

Dem Nichts Fallen stellen

Madhavi Krishnan hatte schon in ihrem Kinderzimmer im indischen Chennai ein Labor. Heute bündigt die Physikerin in ihren Experimenten kleinste Partikel, und sie baut ein Display im Nanoformat. Von Claudio Zemp

Madhavi Krishnans Leidenschaft für Physik ist ansteckend: «Wir wollen Dinge tun, die bislang nicht möglich waren», bemerkt sie keck. Die zierliche Inderin sagt dies mit dem Selbstvertrauen einer erfolgreichen Wissenschaftlerin, die schon mit einigen Arbeiten für Aufsehen gesorgt hat. «Riesenschritt in Miniwelt» titelten die Fachzeitsungen im letzten Jahr, als es ihrer Forschungsgruppe an der Universität Zürich gelang, erstmals die elektrische Ladung von Nanopartikeln zu messen.

Schon in Krishnans Kinderzimmer im indischen Chennai hatten ihr die Eltern ein Labor eingerichtet, erzählt die Forscherin. Als 11-jährige Schülerin erhitzte Krishnan eine mit Wasser und bunten Kristallen gefüllte Flasche aus dem Chemiebaukasten, um zu beobachten, wie durch die steigende Temperatur eine Strömung entstand. Als sie später in den USA an ihrer Doktorarbeit zur Chemie-Ingenieurin arbeitete, ging es wieder um Flüssigkeiten und Hitze, genauer um die polymere Kettenreaktion PCR. Bei dieser in der Biochemie gängigen Methode wurde üblicherweise die Temperatur einer Flüssigkeit in einem Gefäss zyklisch verändert, um den Prozess in Gang zu setzen, sagt Krishnan: «Ich hatte die Idee, die Flüssigkeit direkt auf eine heisse Unterlage zu giessen, dass sie sich selber durch die Stadien der Kettenreaktion pumpt.»

Goldpartikel und Proteine

Dieses elegante neue Konzept für ein oft verwendetes Verfahren brachte der Physikerin internationale Beachtung ein. Viel später fiel ihr auf, dass das Experiment Ähnlichkeiten mit dem Flaschen-Versuch im Kinderzimmer aufwies: «Ich realisierte mit Verblüffung, dass ich das eigentlich schon als Kind getan hatte.» Die Arbeit ebnete ihr den Weg nach Deutschland an die Technische Universität Dresden, wo sie eine Alexander von Humboldt Fellowship erhielt. Von dort kam sie 2008 erstmals in die Schweiz, wo sie als Marie Curie

Fellow an der ETH Zürich forschte. Seit gut einem Jahr ist die 37-Jährige zurück in Zürich und hat eine SNF-Förderprofessur für Physikalische Chemie an der UZH inne. Ihre Vorlesungen hält sie auf Englisch, weil die Studierenden das bevorzugen. Sie spricht aber auch Deutsch.

Die Partikel, mit denen Krishnan heute forscht, sind mit dem blossen Auge nicht sichtbar. Die Nanophysik ist ihr Gebiet, ihr Material sind einzelne Goldpartikel oder Proteine. Diese Forschungsobjekte sind nicht nur klein, sondern auch verflüchtigt. Auf Grund der brownischen Bewegung sind Nanoteilchen ständig in Bewegung. «Idealerweise würde man sie im freien Raum studie-

«Wir lernen am meisten, wenn die Dinge nicht wie geplant verlaufen.» Madhavi Krishnan

ren», sagt Krishnan. Doch das ist einfacher gesagt als getan. «Es gleicht dem Versuch, nichts einzufangen», sagt die junge Professorin.

Physik, ein Kinderspiel

Die üblichen Methoden, Nanoteilchen festzuhalten, sind mit unerwünschten Nebenwirkungen verbunden. Durch Schockgefrieren etwa bringt man die Partikel zur Ruhe. Sie sind dann zwar still, aber nicht mehr lebendig. In ihrer Postdoc-Zeit gelang es Krishnan jedoch, die Nanopartikel zu fixieren. Wieder verblüffte die Forscherin mit einem unorthodoxen Ansatz und erfand eine neue Methode: «Statt von aussen elektromagnetische Felder zu applizieren, formten wir die Umgebung der Partikel so, dass sie durch Wechselwirkungen mit den Wänden an Ort verharreten.»

Ein Paradigmenwechsel. Die Professorin steht auf, nimmt einen Stift und illustriert das Prinzip an der Wandtafel. Die brownische Bewegung erklärt sie mit Kindern, die im Garten mit einem

Ball kicken: «Wir bauen nun in diesem Garten Mulden, damit der Ball immer da hineinrollt.» So wird die Physik zum Kinderspiel, sichtbar allerdings nur unter den Mikroskopen im Nanolabor.

Sich mit der Natur unterhalten

Es sei ihr wohl in Zürich, sagt die verheiratete Forscherin, die auch Angebote von grossen Universitäten in den USA hatte. Doch der Entschluss für die Schweiz sei einfach gewesen, sagt Krishnan, nicht nur wegen des idealen Forschungsumfeldes: «Vor allem waren die Resultate meiner früheren Arbeit in Zürich viel besser. Und ich ziehe das Leben in Europa gegenüber Amerika vor.» Reisen und «Socializing» bezeichnet sie als Pflicht. Am liebsten wäre ihr, wenn sie sich ausschliesslich auf die Forschung im Labor konzentrieren könnte: «Kommen Sie, ich zeige es Ihnen.»

Das Labor befindet sich eine Paar Schritte neben Madhavi Krishnans Büro auf dem Campus Irchel. Der Arbeitstisch ist ein riesiges Modell der

Innenwelt der Mikrochips, die gleich nebenan unter den Mikroskopen liegen. In regelmässigen Abständen befinden sich kleine Löcher in der Metallplatte, wie auf dem Brett eines Steckspiels. Wie man diese Struktur auf den hauchdünnen, pillenkleinen Scheiben unter dem Mikroskop nachbildet, übersteigt allerdings meine Vorstellungskraft. Doch auf diesem Niveau beginnt es für Krishnan spannend zu werden. «Ich sehe die Wissenschaft als Gelegenheit, mich mit der Natur zu unterhalten», sagt die Vollblutforscherin.

Der Dialog mit der Natur ist durchaus nicht frei von Überraschungen. Wissenschaft sei kein linearer Prozess, betont Krishnan: «Ich gehe ins Labor und stelle eine Frage, auf die ich eine Antwort wissen will.» Man müsse aber stets darauf vorbereitet sein, etwas zu finden, das nichts mit dem zu tun hat, was man gesucht hat. Auch in Krishnans rasanter Karriere gab es Rückschläge, Irrwege, harte Zeiten: «Natürlich.» Aber es wäre ja langweilig, wenn alle Versuche wie geplant verliefen, sagt sie lakonisch: «Darum sind wir



hier. Wir lernen am meisten, wenn die Dinge nicht wie geplant verlaufen.»

Haarbreites Display

Madhavi Krishnan strahlt eine grosse Begeisterung für die Wissenschaft aus. Da stellt sich die Frage, was die Physikerin in ihrer Forschungsarbeit denn antreibt. Diese Frage empfinde sie als unfair, antwortet Krishnan höflich: «Sie wollen von einem Künstler auch nicht wissen, warum er malt. Ich finde forschen einfach schön.» Der Kern des Forschens ist die Spurensuche in der Natur.

Es geht um Fragen, Beobachten und Stauen. Einfach auf einem ungewöhnlichen Niveau, im Nanobereich eben. Also dort, wo sehr wenige Menschen überhaupt etwas sehen, geschweige denn neue Sachen entdecken. Der Antrieb der Forscherin ist ein ästhetischer. Belohnt wird sie, wenn die Suche nach einer eleganten Methode Früchte trägt oder wenn eine Beobachtung sich als wahr erweist und auch theoretisch erklärt werden kann.

Momentan zeichnet sich bereits ein nächster Riesenschritt in der Miniwelt ab. Krishnan rechnet schnell etwas auf dem Taschenrechner ihres Computers nach, «nur um Ihnen den richtigen Massstab zu geben». Dann kann sie sich die Freude nicht verkneifen, ihren neusten Coup anzukündigen. Noch sei er nicht publiziert, sagt sie freimütig, aber er funktioniere «proof of concept»: Krishnan und ihr Team sind mittlerweile in der Lage, ein Nano-Display in der Art des «Kindle»-Lesegeräts zu bauen. Statt 10 mal 10 Zentimeter wie ein Kindle ist dessen Durchmesser aber nur etwa so gross wie ein Haar. Unmöglich? Nicht für die Nanophysikerin, die damit bald in den Fachzeitschriften wieder für Furore sorgen dürfte.

Kontakt: Prof. Madhavi Krishnan, m.krishnan@pci.uzh.ch

INTERVIEW Risiken der Antibiotikaresistenz

«Wir verlieren eine Superwaffe»

Immer mehr Bakterien sind heute resistent gegen Antibiotika. Es droht der Rückfall in ein Zeitalter vor dem Penicillin, als Infekte schwierig zu behandeln waren, sagt Roger Stephan. Interview von Thomas Gull und Roger Nickl

Herr Stephan, Sie untersuchen seit Jahren die Verbreitung von Antibiotikaresistenzen in der Schweiz. Ihr Fazit lautet: Die Situation ist beunruhigend. Weshalb?

Roger Stephan: Die Antibiotikaresistenzen haben in der Schweiz deutlich zugenommen. Der Trend geht bei ganz unterschiedlichen Bakterienarten in diese Richtung.

Sie haben Menschen, Nutz- und Wildtiere, aber auch Gewässer in der ganzen Schweiz analysiert. Was haben Sie herausgefunden?

Stephan: Unser Fokus hier am Institut für Lebensmittelhygiene ist die Lebensmittelkette. Uns interessiert, was über tierische Lebensmittel an den Menschen übertragen wird. Wir haben bei rund 15 Prozent der gesunden Menschen multiresistente Erreger gefunden. Das sind Menschen, die nicht im Spital waren und keine Antibiotikatherapie erhalten haben. Dennoch tragen sie diese Erreger in sich. Bei Nutztieren haben wir ebenfalls solche multiresistenten Keime gefunden – bei über 60 Prozent der Geflügelherden und je etwa 14 Prozent der Wiederkäuer und Schweine.

Wo sind diese Bakterien bei den Tieren eingekistet?

Stephan: Diese Erreger befinden sich im Darm und werden fäkal ausgeschieden. Beim Schlachten können sie auch an die Oberfläche der Tierkörper gelangen und finden so den Weg zum Menschen.

Was bedeutet es für uns, wenn wir dieses Fleisch essen?

Stephan: Die Keime machen uns nicht krank. Problematisch ist aber ihre Fähigkeit, quasi wie Legobausteine Antibiotikaresistenzen an andere Bakterien weiterzugeben. Diese können dann pathogen sein, also krankmachend. Lösen solche resistent gewordenen Keime einen Infekt aus, kann die Behandlung mit Antibiotika schwierig

werden. Zudem können resistente Keime über die Fäzes in die Umwelt ausgeschieden werden und damit auch Bakterien, die bis anhin keine Resistenzen gezeigt haben, resistent machen.

Sie haben bei Geflügel 60 und bei Kühen und Schweinen je rund 14 Prozent multiresistente Keime gefunden. Was bedeutet das?

Stephan: Auf den ersten Blick würde man sagen: «Da haben wir wohl die Quelle des Problems gefunden. Nutztiere, allen voran die Hühner, sind dafür verantwortlich, dass die Resistenzen übertragen werden.» Um herauszufinden, ob das wirklich zutrifft, haben wir uns genauer mit der

«Je mehr Antibiotika verwendet werden, desto eher überleben Bakterien, die resistent sind.»

Roger Stephan, Veterinärmediziner

Typisierung der Resistenzfaktoren auseinanderzusetzen. Wir haben relativ schnell gesehen, dass diese bei Mensch und Tier unterschiedlich sind.

Das heisst, es gibt keinen direkten Zusammenhang?

Stephan: Ja genau, nicht alle Antibiotikaresistenzen im Menschen stammen von Tierpopulationen. Sonst müssten die Resistenzfaktoren kongruent sein.

Die Problematik der Antibiotikaresistenz wird mit derjenigen des Klimawandels verglichen. Ist das Problem tatsächlich so schwerwiegend?

Stephan: Da stützt man sich am besten auf die Aussagen der WHO, die das Problem als gravierend betrachtet. Man spricht auch von einem drohenden Rückfall in ein Zeitalter, bevor das Penicillin, sprich Antibiotika, entdeckt wurde.