

# Lernen vom Bombardierkäfer

Das Insekt nutzt zur Verteidigung einen Explosionsapparat. Nach diesem Vorbild wollen Ingenieure **neuartige Antriebe** für Satelliten entwickeln

MARC HASSE

**BREMEN** :: Bei Gefahr um Leib und Leben den Angreifern selbstbewusst seinen Po entgegenzustrecken, dürfte für die meisten Lebewesen kein probates Mittel sein. Ein Tier allerdings kann sich das leisten – dank einer Sprengstoffvorrichtung im Hinterteil: der Bombardierkäfer. In seinem Körper produzieren Drüsen einen Vorrat an Hydrochinon und Wasserstoffperoxid, zwei Substanzen, die für sich genommen harmlos sind. Doch wehe, die Stoffe gelangen in die Kammer im Hinterleib des Tieres, wo sie durch Katalysatoren heftig miteinander reagieren: Dann steigen Druck und Temperatur stark an, bis ein fast 100 Grad heißes Gasgemisch nach außen schießt. Ein Dutzend solcher Schüsse kann das Insekt in schneller Folge abfeuern und mit dieser chemischen Abwehrwaffe zumindest Ameisen und kleine Spinnen auf Distanz halten.

Peter Rickmers, Ingenieur am Zentrum für Angewandte Raumfahrttechnologie und Mikrogravitation (ZARM) der Universität Bremen, hat noch nie einen Bombardierkäfer live gesehen. Aber er verdankt dem wehrhaften Winzling seine jüngsten Laborexperimente. Der 34-Jährige gehört zu einem internationalen Forschungsteam, das nach dem Vorbild des tierischen Explosionsapparats effizientere Antriebe für Satelliten und Raumsonden entwickeln will.

Einige konventionelle Antriebe nutzen bei der Verbrennung zwar bereits ein Gemisch aus zwei Substanzen, um Schub zu erzeugen. Doch sie brauchen einen hohen Druck, um den Treibstoff in die Brennkammer zu befördern. Die dafür nötige Apparatur, etwa eine Pumpe oder ein Drucktrank, erhöht das Gewicht und damit den Verbrauch, was Raumfahrtingenieure genauso wenig mögen wie ihre Kollegen aus dem Flugzeug- und Autobau.

Der Bombardierkäfer bringt die Chemikalien mit einem relativ niedrigen Druck in seine Explosionskammer. Und er tut das nicht kontinuierlich, sondern in Form von schnellen Pulsen: Steigt der Druck in der Kammer durch die chemische Reaktion, wird Schub erzeugt. Kurz darauf fällt der Druck wieder ab, Chemikalien fließen nach.

Ein Satellitenantrieb, der wie die Käferkanone ohne größeres Drucksystem vor der Brennkammer auskommt, könnte bis zu 50 Prozent leichter ausfallen als gewöhnliche Modelle, errechneten die Forscher. „Dadurch könnte ein Satellit erheblich mehr Treibstoff mitnehmen und länger fliegen oder mehr Nutzlast transportieren, etwa eine zusätzliche Kamera für Beobachtungen“, sagt Peter Rickmers.

Satelliten spielen schon länger eine bedeutende Rolle für die Menschheit. Mehr als tausend Stück kreisen nach Schätzungen um die Erde, auf Umlaufbahnen in Höhen von wenigen Hundert bis 36.000 Kilometern. Erdbeobachtungssatelliten liefern etwa Bilder und Messdaten für Wettervorhersagen und zu Umweltveränderungen, GPS-Satelliten helfen bei der Navigation von Autos, Schiffen und Flugzeugen, Rundfunk-satelliten übertragen Radio- und Fernsehprogramme. Und mehr als ein Dutzend Forschungs-satelliten erkunden in den Tiefen des Weltraums fremde Planeten und Sterne. „Die neue Antriebs-technik soll prinzipiell für all diese Zwecke anwendbar sein“, sagt Rickmers.

Je nach Modell und Einsatz sind die meisten Satelliten bisher etwa acht bis 15 Jahre im Betrieb – eine um mehrere



Peter Rickmers zeigt die Kammer, in der er Einspritzanlagen testet. Foto: M. Hasse

Jahre verlängerte Lebensdauer würde Kosten in Millionenhöhe sparen.

Die Idee für die Technik nach dem Vorbild des Käfers hatten Ingenieure der italienischen Firma Alta. Mit acht Partnern unter anderem aus Japan, Polen, Griechenland und eben dem deutschen Team um Peter Rickmers warben sie von der EU zwei Millionen Euro Fördergeld für das Projekt „Pulcher“ (lateinisch „schön“) ein. Bis Ende 2015 werden die Gruppen an verschiedenen Komponenten tüfteln. Letztendlich

*Der Mechanismus, Treibstoff mit relativ wenig Druck effizient in die Kammer zu spritzen, lässt sich kopieren.*

Peter Rickmers

sollen zwei Antriebsmodelle entstehen. Eine kleinere, sehr leichte Version soll mit nur einem Treibstoff arbeiten, der mithilfe eines Katalysators brennt. Dieser Antrieb ist für Satelliten im Erdorbit gedacht, die sich hin und wieder drehen müssen, zum Beispiel damit ihre Antennen zur Erde zeigen, während ihre Solarpaneele zur Sonne hin ausgerichtet sind. Die größere Version, die mit einem Treibstoffgemisch aus zwei Substanzen arbeitet, die bei Kontakt selbst zünden, könnte etwa Sonden antreiben, die zum Mars fliegen.

Von explosiven Antrieben war Peter Rickmers schon als Kind fasziniert. Im heimischen Garten in Hamburg ließ er Wasserraketen steigen – zur Hälfte mit Wasser gefüllte Plastikflaschen, in der die Luft so stark verdichtet ist, dass beim Öffnen der Düse das Wasser durch die Druckluft austritt und die Flasche durch den Rückstoß abhebt. Rickmers ist ein Spross der gleichnamigen Schiffs-fahrtssynastie, aber es zog ihn zur Raumfahrt. „Nach dem Abitur war nur die Frage, ob ich Ingenieurwesen mit dem Schwerpunkt Raumfahrt oder Astrophysik studieren sollte“, erzählt der 34-Jährige. Weil ihm Tüftlerarbeit mehr liegt als Theorie, entschied er sich für Ersteres, studierte in London und kam über ein Praktikum beim ZARM in Bremen zu seiner ersten Anstellung dort. 2010 schloss er seine Doktorarbeit ab; seitdem leitet Rickmers am ZARM eine kleine Forschungsgruppe.

Zwar muss er sich als Chef auch um die Finanzen und Projektplanung kümmern, aber zwischendurch steht er mit verholten Fingern im Labor und schraubt an Maschinen. Den Teststand für das Pulcher-Projekt haben seine Mitarbeiter und er selbst gebaut. Es ist eine etwa 30 Zentimeter lange Stahlkammer, in die man durch handteller-große „Bullaugen“ hineinschauen kann. Vor einer dieser Öffnungen ist eine Hochgeschwindigkeitskamera montiert, die festhält, was im Inneren geschieht. Sie macht 1000 bis 4000 Bilder pro Sekunde.

In der Kammer montiert Rickmers das Forschungsobjekt: eine durchsich-

tige, nach oben geschlossene Kunststoffröhre, die von unten durch verschiedene Abdeckungen aus Stahl begrenzt werden kann. Die Röhre simuliert die Explosionskammer für den Treibstoff; die Stahl-abdeckungen bilden den Injektor – die Einspritzanlage. Für die kleinere Variante des Antriebs bohren der Ingenieur und sein Team 0,3 Millimeter kleine Löcher in die Stahlscheibe. Durch sie gelangt der Treibstoff in die Kammer. Für die größere Variante des Antriebs, der mit den zwei Treibstoffen arbeitet, haben sie eine Einspritzdüse mit einem Ringspalt drumherum in eine Stahlplatte integriert.

„Bei der kleineren Version geht es um die Frage, an welcher Stelle und in welcher Anordnung die millimeterdün- nen Düsen platziert sein müssen, damit der Treibstoff sich möglichst gleichmäßig verteilt“, erläutert Rickmers. Für die Versuche hat sein Team mit unterschiedlich durchlöcherter Stahlscheiben experimentiert.

„Bei der größeren Variante untersuchen wir, wie wir die Düse und den Ringspalt einstellen müssen, damit sich die beiden Treibstoffkomponenten optimal vermischen und optimal verbrennen“, sagt Peter Rickmers. Weil sich dies mit echtem Treibstoff nur sehr schwer beobachten ließe, simuliert sein Team die Einspritzung mit Wasser und einem Gemisch aus Propan und Butan, wobei die Ingenieure davon ausgehen, dass diese Simulation der Realität nahekommt.

Rickmers geht in den Raum mit den Kontrollmonitoren. Von hier aus kann er die Einspritzung und die Aufnahmen mit der Hochgeschwindigkeitskamera steuern. Mehr als 100 Testreihen hätten sie bisher gemacht. „Dabei hat sich gezeigt: Der Mechanismus nach dem Vorbild des Käfers, Treibstoff mit relativ wenig Druck effizient in die Kammer zu spritzen, lässt sich kopieren“, sagt der Forscher. „Allerdings sind die technischen Anforderungen an die Düsen, durch die der Treibstoff in tausendstel Sekunden in die Kammer fließt, sehr hoch.“

Zum Projekt Pulcher gehört auch, für den neuartigen Antrieb nur Treibstoffe zu verwenden, die weniger giftig sind als das bislang meist verwendete Hydrazin. Daran arbeitet eine polnische Forschergruppe. In Italien wird die Firma Alta nach den Vorgaben der Projektpartner bald den ersten Prototypen bauen. Den Ergebnissen blickt Peter Rickmers mit Spannung entgegen. Womöglich wird das Triebwerk noch nicht halten, was die Simulationen versprechen. „So etwas gehört dazu“, sagt er und grinst. „Dann haben wir wieder zu tun.“



Der Bombardierkäfer wird kaum größer als einen Zentimeter, doch er weiß sich zu verteidigen – mit einer heißen Gasladung, die er seinen Feinden entgegensprüht. Foto: picture alliance

Umwelt-Tipp

Kopf hoch und Vogelzug gucken

:: Sie machen durch laute Rufe, die Trompetentönen ähneln, auf sich aufmerksam: Tausende Kraniche ziehen derzeit über die Region Hamburg, auf dem Weg in ihre Winterquartiere. Jetzt heißt es: Kopf hoch und den Himmel nach den typischen V-Formationen absuchen, in denen die Vögel energiesparend unterwegs sind. Über ganz Europa herrscht jetzt reger Flugverkehr. Deshalb rufen Naturschützer in Deutschland und anderen Ländern zum „Birdwatch“-Wochenende auf. Allein hierzulande starten 160 Exkursionen zur Vogelbeobachtung, in Hamburg am Sonnabend (9 Uhr) und Sonntag (11 und 15 Uhr) im Duvenstedter Brook. Weitere Termine, zum Beispiel in Quickborn oder Winsen, stehen im Internet unter [www.nabu.de/birdwatch](http://www.nabu.de/birdwatch) (hi)

ONLINE

Weitere Umwelt-Tipps zum Nachlesen: [www.abendblatt.de/Umwelt-Tipp](http://www.abendblatt.de/Umwelt-Tipp)

ZOOLOGIE

Suche erfordert mehr Energie als Reißen der Beute

RALEIGH :: Raubkatzen benötigen viel mehr Energie zum Aufspüren von Beutetieren als für die eigentliche Jagd. Das zeigen zwei Studien zu Geparden und Pumas, die jetzt im US-Fachjournal „Science“ veröffentlicht wurden. Im Vergleich zur oft langwierigen Suche nehme das krauftraubende Reißen der Beute nur eine sehr kurze Zeit in Anspruch, betonen die Forscher. Der Rückgang der Geparden-Populationen sei vor allem durch Menschen verursacht. „Alles, was wir tun, dass sie weiter laufen müssen, um ihre Beute zu finden – den Bestand ihrer Beutetiere verringern oder Zäune und Barrieren aufstellen – macht das Leben für einen Geparden etwas schwerer“, sagt Johnny Wilson von der North Carolina State University in Raleigh (USA). (dpa)

SUCHTBEKÄMPFUNG

Pille soll Alkoholkonsum reduzieren

LONDON :: Menschen mit Suchtproblemen können in Großbritannien eine Pille bekommen, die ihre Lust auf Alkohol bremst. Das Nationale Gesundheitsinstitut des britischen Gesundheitsministeriums empfiehlt das Medikament allen, die täglich eine halbe Flasche Wein oder drei Glas Bier trinken. Die Pille blockiert den Teil des Gehirns, der dem Trinker Vergnügen signalisiert, erläuterte das Institut. Damit würde die Lust auf ein zweites Glas gemindert. Die Pille könne aber nur bei gleichzeitiger psychologischer Behandlung eingenommen werden. Rund 600.000 Briten seien berechtigt, sich das Medikament verschreiben zu lassen. (dpa)

ALASKA

Walrosse versammeln sich mangels Eisschollen an Land

ANCHORAGE :: Auf einer Landzunge in Alaska haben mehrere Zehntausend Walrosse Zuflucht gesucht. Eine gewaltige Ansammlung der schwerwichtigen Tiere wurde auf dem kleinen Areal an der Nordküste aus der Luft beobachtet und auf etwa 35.000 Exemplare geschätzt, berichtete die US-amerikanische Behörde für Ozeanografie NOAA. Im Vorjahr seien es nur 10.000 gewesen. Eigentlich ruhen sich Walrosse zum Verdauen auf Eisschollen aus, wenn sie auf dem Meeresboden nach Nahrung gesucht haben. Da das Eis aber fehle, hätten sich die Tiere nun an Land geschleppt, berichtete die Geoforschungsorganisation United States Geological Survey (USGS). (dpa)

BIOLOGISCHE VIELFALT

Regenwurm-Inventur erfasst 46 Arten in Deutschland

GÖRLITZ :: Biologen haben erstmals sämtliche bekannten Regenwurmart in Deutschland aufgelistet. „Es gibt 46 Arten von Regenwürmern bei uns“, erklärte Studienleiterin Ricarda Lehmitz vom Görlitzer Senckenberg Museum für Naturkunde. Ein Wurm komme nur in Deutschland vor: Der badische Riesenregenwurm (*Lumbricus badensis*) kann bis zu 60 Zentimeter lang werden und hat sich im Südschwarzwald eine ökologische Nische geschaffen. Die Artenvielfalt nimmt von Norden nach Süden hin zu. (dpa)

## Wie weitverbreitete Erkältungsviren Asthma auslösen

LONDON :: Forscher haben einen Mechanismus entdeckt, mit dem gewöhnliche Erkältungen Asthmaschübe auslösen. Das britische Team zeigte in Laborversuchen und auch an Mäusen und Menschen, dass weitverbreitete Rhinoviren in bestimmten Lungenzellen die Produktion des Signalstoffes Interleukin-25 (IL-25) ankurbeln. Damit lösen sie eine ähnliche Signalkaskade aus wie bei einer allergischen Reaktion. Wirkstoffe, die IL-25 blockieren, könnten solche Asthmaanfänge verhindern, schreiben die Forscher vom Imperial College London im Fachblatt „Science Translational Medicine“.

Bei nicht allergischem Asthma werden Schübe oft durch virale Infektionen der Atemwege ausgelöst – überwiegend von Rhinoviren. Während diese Erreger bei gesunden Menschen meist eher harmlose Erkältungen hervorrufen, können sie bei Asthmatikern zu lebens-

bedrohlicher Atemnot führen – ähnlich der Reaktion des Immunsystems bei Allergien.

Die britischen Forscher untersuchten nun die Rolle des Botenstoffes IL-25, der an allergischen Reaktionen beteiligt ist. Dazu infizierten sie im Labor Zellen des Lungenepithels von Asthma-Patienten und von gesunden Menschen mit Rhinoviren – die Zellen der Asthmatischer erzeugten etwa zehnmal mehr IL-25. Tests mit Menschen, die mit Rhinoviren infiziert wurden, bestätigten dies: Im Nasenschleim der Asthmatischer befand sich mehr IL-25.

Studien an Mäusen zeigten, dass neben IL-25 weitere Signalstoffe produziert wurden, die Entzündungen begünstigen. Blockierten die Forscher IL-25 mit einem Antikörper, wurden weniger solche Stoffe gebildet. Dies sei ein Ansatz, um Asthmaschübe zu unterbinden, so die Forscher. (dpa)

## HI-Virus blieb zunächst im Kongo

Forscher rekonstruierten mit **statistischer Analyse der Gensequenzen** den Weg des Erregers

KINSHASA/OXFORD :: Die weltweit verbreitetste Variante des HI-Virus ist wahrscheinlich um das Jahr 1920 in Kinshasa entstanden und breitete sich in den ersten Jahrzehnten nur langsam im Kongobecken aus. Erst ab den 1960er-Jahren gelangten die Erreger der HIV-Gruppe M, die heute weltweit vorherrscht, vom westlichen Zentralafrika in andere Teile der Welt. Aus der statistischen Analyse genetischer HIV-Sequenzen haben Forscher die frühe Geschichte des Aids-Erregers rekonstruiert. Sie erklären die Ausbreitung im Magazin „Science“ mit den sozialen und historischen Lebensbedingungen im Kongobecken.

Bekannt war bereits, dass Varianten des SI-Virus (Simian Immunodeficiency Virus) vermutlich im frühen 20. Jahrhundert mindestens 13-mal von Affen auf Menschen übertragen wurden – darunter viermal die häufigste und ag-

gressivere Form HIV-1. Erste Berichte über Aids erschienen Anfang der 1980er-Jahre in den USA, identifiziert wurde das HI-Virus 1983. Insgesamt haben sich bisher fast 75 Millionen Menschen damit infiziert.

Die ältesten HIV-Sequenzen stammen aus zwei Blutproben, die Ende der 1950er-Jahre in Léopoldville entnommen wurden, dem heutigen Kinshasa, Hauptstadt der Demokratischen Repu-



Darstellung des Humanen Immunschwäche-Virus (HIV). Foto: pict. alliance

blik Kongo. Aus Analysen von Erregervarianten erstellten die Forscher um Oliver Pybus von der Universität Oxford (England) und Philippe Lemey von der Universität Löwen (Belgien) einen HIV-Stammbaum, den sie mit historischen Daten abglichen.

Demnach breiteten sich die zwei wichtigsten Virusvarianten M und O zunächst im Kongobecken aus, vor allem entlang des Eisenbahnnetzes. „Daten aus Kolonialarchiven zeigen, dass bis Ende der 1940er-Jahre mehr als eine Million Menschen jedes Jahr mit der Eisenbahn durch Kinshasa reisten“, sagt Nuno Faria von der Universität Oxford. Von 1960 an stieg die Ausbreitung von M fast um das Dreifache.

Zwei Subtypen der M-Viren wurden von Migranten über Haiti in die USA beziehungsweise nach Sambia, Angola und in andere Länder Afrikas südlich der Sahara verbreitet. (dpa)