



Die von den Termiten „betreuten“ Pilze können isoliert und für die Untersuchung im Labor auf künstlichen Nährböden kultiviert werden.
Foto: HKI/Beemelmans



Im Termitenbau pflegen und ernten die Arbeiterinnen die Pilze in sogenannten Pilzgärten.
Foto: Duur Aanen/Wageningen Universiteit

Natürliche Dreiecksbeziehung: Termiten, Pilze und Bakterien

Wissenschaftler des Hans-Knöll-Instituts reisen nach Südafrika, um an den Insekten zu forschen: Christine Beemelmans sucht nach neuen Naturstoffen

VON LIOBA KNIPPING

JENA. Forscher des Jenaer Hans-Knöll-Instituts (HKI) fliegen nach Südafrika, um das ausgeklügelte Verhalten von Termiten zu untersuchen. Die kleinen Tiere sind nämlich „Pilzgärtner“: sie kultivieren Pilze und ernähren sich davon. Die Jenaer Wissenschaftler um Christine Beemelmans wollen das System verstehen, um daraus langfristig Wirkstoffe zu entwickeln.

Frau Beemelmans, Sie reisen im Februar nach Südafrika. Was wollen Sie am anderen Ende der Welt?

Unsere Kooperationspartner an der Universität von Pretoria haben sich bereit erklärt, eine Gruppe von Forschern aufzunehmen, damit sie dort gemeinsam an einem Projekt arbeiten können. Das Team besteht nicht nur aus Mitgliedern meiner Arbeitsgruppe, sondern auch aus einer befreundeten Arbeitsgruppe aus Kopenhagen, aus den Niederlanden und aus Norwegen. Meine Kollegen aus Dänemark und den Niederlanden waren schon einige Male dort, wir aus Jena nehmen nun zum ersten Mal daran teil. Derzeit ist bereits einer meiner Doktoranden vor Ort, und ich fliege am 3. Februar für zwei Wochen ebenfalls dorthin. Zum einen begleite ich dort ein Kamerateam, zum anderen werde ich dort selbst noch einige Experimente durchzuführen.

Was ist das für ein Projekt?

Es geht es um so genannte soziale Insekten, genauer gesagt um Termiten. Es gibt aber auch andere soziale Insekten, wie beispielsweise Ameisen oder Bienen. Wir wollen in Südafrika eine spezielle Termiten-Art untersuchen, eine Art, die es nur im Sub-Sahara-Bereich gibt, also im südlichen Bereich des afrikanischen Kontinents Südafrika bis nach Asien. Diese Termiten züchten als Futter einen Pilz, bauen ihn regelrecht an, so wie wir Getreide anbauen. Mit diesem Pilz gehen die Termiten eine sehr enge Symbiose ein. Eine Symbiose ist ein hochentwickeltes, sehr altes System, das es schätzungsweise schon seit mehr als 150 Millionen Jahren gibt. Und genau das wollen wir näher untersuchen, um es besser zu verstehen.

Und weshalb interessieren Sie sich selbst für Termiten?

Das ist aus meiner Forschung in den vergangenen Jahren entstanden. Ich habe zunächst mit Bakterien der Blattschneide-

ameisen gearbeitet, da ist das System ähnlich. Hier wissen wir, dass die Bakterien sehr wichtig für das System sind, und dass sie selektive Naturstoffe produzieren, die einen guten Pilz fördern, andere jedoch abtöten. Davon ausgehend haben wir uns überlegt, dass es bei Termiten ähnlich sein muss, und nun suchen wir nach Parallelen und dem Speziellen an dem Termiten-System.

Wie muss man sich diese Pilzzucht vorstellen?

Dieser Pilz dient den Termiten als Hauptnahrungsquelle. Sie züchten ihren Pilz in einer Art Garten, der aus vielen kleinen Gärten besteht. Der Pilz wiederum findet dort die idealen Wachstumsbedingungen und kann auch nur dort wachsen. Dieser Pilz kann ohne die Termiten nicht existieren, die Termiten nicht ohne diesen Pilz. Sie sind voneinander abhängig, das nennt man Symbiose. Das ist wie beim Menschen im Magen-Darm-Trakt: Wir können ohne unsere Bakterien, die im Darm angesiedelt sind, ebenfalls nicht leben. Und so können auch die Termiten nicht ohne den Pilz existieren. Stirbt der gesamte Pilzgarten, sterben auch die Termiten.

Die Gärten sind in den Termitenbauten?

Genau. Die Gärten sind unterirdisch. Dort legen die Termiten riesige Höhlen, Unterhöhlen und Gänge an, um das Risiko zu streuen, dass, wenn ein kleiner Pilzgarten abstirbt nicht gleich der ganze Bau stirbt.

Ich dachte bisher immer, Termiten fressen Holz, Humus und Gras?

Ja, das tun unsere Termiten prinzipiell auch. Sie tragen Holzmaterial in den Bau ein, indem Sie dieses fressen. Aber sie verdauen das Pflanzenmaterial nicht, sie scheiden es im Bau in den Pilzgärten wieder aus, um den Pilz zu füttern. Dieser erledigt dann die Arbeit für sie und wandelt das Holz in besser verdauliche Nahrung um. Diese Nahrung in Form von kleinen Fruchtkörpern ernten die Termiten und ernähren sich davon. Insgesamt sorgen die Termiten also dafür, dass pflanzliche Reste in fruchtbareren Humus umgewandelt werden, nur dass die eigentliche Arbeit der Pilz macht. Das ist ja nichts schlechtes, denn so haben alle was davon.

Wie züchten die Termiten denn diese Pilze?

(lacht) Das ist ein sehr komple-



Christine Beemelmans bei der Analyse von neuen Naturstoffen in ihrem Labor am Hans-Knöll-Institut.
Foto: HKI/Schroll

xes System, und das fasziniert mich besonders daran. Die Termiten fressen den Pilz selbst, besser gesagt den Fruchtkörper zusammen mit den Pilzsporen, durch die sich die Pilze vermehren. Sporen sind winzige Keimlinge. Und diese Keimlinge werden im Darm mit all dem, was die Termiten fressen, vermischt und dann ausgeschieden. Das heißt: die Termiten fressen das Material, aber sie nutzen es nicht aus, verdauen es nicht ganz, sondern scheiden alles mit den Pilzen wieder aus und bauen damit einen riesigen Komposthaufen.

Das heißt: Das ist ihre Toilette?

Das kann man so sagen. Und in diesem Komposthaufen hat der Pilz ideale Wachstumsbedingungen. Wenn die Termiten wirklich fressen, fressen sie nur den Pilz. Und wenn sie den Pilz vermehren wollen, dann nehmen sie den Pilz und Holz zu sich und scheiden dies gemeinsam an anderer Stelle wieder aus, um den Pilz zu vermehren.

Das ist ja ein ziemlich ausgeklügeltes System, das man so eigentlich gar nicht kennt bei derart kleinen Tierchen.

Das System ist schon relativ komplex. Ja. Aber es gibt viele Insektensysteme, die ähnlich komplex sind. Denken Sie nur an Bienenvölker und die Sprache der Bienen. Das ist auch ein sehr ausgeklügeltes System. Wir sollten nicht den Fehler machen, die Wichtigkeit und Komplexität solcher Systeme zu unterschätzen.

Was ist das für eine Art Pilz

den die Termiten produzieren?

Das ist ein essbarer Pilz, der zum einen als Nahrung für die Termiten dient. Zum anderen bildet er, wie beispielsweise unsere Champignons, überirdische Fruchtkörper aus, die auch für den Menschen essbar sind, und dort auch gerne gesammelt werden.

Was erwarten Sie wissenschaftlich gesehen von diesem Termiten-Pilz?

Wir sind natürlich daran interessiert, das Gesamtsystem besser zu verstehen. Konkret aber schaut meine Arbeitsgruppe sich an, was Bakterien in diesem System machen, welche Bedeutung ihnen zufällt. Denn eigentlich ist das System noch ein wenig komplizierter, Bakterien spielen auch noch eine wichtige Rolle. Man kann sich das eigentlich wie eine Dreiecksbeziehung vorstellen: die Insekten, der Pilz und dann noch Bakterien. Wir wissen, dass Bakterien eine wichtige Rolle spielen, aber was genau sie machen, haben wir noch nicht verstanden. Wir vermuten derzeit mehr.

Welches genaue Ziel verfolgen Sie mit Ihren Studien?

Wir vermuten, dass die Bakterien der Termiten den guten Pilz fördern bzw. beschützen. Der darf nicht sterben, weil die Termiten ihn als Nahrung brauchen, genauso wie die Bakterien. Die Bakterien wiederum produzieren Naturstoffe, die andere Pilze abtöten können. Wir wollen verstehen, ob und wenn ja, wie sie das machen. Gleichzeitig wollen wir damit eine Quelle für neue Naturstoffe fin-

den, die dann hier im HKI getestet werden können.

Um dann Medikamente draus herstellen zu können?

Im besten Fall, ja. Wir greifen auf ein ganz altes System zurück, das sich in Jahrtausenden etabliert hat, in der Hoffnung, dass sich da Naturstoffe über die Zeit entwickelt haben und die optimiert worden sind.

Sind das dann Bakterien, die dem Termiten-Pilz nichts anhaben können?

Ja, genau. Das sind „gute“ Bakterien, die das Termitensystem unterstützen.

Das bedeutet, sie wären gegen Krankheitserreger einsetzbar?

Das hoffen wir. Sie sollen selektiv gegen viele Krankheitserreger insbesondere infektiöse Pilze wirken, aber nicht gegen die, die gut für uns sind.

Ist das Bakterium beteiligt an der Entwicklung des Pilzes?

Nein, soweit wir bisher wissen nicht. Das Bakterium produziert die Wirkstoffe. Stellen Sie sich das so vor: Die Insekten züchten den Pilz. Der Pilz dient ihnen als Futtergrundlage. Dann gibt es die Bakterien, die sowohl dem Insekt als auch dem Pilz gut tun. Die Bakterien leben vermutlich im Magen-Darm-Trakt der Termiten. Wenn jetzt ein anderer Pilz kommt, wird der durch die Bakterien abgetötet. Fehlt einer dieser drei Partner, funktioniert also das System nicht und im schlimmsten Fall würden alle sterben. Ist das System gesund und alle Rädchen greifen in einander, ist es sehr stabil.

Was passiert, wenn man „böse“ Pilze künstlich zu dem System dazu gibt?

Das wissen wir nicht genau. Das ist auch eine Frage, die uns und unsere Kollaborationspartner interessiert. Wir sind dabei Experimente durchzuführen, um genau das zu untersuchen. Hier versuchen wir genau zu analysieren ob und wie die Bakterien die fremden Pilze abtöten oder verdrängen.

Das bedeutet doch aber auch: Pilze, Bakterien und Termiten müssen sich erkennen?

Ja, das ist richtig und eine sehr interessante Frage. Aber wie sie das tun, das ist auch noch nicht geklärt.

Aber Sie können die Pilze nicht nach Jena holen, das heißt, die Arbeit muss in Südafrika erfolgen?

Teils und teils: Am einfachsten ist, wenn man zwischen den Ländern der Kooperationspartner vereinbart, dass Material ausgetauscht werden darf. So ist das auch für dieses Projekt geschehen. Zudem sind diese Termiten keine bedrohte Art, so dass auch Untersuchungen einfacher sind. Wenn man sich jetzt Bakterien anschaut, dann ist eher die Frage ob diese gefährlich für den Menschen sind. Das ist hier ebenfalls nicht der Fall. Derzeit isolieren wir aber ohnehin nur die DNA der Bakterien, das ist der Informationsträger. In der DNA ist versteckt, wie die Naturstoffe aufgebaut sind. Diese wollen wir uns im ersten Schritt genauer anschauen, das können wir wiederum in Jena machen.

Wie lange dauert eine solche Analyse?

Das geht leider nicht von heute auf morgen. Wir werden sicherlich noch mehrfach nach Südafrika fahren müssen. Wenn wir erste Ergebnisse haben, werden sich erfahrungsgemäß neue Fragen ergeben, die wir beantworten wollen und müssen.

Nun gibt es ja indigene Völker, die sich von Termiten ernähren, weil diese Proteinlieferanten sind. Müsste es da bei den Menschen nicht schon Auswirkungen geben, wenn sie zeitgleich mit den Termiten den Pilz zu sich nehmen?

Ich glaube nicht, dass es diesen Effekt gibt. Bakterien produzieren diese Stoffe in so geringen Mengen in der Natur, dass sie bei Aufnahme in den kleinen Mengen keine Auswirkungen auf uns haben sollten. Die Menge, die in der Natur vorkommt,

ist sehr, sehr gering und der Effekt für die Menschen vernachlässigbar. Aufgrund des Fortschritts in der Technologie können wir diese sehr geringen Mengen aber analysieren und nutzbar machen: Wenn wir also ein Bakterium gefunden haben, dass einen interessanten Naturstoff produziert, können wir dieses hier bei uns am HKI in unserem Biotechnikum in viel größerem Maße fermentieren, und dann den Naturstoff auch richtig charakterisieren.

Was erhoffen Sie dann damit in nächster Zeit zu erreichen?

Wir hoffen, dass wir letztlich das Termitensystem besser verstehen und wie sich ein solches komplexes System über die Zeit entwickeln kann. Das ist eine ganz grundlegende Frage. Aber wir hoffen auch, dass wir der HKI-Naturstoff-Pipeline einige neue Naturstoffe zuführen können, die wir hier testen und evaluieren. Das große Ziel ist, dass wir relativ viele neue Naturstoffe finden, die sich gegen Pilze richten, also eine antifungale Wirksamkeit besitzen. Dieses System ist ja geradezu prädestiniert dafür. Wir hoffen, dass mindestens ein neuer Naturstoff dabei ist, den wir dann hier am HKI weiterentwickeln können. Ja. Wenn wir es schaffen könnten, dass wir einen dieser Naturstoffe so weiterentwickeln können, dass die Pharmaindustrie wirklich Interesse daran hat, das wäre schon sehr gut. Schließlich benötigen wir dringend neue Medikamente zur Behandlung von Pilzinfektionen beim Menschen.

Wie lange wird das dauern?

Viele Jahre, vielleicht fünf, oder mehr. Es müssen sehr viele Vorstudien gemacht werden bis Tests am Menschen möglich sind.

Das scheint ja wirklich ein längerfristiges Projekt zu sein... Sie sprachen vorhin von einem Filmteam, das Sie begleiten. Was ist das für ein Film?

Das soll ein kleiner Dokumentarfilm werden, der zeigen soll, wie wir dort unserer Arbeit nachgehen, wie wir an das Projekt herangehen, wie viele Partner nötig sind, um wichtige Perspektiven zu beleuchten, wie man Proben vorbereitet und warum wer welche Proben nimmt. Wenn dieser Film fertig ist, wird er bei uns auf der HKI Webseite zu sehen sein.

Dann können wir ja darauf gespannt sein...