stabil oder besonders anfällig für Lautwandel. Vokallose Wörter und andere komplexe Lautstrukturen entstehen durch sprachhistorische Prozesse und halten sich, einfach weil die Sprecher gelernt haben, sie als Teil ihrer Alltagssprache auszusprechen.

Wie ihr Kollege Harrington hält auch Pouplier nicht viel davon, Theorien aufzustellen, ohne sie experimentell zu überprüfen. Also bittet sie zum Beispiel Russen ins Labor. Denn im Russischen ist die Lautkombination *bla* wie im Deutschen häufig anzutreffen. Anders als im Deutschen gibt es allerdings auch – deutlich seltener – die Kombination *lba*. Aufgrund der Seltenheit von *lb*- in den Sprachen der Welt vermutet man, dass *lb*-inhärent schwieriger ist als *bl*-. Worin genau die Schwierigkeit besteht, ist Gegenstand kontroverser Debatten. Pouplier versucht dieser Frage nun experimentell auf den Grund zu gehen. Die Folgen dieser Experimente sind weitreichend, denn sie berühren einen Jahrhunderte alten Streit. Gibt es in der Sprache Universalien, also Strukturen, die allen Sprachen gemeinsam sind? Zum Beispiel, dass Wörter aus Konsonanten und Vokalen gebildet werden? Das Gewicht der Historie beeindruckt die Phonetikerin nicht wirklich: „Nun ja, es gibt wohl diese Universalien, aber sie gelten halt nicht uneingeschränkt.“ ■

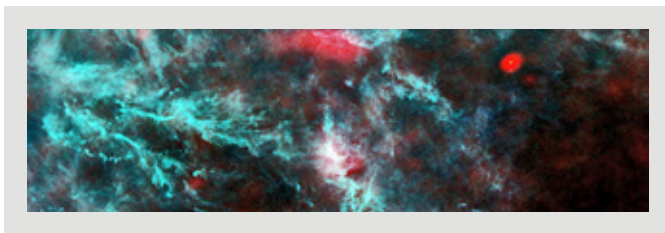
Dr. phil. habil. Marianne Pouplier ist wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Phonetik und Sprachverarbeitung der LMU. Pouplier, Jahrgang 1971, studierte Deutsch und Englisch an der Universität Freiburg und legte 1998 das Erste Staatsexamen für das Lehramt an Gymnasien ab. Zwischen 1999 und 2003 war sie wissenschaftliche Mitarbeiterin der Haskins Laboratories (USA). Im Jahr 2003 promovierte sie an der Yale University im Fach Linguistik, danach forschte sie an der University of Maryland und der University of Edinburgh. Seit 2007 leitet sie eine Nachwuchsgruppe an der LMU, die die Deutsche Forschungsgemeinschaft aus dem Emmy-Noether-Programm fördert. 2011 zeichnete der Europäische Forschungsrat (ERC) sie mit einem Starting Grant aus. Im Jahr 2012 habilitierte sich Marianne Pouplier.



Der kalkulierte Kosmos

Die explosionsartige Ausbreitung nach dem Urknall: Viatcheslav Mukhanov, Professor für Theoretische Physik, entwickelt Konzepte dafür, wie sich das Weltall entwickelt haben könnte und welche Geheimnisse Schwarze Löcher und Dunkle Energie umgeben.

Von Alexander Stirn



Details im Sternbild Perseus, wie Planck sie sieht – der Satellit, der auch die kosmische Hintergrundstrahlung genauestens untersucht.

Wer die großen Zusammenhänge verstehen will, sollte sich stets auch einen Blick für die Details bewahren. Keiner dürfte das besser wissen als Viatcheslav Mukhanov. Der gebürtige Russe, der seit 15 Jahren in München lebt und forscht, will die ganz großen Zusammenhänge verstehen. Er will ergründen, welches Geheimnis hinter Galaxien, Schwarzen Löchern, ja dem gesamten Universum steckt. Und er hat erkannt, dass er dafür besonders genau hinschauen muss – bis hinein ins Reich der Quanten und Elementarteilchen, in eine Welt, die man nicht sehen, sondern nur durch Formeln erfassen kann.

Viatcheslav Mukhanov ist Kosmologe, genauer gesagt ein Vertreter der Theoretischen Quantenkosmologie. Im Mittelpunkt seiner Arbeit stehen Gleichungen und komplizierte Kalkulationen. Mit ihrer Hilfe will er erklären, wie das Weltall entstanden ist, warum es sich heute auf einmal wieder ausdehnt, welche Rolle Schwarze Löcher bei all dem spielen und was es mit der mysteriösen Dunklen Energie auf sich hat. Gerade ist Mukhanov, Lehrstuhlinhaber am Arnold Sommerfeld Center für Theoretische Physik der LMU, dafür mit dem Wissenschaftspreis „Chaire Blaise Pascal“ ausgezeichnet worden – der höchsten Ehre, die Frankreich an ausländische Forscher zu vergeben hat.

Er tritt damit in die Fußstapfen zahlreicher Nobelpreisträger, doch das ist für Mukhanov nichts Neues: Als er in den 70er Jahren mit seinem Studium am Moskauer Institut für Physik und Technologie begann, gehörten Andrei Sakharov und Yakov Zel'dovich zu seinen Lehrern. Sakharov, der spätere Friedensnobelpreisträger, hatte einst die sowjetische Wasserstoffbombe entwickelt, Zel'dovich die Atombombe. In den Siebzigern begannen die beiden, der Kosmologie ihren Stempel aufzudrücken. Seine Doktorarbeit

schrieb Mukhanov beim Physik-Nobelpreisträger Vitaly Ginzburg – für ihn eine einschneidende Begegnung: „Ich kann nicht sagen, von wem ich am meisten gelernt habe, aber Ginzburg hat mich natürlich geprägt.“

Es war eine spannende Zeit in der Kosmologie, aber auch eine, wie Mukhanov sagt, „sehr spekulative“: Gerade fingen die Forscher an, die ersten Sekundenbruchteile im Leben des Universums besser zu verstehen. Dabei stießen sie allerdings auf ein Problem: Die damals gängigen Vorstellungen vom Urknall und den Momenten danach stimmten nicht mit dem tatsächlichen Bild des Weltalls überein. Statt eines Universums mit mehr oder weniger gleichmäßig verteilten Galaxien hätte eine deutlich inhomogenere Welt entstehen müssen. Es war absolut unklar, wie es zu den großmassigen Strukturen im Universum gekommen war. Irgendetwas war passiert.

Warten auf Planck

Mukhanov, der junge Moskauer Doktorand, fand die Lösung. Seine Idee: Da sich gemäß der Heisenbergschen Unschärferelation Ort und Impuls eines Teilchens nicht exakt angeben lassen, müssen auch Quanten, die kleinsten Portionen einer physikalischen Größe, einer gewissen Fluktuation unterliegen. Diese Schwankungen sind allerdings viel zu klein, um im kosmischen Maßstab ihre Spuren zu hinterlassen. Mukhanov schloss daraus, dass sich das Weltall kurz nach dem Anfang extrem schnell beschleunigt und ausgedehnt haben muss – um einen Faktor von etwa 10^{50} , eine Eins mit 50 Nullen. Die winzigen Fluktuationen wurden stark aufgeblasen. Sie verwandelten sich in Dichteschwankungen und damit unterschiedliche Materiekonzentrationen. Aus den besonders dicht gepackten entstanden schließlich die großmassigen Strukturen im Universum.

Schnell wurde dieser Vorgang als „kosmische Inflation“ bekannt – ein Konzept, das Mukhanov während seiner ganzen Karriere nicht mehr loslassen sollte.

Dabei war die beschleunigte, explosionsartige Expansion ursprünglich nur eine Idee, eine gut begründete und in sinnvolle Formeln gepackte Theorie. Dreißeig Jahre später ist sie allerdings auch experimentell bewiesen: Als sich das Universum ausdehnte, brannten sich die Fluktuationen in die Strahlung ein, die das junge

Der kalkulierte Kosmos

Weltall aussandte. Heute kann diese Botschaft aus der Vergangenheit als langwellige, über das gesamte Weltall verteilte Mikrowellenstrahlung aufgefangen werden. Dieses Strahlungsmuster „ist im Prinzip eine direkte Fotografie des frühen Universums“, sagt Viatcheslav Mukhanov. Das Muster, die Verteilung der Störungen, stimmt dabei zu 99,9 Prozent mit den Vorhersagen überein, die der Russe 1981 gemacht hat. Wenn in einigen Monaten die Aufnahmen des europäischen „Planck“-Satelliten ausgewertet sind, der die Hintergrundstrahlung nochmals 500-fach genauer untersucht hat, dürfte die Übereinstimmung abermals deutlich steigen. „Physik muss die Natur beschreiben, sie darf keine abstrakte Theorie bleiben“, sagt Mukhanov. Deshalb sei es auch so wichtig, dass Theorien überprüft werden können. „Nicht jeder Theoretiker hat diese Chance, aber wenn die Voraussagen – wie bei den Quantenfluktuationen – mit dem Experiment übereinstimmen, ist das natürlich großartig.“

Dennoch sind längst nicht alle Rätsel der Inflation gelöst. Mukhanovs Theorie setzt unter anderem ein hypothetisches Elementarteilchen voraus, dessen Existenz selbst mit den weltbesten Beschleunigern niemals bewiesen werden kann. „Ein detailliertes Bild der Vorgänge während der Expansion fehlt noch immer“, räumt der Kosmologe ein. „Für die experimentellen Vorhersagen brauchen wir das aber auch nicht. Dafür reicht es, eine gut begründete und effiziente Theorie zu haben.“

Für Mukhanov ist es trotzdem eine Frage der Ehre, weiter an seiner Theorie zu arbeiten. In den vergangenen Jahren hat er Modifikationen vorgestellt, sie heißen K-Inflation und Vektor-Inflation. Die Modelle gehen unter anderem davon aus, dass während der kosmischen Inflation die Verteilung der Quanten im jungen, noch nicht expandierten Universum von sogenannten Vektorfeldern dominiert war – von räumlichen Strukturen, die in unterschiedliche Richtungen tendierten. Im großen Maßstab heben sich die gerichteten Felder gegenseitig auf, es entsteht ein gleichförmiges Weltall. Für sich betrachtet, kann jedes einzelne Vektorfeld aber Störungen hervorrufen, die vergleichbar mit den Quanten-

fluktuationen sind – und somit die Grundlage für Sterne und Galaxien bilden. „Noch ist diese Theorie allerdings nicht viel überzeugender als die alten Modelle“, räumt Mukhanov ein.

Auch unabhängig vom Urknall lässt die Expansion des Weltalls den Kosmologen nicht los: Später, in den Jahrmilliarden nach seiner Geburt, hat das Universum dann noch einmal aufs Gas getreten. Forscher sehen als Ursache dafür die sogenannte Dunkle Energie – ein theoretisches Konstrukt, das zwar seine Spuren im Weltall hinterlässt, von dem aber niemand sagen kann, was genau dahinter steckt. „Dunkle Energie klingt magisch und ist es auch. Wir wissen lediglich, dass sie das gesamte Universum dominiert“, sagt Mukhanov. Im Gegensatz zu normaler Energie produziert die dunkle Variante dabei Anti-Gravitation. Sie treibt die Massen im Weltall auseinander, das Universum beschleunigt.

Mysteriöse Phase

„Warum es derzeit eine zweite Phase der beschleunigten Expansion gibt, ist unklar, das ist eine mysteriöse Sache“, sagt Mukhanov. Aber natürlich gibt es Theorien. K-Essenz hat der Russe sein Modell genannt, das er zusammen mit Kollegen entwickelt hat. Es baut auf einer Form der kinetischen Energie auf, die den herkömmlichen Gesetzen der Physik zu widersprechen scheint. Dadurch lassen sich die seltsamen Bewegungen im Universum erklären. „Ich würde nicht sagen, dass die Modelle schön sind, aber sie sind immerhin eine erste Idee“, sagt Mukhanov.

Damit aus einer Idee ein Fakt wird, muss sie allerdings Vorhersagen machen und sich der experimentellen Überprüfung stellen. Im Prinzip ist das bei den aktuellen Expansionsmodellen sogar möglich: Abhängig davon, mit welchen Faktoren Kosmologen die Dunkle Energie erklären, läuft die Ausdehnung schneller oder langsamer ab. Das lässt sich beobachten. „Derzeit ist die Präzision der Messgeräte allerdings noch nicht gut genug, um die Modelle eindeutig zu bestätigen oder zu widerlegen“, sagt Mukhanov. „Davon abgesehen ist es aber auch nicht schlimm, einfach nur mit Ideen zu spielen.“

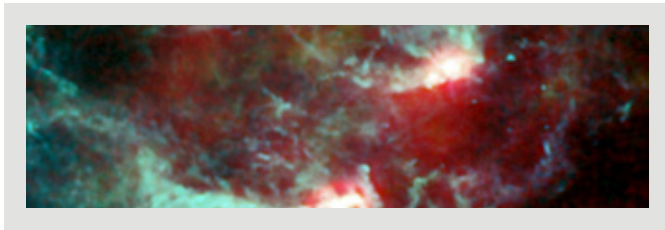
Für den Kosmologen sind Ideen alles, sie sind die Triebfeder jedes wissenschaftlichen Fortschritts. „In der Theoretischen Physik macht man keine Pläne für die Zukunft, man lässt die Dinge auf sich zukommen“, sagt Mukhanov. „Wenn ich morgen eine gute Idee habe, dann verändert das alles.“ Natürlich sei harte Arbeit die notwendige Grundlage, natürlich müsse man ständig an seinen Qualifikationen feilen. Eine Garantie für den Erfolg, für gute Ideen sei das aber nicht. Dazu brauche es mehr: Austausch, Inspiration, vor allem aber Neugier.



„Eine gute Idee verändert alles“, sagt Viatcheslav Mukhanov.



Der kalkulierte Kosmos



Plancks Blick auf den Orion-Nebel

Deshalb setzt Viatcheslav Mukhanov auch große Hoffnungen in den Blaise-Pascal-Lehrstuhl: Ab März geht es für ein Jahr lang als Gastforscher nach Paris – gefördert vom französischen Staat und der Region Île-de-France. Mukhanov plant Stippvisiten an der École normale supérieure, am College de France, am Institut d'Astrophysique. Er möchte mit Kosmologen, String-Theoretikern, Teilchenphysikern zusammenarbeiten. Er will Vorträge halten und Gedanken spinnen. „Im Mittelpunkt steht der Austausch von Ideen – und wer weiß, vielleicht kommen sogar einige interessante Projekte zustande.“

Schwankungen an der Oberfläche

Nicht immer muss dabei die Inflation eine Rolle spielen. Eine der jüngsten Ideen von Viatcheslav Mukhanov beschäftigt sich mit Schwarzen Löchern: Lange haben Wissenschaftler gedacht, dass den kosmischen Materiefressern rein gar nichts entkommen kann. Der britische Physiker Stephen Hawking ist allerdings anderer Meinung. Von ihm stammt die Idee, dass sogar Schwarze Löcher – wenn auch in äußerst geringem Umfang – Strahlung abgeben, hervorgerufen durch Quantenfluktuationen an ihrer Oberfläche. Die Wellenlängen dieser Strahlung sollten sich dabei kontinuierlich über einen weiten Bereich des elektromagnetischen Spektrums erstrecken und damit genau so verteilen, wie es die physikalischen Formeln für eine ideale Wärmequelle vorhersagen.

Viatcheslav Mukhanov ist davon nicht überzeugt. Er hat ebenfalls gerechnet und kommt auf eine etwas andere Idee: Von Planck stammt der Grundsatz, dass alles in der Natur sich quantifizieren und sich also in winzige grundlegende Einheiten zerlegen lässt. Die sogenannte Plancksche Oberfläche ist eine dieser Einheiten;

sie misst lediglich 10^{-66} Quadratzentimeter. Sollte sich die Fläche des Schwarzen Loches rechnerisch in eine Vielzahl dieser Einheiten zerlegen lassen, dann läge Hawking daneben: Statt einer kontinuierlichen Wärmestrahlung würde das Loch Energie nur in Form einzelner Spektrallinien abgeben. Und im Grunde, so schließt auch Mukhanov, liegt die Idee nahe, dass ein Objekt wie ein Schwarzes Loch, das von den Gesetzen der Quantenphysik dominiert wird, auch bei seiner Oberfläche diesen Gesetzen folgt – was eben schlecht für Hawkings Theorie wäre. Allerdings gibt es kaum eine Möglichkeit, dies experimentell zu überprüfen – genauso wenig, wie sich Hawkings Vorhersage widerlegen oder bestätigen lässt. Anderenfalls hätte der Brite, sofern er richtig liegt, höchstwahrscheinlich schon einen Nobelpreis bekommen. Überhaupt, die Preise: Bereits 1988 erhielt Viatcheslav Mukhanov die Goldmedaille der Sowjetischen Akademie der Wissenschaften. 2006 gab es die Oskar-Klein-Medaille, die von der Universität Stockholm und dem Nobelpreis-Komitee vergeben wird. 2009 bekam er den Preis der Thomalla Foundation in der Schweiz. Und Ende vergangenen Jahres kam die „Chaire Blaise Pascal“ dazu. Nur die Nobelpreise für kosmologische Themen sind zuletzt immer an andere gegangen: 2006 an George Smoot und John Mather für die Messung der Fluktuationen im kosmischen Mikrowellenhintergrund, deren Verteilung Mukhanov vorhergesagt hatte. Und vergangenes Jahr an drei US-Forscher für die Entdeckung der beschleunigten Expansion durch Dunkle Energie.

Ist da noch Platz für Viatcheslav Mukhanov? Der Kosmologe lächelt feinsinnig – und gibt eine Antwort, wie sie wohl nur ein Theoretischer Physiker geben kann: „Wir werden sehen, die Chance ist jedenfalls nicht gleich null.“ ■

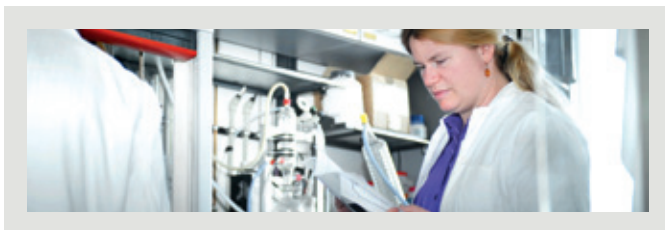
Prof. Dr. Viatcheslav Mukhanov ist seit 1997 Inhaber des Lehrstuhls für Kosmologie an der LMU. Mukhanov, Jahrgang 1956, studierte am Institut für Physik und Technologie in Moskau, wo er auch bei Vitaly Ginzburg promovierte. Er forschte am Institut für Nuklearforschung und am Lebedev-Institut der Russischen Akademie der Wissenschaften, Moskau, sowie zwischen 1992 und 1997 an der ETH Zürich. Ende 2011 wurde er mit der „Chaire Blaise Pascal“ ausgezeichnet.



Der Weg aus der Nische

Die LMU-Chemikerin Sonja Herres-Pawlis entwickelt neuartige Katalysatoren, mit denen sich biologisch abbaubare Kunststoffe aus nachwachsenden Rohstoffen effizienter und umweltfreundlicher herstellen lassen.

Von Monika Gödde



Suche nach „neutralen Systemen“: Sonja Herres-Pawlis

Plastiktüten, CDs, Hightech-Klebstoffe und vieles mehr: Ohne Katalysatoren, die die Moleküle der Rohstoffe zu langen Ketten verbinden, gäbe es diese Produkte nicht. Katalysatoren bringen chemische Reaktionen in Schwung und machen die industrielle Produktion von Kunststoffen überhaupt erst möglich. Allerdings lassen sich die Kunststoff-Materialien nur schwer umweltgerecht entsorgen. Sie belasten die Müllverbrennung und auf Deponien verbleiben sie jahrelang, weil sie meist aus erdölbasierten Grundstoffen bestehen und nur schwer abbaubar sind. Umweltfreundlicher und ressourcenschonender sind kompostierbare Kunststoffe aus nachwachsenden Rohstoffen – und hier setzt die LMU-Chemikerin Sonja Herres-Pawlis an: Sie entwickelt neuartige Katalysatoren für deren Herstellung.

Ringe zu Ketten

Besonders interessiert sich die Nachwuchswissenschaftlerin, die seit November 2011 Professorin für Koordinationschemie an der LMU ist, bei der Konstruktion von Katalysatoren für die Aktivierung kleiner Moleküle wie Sauerstoff, Lactid oder Styrol durch sogenannte Übergangsmetallkomplexe. Und so kam sie auch zu den biologisch abbaubaren Kunststoffen: Die durch Katalysatoren vermittelte Polymerisation von Lactid – einem Abkömmling der Milchsäure – ist die Grundlage für den Biokunststoff Polylactid oder kurz PLA. PLA, das langfristig handelsübliche Kunststoffverpackungen ersetzen könnte, ist kompostierbar und deswegen umweltschonend.

Allerdings hat die bisherige Herstellung von PLA auch Nachteile: Die Katalysatoren, die bislang in der PLA-Herstellung eingesetzt werden, enthalten Zinn – und einige organische Zinnverbindungen sind hochgiftig und umweltbelastend. Zudem war die Herstellung sehr teuer, so dass PLA nur in Nischenanwendungen in Frage kam,

etwa als medizinisches Nahtmaterial. In Zeiten steigender Ölpreise jedoch wird die Verwendung nachwachsender Rohstoffe zunehmend attraktiv. „Deshalb kam ich auf die Idee, ob Katalysatoren mit ungiftigen Guanidin-Zink-Komplexen, die ich entwickelt hatte, nicht auch zur PLA-Herstellung verwendet werden können“, sagt Herres-Pawlis. Die weit verbreitete Meinung, dass dies nicht funktionieren könne, weil die Guanidine elektrisch neutral sind, „hat meinen Widerspruchsgeist geweckt“.

Und tatsächlich: Es funktioniert. Die Guanidine sind trotzdem reaktiv genug, um als Katalysatoren die ringförmigen Lactid-Moleküle zu öffnen, die sich dann zu immer längeren Ketten zusammenschließen können. „Wenn man gezielt sucht, findet man noch mehr neutrale Systeme, die das können“, da ist sich Herres-Pawlis sicher.

Mit ihrer Forschung trägt die Wissenschaftlerin, die 2011 für die Entwicklung der neuen Katalysatorklasse den Innovationspreis des Landes Nordrhein-Westfalen in der Kategorie Nachwuchs erhalten hat, dazu bei, der Vision einer Welt ohne Plastikmüll ein wenig näherzukommen – was längst nicht nur im Jahr der Nachhaltigkeit 2012 ein wichtiger Beitrag zum Schutz der natürlichen Ressourcen ist.

Guanidin-Katalysatoren haben für die industrielle Produktion von PLA noch weitere entscheidende Vorteile: Sie sind unempfindlich gegenüber Luftfeuchtigkeit und Verunreinigungen im Lactid, und sie können wegen ihrer Unschädlichkeit im Polymer bleiben – teure Reinigungsprozesse sind daher nicht nötig. Diese Robustheit könnte in Zukunft die Produktion biologisch abbaubarer Polymere aus nachwachsenden Rohstoffen wirtschaftlicher machen. Damit könnten Polylactide herkömmliche Kunststoffe für viele Anwendungen ersetzen.

Noch allerdings ist es nicht so weit: „Bis unsere Resultate aus dem Labor im Industriemaßstab umgesetzt werden können, wird es noch dauern“, betont die Forscherin. Kooperationen mit der Fraunhofer-Gesellschaft und der chemischen Industrie sollen dafür den Weg bereiten.

Herres-Pawlis selbst konzentriert sich auf die Grundlagenforschung und untersucht, mit welchen Faktoren sich Polymerisationen

Der Weg aus der Nische

steuern lassen. Dabei beschränkt sie sich nicht auf biologisch abbaubare Kunststoffe, sondern forscht unter anderem auch an besseren Katalysatoren für ein modernes Verfahren, das mit dem Kürzel ATRP benannt ist. Bei dieser Methode lässt sich eine spezielle Variante von Polymerisationen so gut beherrschen, dass die Kettenlänge des entstehenden Moleküls exakt gesteuert werden kann. Die so produzierten – konventionellen – Polymere können zu verschiedensten Zwecken verwendet werden, beispielsweise für Anwendungen in der „Lab on a Chip“-Produktion, als Superabsorber oder als Hochleistungs-Klebstoffe, wie sie etwa im Flugzeugbau eingesetzt werden.

Dem natürlichen Eiweiß nachempfunden

In anderen Projekten arbeitet Sonja Herres-Pawlis an Metallkomplexen, die als Katalysator für Oxidationsreaktionen wirken. Vor allem interessieren die Expertin für Bioanorganische Chemie solche Moleküle, die in lebenden Organismen an zentraler Stelle im Stoffwechsel ihr Werk verrichten. So setzt sie mit einer interdisziplinären Wissenschaftlergruppe, die von der Deutschen Forschungsgemeinschaft finanziert wird, beispielsweise an den Eigenschaften der kupferhaltigen Tyrosinase an. Dieses Enzym oxidiert die Aminosäure Tyrosin, ein wichtiger Schritt bei der Bildung des Hautpigments Melanin.

Herres-Pawlis untersucht dabei sogenannte biomimetische Kupferkomplexe, die dem Enzym Tyrosinase nachempfunden sind. In Kooperation mit Hamburger Wissenschaftlern analysiert sie die Strukturen und Eigenschaften der Moleküle in detail. Am Ende will sie herausbekommen, wie die Komplexe die selektive Übertragung von Sauerstoff meistern. Langfristig will Herres-Pawlis dieses Prinzip auf optisch schaltbare Katalysatoren übertragen. „Sie wären ein molekulares Vielzweckwerkzeug, das für zahlreiche Anwendungen einsetzbar wäre, beispielsweise für die Synthese von Vitaminen oder für verschiedenste Polymerisationen“, prognostiziert die Chemikerin. ■

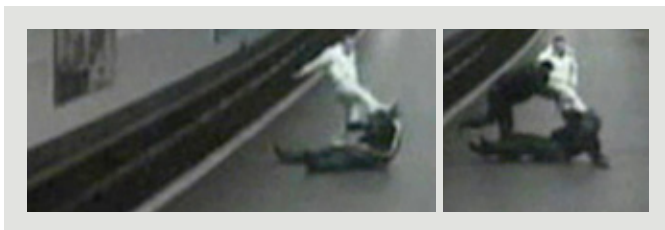
Prof. Dr. Sonja Herres-Pawlis ist seit Ende 2011 Professorin für Koordinationschemie an der LMU. Herres-Pawlis, Jahrgang 1979, studierte Chemie an der Universität Paderborn, wo sie 2005 auch promovierte. Nach ihrer Zeit als Postdoktorandin an der Stanford University (USA) kehrte sie nach Paderborn zurück, wo sie eine eigene Nachwuchsgruppe leitete. 2009 wechselte sie an die Technische Universität Dortmund, ausgezeichnet mit einem Liebig-Stipendium des Fonds der Chemischen Industrie. 2011 bekam sie den Innovationspreis des Landes Nordrhein-Westfalen in der Kategorie Nachwuchs.



Die Entwicklung der Eskalation

Die Veranlagung, die Verhältnisse: Norbert Nedopil, Professor für Forensische Psychiatrie an der LMU, ist einer der angesehensten Gerichtssachverständigen Deutschlands. Er ergründet die Genese der Gewalt.

Interview: Martin Thureau



Tatort U-Bahn: An der Berliner Blissestraße fielen 2008 zwei junge Männer über einen 19-Jährigen her.

Die groben Fakten sind bekannt: Im September 2009 treten zwei junge Männer den Unternehmer Dominik Brunner am Münchner S-Bahnhof Solln in den Tod. Wie kein anderer hat dieser Fall eine Diskussion über jugendliche Gewalt entfesselt: Wie kann es zu einem solchen Ausbruch der Gewalt kommen? Solche Täter seien, so haben Sie erklärt, „ohne Chancen, von der Zeugung an“.

Nedopil: Ja, manche Jugendliche wachsen in ein Milieu hinein, für dessen Anfechtungen sie schon durch eine genetische Belastung verletzlich sind. Lassen Sie mich einen Fall konstruieren: Stellen Sie sich eine Mutter aus einem sozial randständigen Milieu vor; sie lernt mit großer Wahrscheinlichkeit einen Mann kennen, der unter ähnlichen Bedingungen lebt. Häufig haben beide Alkohol- oder Drogenprobleme. An ihre Kinder geben sie womöglich bestimmte Persönlichkeitsmerkmale, sogenannte Traits, weiter, die in ihren Genen angelegt sind und, wie man heute weiß, tatsächlich vererbt werden: Charakterzüge wie Impulsivität, mangelndes Lernen aus Erfahrung, geringe emotionale Beteiligung an Handlungen. Häufig haben diese Mütter während der Schwangerschaft auch nicht das Leben, das man Müttern eigentlich wünscht. Toxische Substanzen, Stressbelastung, Lebensunzufriedenheit – all das wirkt sich auf die Entwicklung des Embryos aus.

Und nach der Geburt?

Nedopil: Solche Kinder sind meist ein wenig auffälliger, sie schreien mehr, sie sind schwieriger zu haben, sie haben Trinkstörungen, sie machen mehr Sorgen. Ihre Eltern, die meist nicht gerade die Fürsorglichsten sind, weisen sie häufiger zurück. So erleben sie von früh an die belastende Situation mit. Sie reagieren zornig, trotzig. Auch außerhalb des Elternhauses erfahren sie deshalb Zurückweisungen – von Kindergärtnerinnen ebenso wie

von Spielgefährten. So ziehen sie sich ihrerseits zurück. Den Schutzraum, in dem sie nicht ständig kritisiert und gemaßregelt werden, finden sie schließlich in der Gruppe Gleichgesinnter, ähnlich Veranlagter. Manchmal finden sie Anklang bei ein wenig Älteren, dort laufen sie mit, lernen vorzeitig, sich körperlich zu wehren, Mutproben zu bestehen. Erstmals fühlen sie sich bestätigt. Erstmals finden sie ihre Bedürfnisse befriedigt, sie können ihre Impulsivität ausleben, ihren Hunger nach aufregenden Reizen, nach ständiger Spannung stillen. So entwickeln sie eine ungestüme und dominante Grundhaltung, sie „lassen sich nichts mehr gefallen“. Das macht sie besonders aggressionsbereit.

Die Medien tun so, als wären sie einem Massenphänomen auf der Spur.

Nedopil: Aggression und Gewalttätigkeit unter Jugendlichen ist nicht häufiger geworden, wie Umfragen unter Heranwachsenden ergeben, die das sogenannte Dunkelfeld ausleuchten. Schon unsere Eltern haben sich beklagt über die unverschämten Jugendlichen, die frech und gewalttätig seien. Die tatsächlichen Zunahmen im Hellfeld der Polizeistatistiken ließen sich bislang gut mit einem veränderten Anzeigeverhalten und einer höheren Aufklärungsquote erklären. Beobachten lassen sich aber ein höherer Anteil jüngerer Täter zwischen 12 und 14 Jahren sowie eine Zunahme regelrechter Gewaltexzesse. Ich sehe eine Reihe von Faktoren, die dazu beitragen könnten: Die informelle soziale Kontrolle ist heute weit schwächer; niemand schaut mehr hin. Für Jungen war früher ein gewisses Maß an körperlicher Auseinandersetzung akzeptiert. Heute darf es in den Schulen keine Rangeleien mehr geben. Damit ist die Grenze weit nach vorne gerückt, dahinter entsteht eine Art Leerraum, den keine Hemmschwellen mehr begrenzen. Und der heute verbreitete Drogenkonsum enthemmt – und vereinsamt. Bei manchen dafür empfänglichen Jugendlichen – das ist kein generelles Phänomen – erhöht zudem der exzessive Konsum von Gewaltvideos und -spielen die Bereitschaft zu überschießender Gewalttätigkeit.

Bis vor kurzem gab es ja noch den teilweise erbittert geführten Streit, ob grob gesagt die Veranlagung oder die Verhältnisse einen zum Täter machen. Ist das heute ausgestanden?

Nedopil: Ja, spätestens seit den 80er Jahren ist das Wissen gereift, dass genetische und Umweltfaktoren zusammenkommen müssen. Mediziner haben die Vulnerabilitäts-Stress-Hypothese

Die Entwicklung der Eskalation

aufgestellt, andere haben das biopsychosoziale Krankheitsmodell entwickelt, das besagt ja im Grunde alles das Gleiche: Es gibt eine biologisch-genetische Anfälligkeit, zu der entwicklungsbedingt weitere Ursachenfaktoren dazukommen. Und schließlich braucht es ein auslösendes Element. Darüber besteht, glaube ich, große Einigkeit.

Gibt es für Täter wie die Schläger von Solln ein Zurück? Für solche wie die jungen Männer, die 2008 im Berliner U-Bahnhof Blissestraße über einen 19-Jährigen herfielen? Oder wie die beiden, die Ende 2007 am Münchner Arabellapark einen pensionierten Lehrer ins Koma stiefelten, nur weil der sie etwas schulmeisterlich aufforderte, in der U-Bahn nicht zu rauchen?

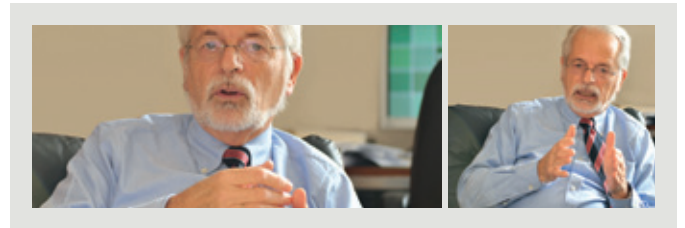
Nedopil: Es gibt zwei Prototypen: Der eine fängt erst in der Postpubertät mit etwa 16 Jahren mit den Übergriffen an, er hört aber auch mit 25 wieder auf, das Problem verwächst sich sozusagen. Das ist der weitaus größere Teil unter den gewalttätigen Jugendlichen. Eine kleine Gruppe aber – das ist der zweite Typus – wird schon vor der Pubertät auffällig, sie verübt wiederholt bis ins Erwachsenenalter hinein Gewalttaten. Die trägt ein relativ großes Risiko, auch langfristig gewalttätig zu bleiben. Wie gesagt, eine kleine Gruppe. Und wie das bei Prototypen ist, gibt es ohnehin viele Abweichungen von der Regel.

Eine andere Gruppe jugendlicher Gewalttäter, die Amokläufer an Schulen, kommt meist gerade nicht aus Broken Homes. Wie kommen diese Mittelstandskinder zum Mord?

Nedopil: Amokläufe an Schulen sind ein vergleichsweise neues Phänomen, und es handelt sich in der Tat um einen völlig anderen Tätertyp. In aller Regel sind es zurückgezogene, einsame Jugendliche, die in Größenfantasien ihre Selbstunsicherheit kompensieren. Sie imaginieren sich als Mächtige, als Rächer. Sie verstärken ihre destruktiven Ideen vor sich selbst noch, indem sie sich mit vergleichbaren Vorbildern aus einschlägigen Videos identifizieren. In vielen Fällen kündigen sie in irgendeiner Form an, was sie vorhaben, manchmal sogar direkt. Die meisten haben leichten Zugang zu Waffen, was ihnen nicht nur das Tatwerkzeug verschafft, sondern vorweg auch noch ihre Rachefantasien beflügelt. Und in ihrer Vereinzelung müssen sie nicht im Kontakt mit anderen ihr eigenes Verhalten relativieren. Sie steigern sich immer weiter hinein in ihren dunklen Plan – bis zur Tat.

Sind die Opfer in allen Fällen willkürlich gewählt?

Nedopil: Die Opfer in den Schulen sind zwar nicht als Person gemeint, sie sind aber dennoch nicht beliebig, für den Täter sind sie immerhin Teil des Systems Schule, das ihn unterdrückt. Er fühlt sich von ihnen ausgegrenzt, wie ihn auch die Schule ausgrenzt.



„Ich sage nicht: Wie konnten Sie nur?": Psychiater Norbert Nedopil

Er meint, dass er nicht zu Geltung kommt, nicht anerkannt wird. Er fühlt sich tief gekränkt.

Wenn man die Zeitungsarchive durchschaut nach den Fällen, in denen Sie als Gutachter bestellt waren, stößt man unweigerlich auf den Fall der dreijährigen Katharina aus dem Jahre 2004: Ein 31-jähriger Mann quält die kleine Tochter seiner neuen Lebensgefährtin über Tage hin regelrecht zu Tode. Die Mutter sieht dem tatenlos zu; unklar ist, ob sie sich nicht sogar daran beteiligt hat. Was bringt Menschen zu solchen Taten?

Nedopil: Es ist in der Tat einer der erschreckendsten Fälle, die man so erleben kann. Man kann sich gar nicht vorstellen, was für ein Martyrium das Kind hat durchmachen müssen. Das zeigt, dass beide – Mann und Frau – völlig egozentrisch, völlig gefühllos für alles andere waren. Noch die letzten Funken von Gemütsregung haben beide ausgelöscht, er durch Drogen, sie durch Alkohol.

Wie gehen Sie vor, wenn Sie einen Täter vor sich haben? Wie nähern Sie sich der Wahrheit über dessen Persönlichkeit?

Nedopil: Wie ein Psychiater: Ich interessiere mich für ihn. Ich bin nicht derjenige, der Vorwürfe macht. Ich versuche, ihn so zu akzeptieren, wie er ist. Und selbst zu dem Mörder des dreijährigen Mädchens sage ich nicht: „Um Gottes Willen, was haben Sie da getan? Wie konnten Sie nur?“ Sondern zunächst einmal: „Ich möchte Sie kennenlernen. Ich möchte wissen, wer Sie sind. Dann verstehe ich vielleicht besser, was Sie getan haben.“ Und so entsteht womöglich ein Gespräch, in dem ich ihm ermögliche, sich zu öffnen, etwas zu erzählen, was er bislang vielleicht noch nicht erzählt hat. Dafür brauche ich viel Zeit. Solche Explorationen können viele Stunden an einem Tag dauern, drei oder vier Tage lang. Ich frage so lange nach, bis ich mir eine Vorstellung machen kann. Entweder ist das Bild dann so stimmig, dass ich sagen kann: „Ja, das kann ich gut nachvollziehen.“ Oder es ist gut mit einem Krankheitsbild vereinbar. Oder aber das Bild bleibt so widersprüchlich, dass es nicht zu meinen Informationen oder meinem Erfahrungswissen passt. Das muss ich dann hinnehmen. Ich



Die Entwicklung der Eskalation

bin ja nicht derjenige, der entscheiden muss, ob der Angeklagte schuldig ist oder nicht, das macht das Gericht. Ich muss entscheiden, ob der Täter krank ist oder nicht.

Wo verläuft denn überhaupt die Grenze zwischen krank und gesund?

Nedopil: Das ist gerade in der Psychiatrie nicht eindeutig definiert, die Grenzziehung hängt von vielen gesellschaftlichen Strömungen ab. Und was medizinisch als krank oder gestört gilt, muss es im juristischen Sinne nicht zwangsläufig sein. Es sind zwei unterschiedliche Begriffspaare, sie sind aus ganz unterschiedlichen Denkwelten hervorgegangen. In neueren Gesetzen wird der Begriff der psychischen Störung herangezogen, um zu rechtfertigen, dass jemand dauerhaft untergebracht ist. Das Therapieunterbringungsgesetz etwa, das 2011 in Kraft getreten ist, definiert den Begriff möglichst weit. Es war die Intention des Gesetzgebers, möglichst viele, die wir für gefährlich halten, langfristig einzusperren. Wenn es dagegen um die Frage der Schuldinderung geht, darum, ob ein Täter nicht voll schuldfähig ist und deswegen weniger Verantwortung für seine Tat trägt, dann wird der Begriff der psychischen Störung sehr restriktiv verwendet.

Kommen wir nochmals zurück zum Fall Katharina: Wird es Ihnen bei solchen Fällen schwer, nicht an ein archaisch Böses im Menschen zu glauben?

Nedopil: Ich würde nicht sagen, dass es kein Böses gibt. Ich habe Menschen gesehen, die ich im Alltagssprachlichen Sinn für böse halte. Dass „böse“ dabei kein empirischer Fachbegriff ist, ist mir völlig klar.

Andere wie der Konstanzer Neuropsychologe Thomas Elbert, der unter anderem in Krisenregionen Afrikas Kindersoldaten untersucht hat, spricht von einer Art „Killer-Modus“, der sich in jedem Menschen durch bestimmte Umstände anschalten lässt. Hält nur

der dünne Firnis der Zivilisation jemanden davon ab, zum Täter zu werden?

Nedopil: Um das nachzuvollziehen, müssen wir nicht nach Afrika gehen. Es reicht, in die eigene Geschichte zurückzublicken: Im Dreißigjährigen Krieg etwa schrumpfte die Bevölkerung in weiten Teilen Deutschlands durch Hungersnöte und Seuchen, aber eben auch durch die Kriegshandlungen, auf etwa ein Drittel. Oder nehmen wir die nackte Grausamkeit mittelalterlicher Marter. Die zivilisierte Gesellschaft heute ist weitaus weniger gewalttätig.

Die Stimmigkeit solcher Thesen versuchte zuletzt der Harvard-Psychologe Steven Pinker in einem dicken Buch vorzurechnen.

Nedopil: Genau, Hinrichtungen, führt er beispielsweise an, waren in den USA vor 200 Jahren ein Spektakel, heute ist die Todesstrafe in einem Großteil der Staaten immerhin längst abgeschafft – selbst in der, so Pinker, unzivilisierten US-Gesellschaft. Insgesamt gilt: Zivilisation und soziale Übereinkünfte helfen, Gewalttätigkeit und archaische Destruktivität in den Griff zu bekommen. Aber dieser Schutzmantel ist dünn. Denken Sie an die Jugoslawienkriege. Ich weiß nicht, ob Sie wissen, welche Gräueltaten dort verübt wurden. Ich habe einige Täter vor dem Kriegsverbrechertribunal begutachtet, deswegen kenne ich die Aktenlage einigermaßen gut. Dreimal bin in Den Haag aufgetreten, das war schon sehr spannend. Ich will hier nicht ausbreiten, was in dem Fall, der dort verhandelt wurde, passiert war. Aber es ist schon unvorstellbar. ■

Prof. Dr. med. Norbert Nedopil leitet seit 1992 die Abteilung für Forensische Psychiatrie an der Psychiatrischen Klinik der LMU. Nedopil, Jahrgang 1947, studierte Medizin und Psychologie. Anschließend machte er zwischen 1977 und 1984 an der LMU eine Ausbildung zum Psychiater. Von 1989 an leitete er als Professor die neu gegründete Abteilung für Forensische Psychiatrie an der Universität Würzburg, bevor er 1992 nach München wechselte.

