

Ein Gespräch mit Rattan Lal

Gentechnik und Öko für Afrika

Die nächste grüne Revolution soll den Ärmsten nützen, und die Klimapolitik soll mit Milliarden Dollar helfen. Was kann das geben – eine neue Industrielandwirtschaft?

In Marokko haben sich 27 afrikanische Regierungen vor dem anstehenden Klimagipfel in der AAA-Initiative („Adaptation of African Agriculture“) verbündet. Ziel: eine grüne Revolution für Afrika aus den Milliardenhilfen für den Klimaschutz (siehe F.A.Z. vom 1. Oktober). Wird das den Kleinbauern dabei helfen, den Hunger zu besiegen? Wir haben in Marrakesch den Bodenforscher und Hauptautor für den Weltklimarat IPCC, Rattan Lal, befragt.

Herr Lal, nach der Konzentrationswelle in der Agrarbranche fürchten viele, dass die Großtechnik und Intensivierung die Kleinbauern teuer zu stehen kommt. Nirgendwo gibt es mehr Kleinbauern als in Afrika. Gibt es einen Grund, dass man hier einen so großen Bogen um die Rolle der Großindustrie gemacht hat?

Die Zukunft der Landwirtschaft, insbesondere der afrikanischen, ist keine Frage von Industrialisierung. Es gibt 300 000 verschiedene Bodentypen und deshalb auch keine einzelne seligmachende Lösung. Der entscheidende Punkt für bessere Erträge ist, was in den Boden reinkommt und was herausgeholt wird. Es geht um eine positive Balance im Kohlenstoffhaushalt.

Wie sollen die Kleinbauern das erreichen, wenn es den afrikanischen Böden heute schon massiv an Nährstoffen und an Wasser fehlt? Dünger und Bewässerungstechnik sind teuer.

Sie brauchen natürlich Hilfe. Gesunde, fruchtbare Böden müssen uns etwas wert sein. Wir können ausrechnen, was die Farmer selbst dazu beitragen, indem sie Erntesterile im Boden lassen und natürlichen Dünger nutzen. Aber für den Rest, den es braucht, um mehr Fruchtbarkeit zu erzielen, ist finanzielle Hilfe nötig. Ich habe



Rattan Lal von der Ohio State University ist gebürtiger Inder und einer der einflussreichsten Boden- und Umweltforscher weltweit.

ausgerechnet, dass dafür etwa 40 Dollar pro Jahr und Hektar ausreichen. Ich plädiere dafür, dass mindestens die Hälfte der 100 Milliarden Dollar aus dem grünen Klimafonds, die den Entwicklungsländern ab dem Jahr 2020 zugesagt worden sind, in die Landwirtschaft fließt.

Die Kleinbauern sollen subventioniert werden, und die Konzerne verdienen an der Intensivierung?

Das sind keine Subventionen, das ist ein Ausgleich für die Ökosystemleistungen der Kleinbauern. Wir erwarten von ihnen, dass sie etwas für die Weltgemeinschaft und gegen den Hunger tun, also haben sie Anspruch auf Unterstützung.

Sie halten die Konzentration des Agrarmarktes auf vielleicht nur noch drei Weltkonzerne für kein Problem? Sie werden die Preise doch nach oben treiben.

Die Preise werden steigen, weil der Dünger- und Energieinsatz mehr kostet. Solange es keine Monopole gibt, halte ich die Konzentration für kein so großes Problem. Es ist eine Win-win-Situation. Die Familien der Kleinbauern bekommen eine höhere Ertragssicherheit.

Sie haben sich in dem Weißbuch der AAA-Initiative für eine Förderung nachhaltiger Wirtschaftsweisen – für „Agro-Ökologie“ – ausgesprochen, andererseits aber auch für eine Intensivierung.

Es geht um Ökointensivierung. Wir haben inzwischen die Mittel, um mehr Erträge aus dem vorhandenen Land zu holen. Wir dürfen nicht weitere Natur verbrauchen. Use the best, leave the rest.

Welche Rolle soll die grüne Gentechnik spielen? Auch sie blieb auf dem AAA-Treffen weitgehend außen vor.

Ich halte die Biotechnik generell für eine mögliche Option. Sie hat schon bewiesen, dass gentechnisch veränderte Nutzpflanzen den Einsatz von Pestiziden, Herbiziden und Düngemitteln reduzieren können. Vor allem, wenn wir die ökologischen Veränderungen betrachten, die der Klimawandel mit sich bringt, muss das unbedingt auf den Tisch. Ich bin enttäuscht, dass die Europäer das nicht ausreichend berücksichtigen.

Viele Europäer setzen dafür auf umweltchonende ökologische Landwirtschaft.

Ob Öko oder Chemie, das ist für mich nicht so entscheidend, solange die Nährstoffe dem Boden wieder zugeführt werden, die wir ihm entnehmen. Afrikas Fertilisationslücke ist gewaltig, und afrikanische Bauern nutzen noch immer nur ein Zehntel des weltweiten Durchschnitts an Dünger pro Hektar. Zweifellost ist natürlicher Dünger im Prinzip besser, aber so viel Nährstoffe, wie wir in Afrika brauchen – wie sollen wir den ganzen Bioabfall herantransportieren?

Die Fragen stellte Joachim Müller-Jung.

Ich bin halt keine zwanzig mehr!“ Damit trösteten sich viele ältere Menschen, die schon nach wenigen Gehminuten Schmerzen in den Beinen verspüren und daher vor jedem Schauferster stehenbleiben, um sich auszuruhen und ihre Beschwerden zu verbergen. Was wie eine normale Alterserscheinung daherkommt, beruht indes meist auf fortgeschrittenen arteriosklerotischen Verengungen der Beinarterien. Eine solche Schaufersterkrankheit, im Fachjargon periphere arterielle Verschlusskrankheit – kurz PVA – genannt, betrifft hierzulande rund zehn Prozent der Bevölkerung; in der Gruppe der über 75-Jährigen liegt der Anteil bei 15 bis 20 Prozent. „Das war zumindest der Stand vor zehn Jahren“, stellt Holger Reinecke vom Department für Kardiologie und Angiologie am Universitätsklinikum Münster fest. „Neuere Zahlen gibt es bislang leider nicht. Untersuchungen in anderen Ländern zeigen jedoch, dass die Häufigkeit dieser Erkrankung zwischen den Jahren 2000 und 2010 um etwa 15 Prozent zugenommen hat.“ Dieser Aufwärtstrend dürfte weiter anhalten, schätzt der Gefäßspezialist. Ein Grund hierfür sei der Anstieg der Lebenserwartung. „Früher kam die Schaufersterkrankheit deshalb seltener vor, weil viele Personen zuvor am Herzinfarkt oder Schlaganfall gestorben sind. Heute lassen sich diese Krankheiten, die größtenteils ebenfalls arteriosklerotisch bedingt sind, sehr viel besser behandeln und ihr Beginn hinauszögern.“ Viele Patienten würden daher alt genug, um die Schaufersterkrankheit gleichsam noch zu erleben.

Warum aber sind manche Menschen selbst mit 90 Jahren noch extrem rüstig, während bei anderen die Arteriosklerose gleichsam im Zeitraffer abläuft? Eine wichtige Rolle spielen dabei der Lebensstil und der Gesundheitszustand. Besonders rasch voran schreitet die Gefäßalterung bei Rauchern, Diabetikern, Nierenkranken, Patienten mit Herzschwäche, Personen mit hohem Blutdruck und solchen mit zu viel Fett im Blut. Es gibt allerdings auch Betroffene, bei denen – bislang unbekannt – erbliche Faktoren die wichtigste krankheitsstrebende Kraft sind.

Das Heimtückische an arteriosklerotischen Gefäßengpässen in den Beinen ist: Anders als vergleichbare Durchblutungsstörungen im Herzmuskel bleiben sie oft lange Zeit stumm. Für gewöhnlich werden sie erst entdeckt, wenn die arteriosklerotischen Ablagerungen bereits so raumgreifend sind, dass sie den sauerstofftransportierenden Beinarterien gleichsam die Luft abschneiden und das Gewebe folglich absterben droht. Selbst in diesem Stadium dauert es mitunter noch einige Zeit, bis die Wahrheit ans Licht kommt. Die Gehbeschwerden werden nämlich nicht selten als Gelenkarthrose oder auch Muskelüberlastung verkannt und die schlecht heilenden Wunden als Venenproblem fehlgedeutet. Hinzu kommt, dass die Betroffenen einen Besuch beim Arzt oftmals scheuen. „Viele schämen sich, wenn an den Zehen plötzlich schwarze Flecken auftauchen, die sich mit der Zeit zu übelriechenden Geschwürchen entwickeln. Oft verstecken die Betroffenen ihre Füße daher selbst vor dem Ehepartner“, weiß der Münsteraner Internist aus Erfahrung. Ist die Erkrankung bereits so weit fortgeschritten, sollten die Patienten indes unmittelbar handeln. Ansonsten tragen sie ein hohes Risiko, einen oder mehrere Zehen, den Fuß oder gar den Unterschenkel zu verlieren.

Angesichts der Schwere solcher Eingriffe grenzt die Nonchalance, mit der hierzulande Amputationen ausgeführt werden, schon fast an Zynismus. Ziemlich ernüchternd sind jedenfalls die Ergebnisse einer Erhebung im „European Heart Journal“, der Patientendaten einer großen deutschen Krankenkasse zugrunde liegen (doi: 10.1093/eurheartj/ehv006). Wie aus der Untersuchung hervorgeht, befanden sich zwischen den Jahren 2009 und 2011 knapp 42 000 Ver-



Wenn es den Beinen an Sauerstoff mangelt

Bedrohliche Sauerstoffnot in den Beinen. Ein neues Verfahren könnte Patienten mit schweren Durchblutungsstörungen in den Beinen vor Amputationen bewahren.

Von Nicola von Lutterotti

Das kardiovaskuläre System eines Sprinters muss gut durchblutet sein.

Foto SKU/Your Photo Today

sicherte der Barmer-GEK wegen einer Mangeldurchblutung der Beine im Krankenhaus, und bei 4400 von ihnen setzten die Chirurgen das Skalpell zur Amputation an. Was in solchen Fällen eigentlich selbstverständlich sein sollte, blieb indes häufig aus: Bei etwa 40 Prozent der Betroffenen war weder während des Krankenhausaufenthaltes noch in den zwei vorausgegangen Jahren versucht worden, die gefährdeten Gliedmaßen zu retten. Insofern drängt sich die Frage auf: Wie viele der deutschlandweit rund 60 000 einschlägigen Amputationen im Jahr könnten verhindert werden, wenn die diagnostischen und therapeutischen Möglichkeiten besser ausgeschöpft würden? Laut Ivo Buschmann vom Lehrstuhl für Angiologie der Medizinischen Hochschule Brandenburg dürfte dieser Anteil erheblich sein. „Noch schlimmer als im Westen ist die Situation im Osten Deutschlands“, fügt der Angiologe hinzu. „Eigene Erhebungen in Kooperation mit zwei Krankenkassen zeigen, dass die

Amputationsrate in Brandenburg fast dreimal so hoch ist wie jene in anderen Bundesländern.“ Müssen Teile der Gliedmaßen abgetrennt werden, sei dies meist der Beginn einer raschen Abwärtsspirale. Das gelte insbesondere für Zuckerkrankheit. „So sterben 35 Prozent der Diabetiker im Verlauf eines Jahres und 66 Prozent innerhalb von fünf Jahren nach der Amputation.“ Die übrigen müssten sich oftmals weiteren Eingriffen dieser Art unterziehen.

Das Dramatische an diesen Schicksalen: Wird die „Luftnot“ der Beine frühzeitig erkannt und angegangen, lassen sich Amputationen fast immer abwenden. Als einen Grundpfeiler der Therapie bezeichnete Reinecke dabei die Senkung zu hoher Blutdruck- und Blutfettwerte sowie den Schutz vor gerinnselbigen Gefäßverschlüssen. Was die konsequente Behandlung dieser Risikofaktoren angehe, liege in Deutschland noch ei-

niges im Argen. Eine weitere, mindestens ebenso wirksame Maßnahme, um Amputationen vorzubeugen, ist regelmäßige körperliche Bewegung. Das belegen unter anderem die Ergebnisse einer Studie von niederländischen Forschern um Myriam Hunink vom Medical Center der Erasmus University in Rotterdam, die in der Zeitschrift „Jama“ (doi: 10.1001/jama.2015.14851) erschienen ist. Die daran beteiligten Probanden, insgesamt 212 Männer und Frauen mit mäßig ausgeprägter Schaufersterkrankheit, konnten zu Beginn nur etwa 265 bis 285 Meter zurücklegen, bevor starke Schmerzen sie zum Stehenbleiben zwangen; nach einjährigem Gehtraining waren es dann knapp 1000 Meter mehr. Rund 280 Meter kamen dabei jene 106 Versuchsteilnehmer, die sich vor der Sporttherapie einer Angioplastie – einer Aufweitung der verengten Beinarterie mit dem Ballonkatheter und teilweise der Implantation einer Gefäßstütze, eines Stents – unterzogen hatten. Ihr Leistungsvorsprung

Eine Friedenstaube, gemalt mit Schall

Die Holographie erobert die Akustik: Stuttgarter Forscher formen mit Schallwellen Bilder von dreidimensionalen Objekten

Winzige Partikel in der Schwebe zu halten oder gar ohne sichtbaren Kontakt von einem Ort zu einem anderen zu transportieren – was nach einem Zaubertrick klingt, ist mit Schallwellen möglich. Entsprechend eingesetzt, erzeugen die akustischen Signale einen Schalldruck, mit dem sich die Teilchen wie durch Geisterhand geführt bewegen lassen. Allerdings waren solche akustischen Manipulationsversuche bislang mit großem technischen Aufwand verbunden. Forscher vom Max-Planck-Institut für Intelligente Systeme haben gemeinsam mit Kollegen von der Universität Stuttgart nun ein holographisches Verfahren entwickelt, mit dem Mikropartikel in großer Zahl gleichzeitig bewegt und zu größeren dreidimensionalen Strukturen zusammengesetzt werden können.

Die Holographie hat ihren Ursprung in der Optik. Sie erweiterte die Fotografie auf die dritte Dimension, indem sie neben der Lichtintensität auch die Information darüber verwertet, wo die Lichtwellen, die von einem Objekt reflektiert werden, im Raum ihre maximale Intensität erreichen. Man spricht von der Phase der Welle. Bei der Reflexion an einem dreidimensionalen Gegenstand verschiebt sich die Phase auf charakteristische Weise und transportiert dabei die Information über die räumliche Struktur des Objekts. So erhalten Hologramme ihre typische dreidimensionale Anmutung.

Analog dazu lassen sich auch Hologramme aus Schall erzeugen und so gezielt Schalldruckprofile in der Luft oder in Flüssigkeiten modellieren. Dazu schickt man beispielsweise mit einem Miniatur-Lautsprecher, einem Transducer, Ultraschallwellen in eine mit Luft oder Wasser gefüllte Kammer. Es bildet sich eine stehende Welle. In ihren Knotenpunkten ruht die Wellenbewegung. Diese Orte eignen sich ideal dazu, Mikro-

In ihrem neuen Verfahren haben die Stuttgarter Forscher um Peer Fischer und Kai Melde die Anordnung von mehreren Transducern durch ein Kunststoffrelief ersetzt, das sie mit einem einzigen Lautsprecher beschallen. Zur Herstellung des Reliefs haben sie zunächst mit dem Computer eine Phasenkarte des abzubilden-



Picassos „Friedenstaube“ als akustisches Hologramm
Foto Kai Melde

den Objekts angefertigt. Dann simulierten sie, wie ein Stück Kunststoff geformt sein müsste, um das Phasenprofil an eine penetrierende Ultraschallwelle weiterzugeben. Die Hologrammschablone wurde mit einem 3D-Drucker gefertigt.

Als Demonstrationsobjekt wählten Melde und seine Kollegen die „Friedenstaube“ von Pablo Picasso. Das Motiv weist keine Symmetrien auf und ist zugleich feinstrukturiert. Gefragt war also eine hohe Auflösung. Die Forscher richteten nun eine ebene Ultraschallwelle auf das Relief. Sie wurde je nach Dicke und Form der Schablone unterschiedlich stark verzögert. So prägte sich der Schallwelle die entsprechende Phaseninformation der „Friedenstaube“ auf. Nach einem gewissen Abstand vom Relief, in der Bildebene, erzeugte sie dann das gewünschte Schalldruckprofil von Picassos Friedenstaube. Das erfolgte mit Kunststoffpartikeln, die in einem mit Wasser gefüllten Gefäß schwammen.

Wie die Forscher um Melde in der Zeitschrift „Nature“ (doi: 10.1038/nature19755) berichten, bestand das modellierte Hologramm aus 15 000 Phasenpunkten. Damit lieferte das Experiment eine hundertmal so gute Auflösung wie das herkömmliche Verfahren und das bei geringerem technischen Aufwand. Das Auflösungsvermögen des akustischen Hologramms ist hierbei allein durch die Detailreichtum des Kunststoffreliefs und damit durch die Leistungsfähigkeit des 3D-Druckers begrenzt. Ein Limit haben Melde und seine Kollegen noch lange nicht erreicht. Eine Steigerung um das Zehnfache wäre noch möglich.

nalm über die Monate hinweg allerdings kontinuierlich ab. Daher stellt sich die Frage, ob und wie sehr die kathetergestützte oder chirurgische Therapie den Betroffenen längerfristig zugutekommt. „Wenig Zweifel bestehen am Nutzen eines Gefäßeingriffs andererseits, wenn die Erkrankung bereits weit fortgeschritten ist“, sagt Reinecke. Bei solchen Patienten gehe es nämlich vorderhand darum, die Durchblutung so rasch wie möglich wiederherzustellen, um eine Wundheilung zu ermöglichen und eine Amputation abzuwenden. Welche Eingriffsart im Einzelfall den größten Nutzen verspreche – die Angioplastie oder eine Bypass-Operation, bei der die verengte Ader mit einem gesunden Gefäß überbrückt wird – müsse man von Fall zu Fall entscheiden. „Wichtig ist jedoch, dass die Patienten anschließend mindestens dreibis viermal pro Woche eine Stunde lang spazieren gehen. Ansonsten hält der Behandlungserfolg nicht lange an.“

Nicht allen Betroffenen gelingt es allerdings, sich regelmäßig zu bewegen. Das gilt beispielsweise für äußerst gebrechliche Patienten und für Personen mit offenen Fußwunden. Einen Ausweg könnte in solchen Situationen ein Verfahren darstellen, das Buschmann während seiner Tätigkeit an der Charité in Berlin entwickelt hat. Dabei handelt es sich um ein Gerät, das die positiven Wirkungen von Sport nachahmt: Ausgestattet mit einer aufblasbaren Manschette, beschleunigt der Apparat das Blut während der Systole – jener Phase, in der sich das Herz zusammenzieht und das Blut in Umlauf bringt. Um dem Blut die nötige Schubkraft zu verleihen, muss die um die Hüfte liegende Manschette jeweils am Ende der Systole aufgepumpt werden – und zwar zu einem Zeitpunkt, wenn der Blutfluss in Richtung Bein seine maximale Vorwärtsgeschwindigkeit erreicht hat. „Beim Aufblasen der Manschette erhält der Blutstrom von hinten einen Schubs“, erklärt Buschmann die Antepulsation genannte Blutbeschleunigung. „Da sich der Zeitpunkt, indem das Aufpumpen der Manschette die größte Wirkung zeigt, von einer Person zur nächsten unterscheidet, müssen wir das Gerät jeweils individuell einstellen.“ Dass eine Beschleunigung des Blutflusses die Durchblutung zu bessern vermag, hat der Physiologe Wolfgang Schaper, ehemals Direktor des Max-Planck-Instituts für physiologische und klinische Forschung in Bad Nauheim, entdeckt. Wie Schaper in unzähligen Untersuchungen zeigen konnte, vermag der Organismus von Geburt an über ein mehr oder weniger dichtes Netz zarter Ersatzarterien. Diese Kollateralen, die normalerweise in einer Art Schlafstellung verharren, werden in Notsituationen zu natürlichen Bypass-Gefäßen vergrößert. In Gang kommt das Kollateralenwachstum, wenn das Blut eine Schlagader aufgrund eines Strömungshindernisses nicht rasch genug passieren kann und daher auf die Nebenarterien ausweicht. Bis die Rettungsgefäße ihre volle Größe erreicht haben, dauert es allerdings einige Zeit. Daher können sie ihre Aufgabe auch nur erfüllen, wenn die verkalkete Ader nicht zu rasch zugeht. Eine weitere Voraussetzung, um die Kollateralen aus dem Schlummer zu erwecken, ist ein konstanter Stimulus in Form von regelmäßiger Bewegung.

Diesem natürlichen Reiz kann das von Buschmann entwickelte Passivtraining offenbar erfolgreich imitieren. Hierfür sprechen zumindest die Ergebnisse eines Testlaufs bei 14 Patienten mit mittelschwerer Schaufersterkrankheit. Wie der Angiologe und die anderen Studienautoren berichten, erhöhte sich die maximale Gehstrecke der Probanden nach fünfwöchiger Behandlung von rund 170 auf 450 Meter („Vasa“, doi: 10.1024/0301-1526/a000544). In einer Studie mit sehr viel größerer Teilnehmerzahl wollen die Wissenschaftler das Antepulsations-Verfahren nun eingehend testen. Sollten sich ihre ermutigenden Anfangsergebnisse bestätigen lassen, wäre dies für die Betroffenen ein enormer Gewinn.

Zusätzlich zur Friedenstaube fertigten Melde und seine Kollegen noch Mehrfachabbildungen anderer Objekte in dreidimensionaler Anordnung an. Kontinuierlich verändern, wie es die herkömmliche Technik mit mehreren Transducern erlaubt, lassen sich die Schalldruckprofile allerdings nicht. Dennoch können die Forscher schwimmende Partikel in Bewegung versetzen. So fertigte man eine Hologrammschablone an, die, als man sie mit Ultraschallwellen bestrahlte, auf der Wasseroberfläche eine Ringwelle erzeugte. Ein Kunststoffteilchen, das auf dem Wasser trieb, erklimmten die Wellenkamm und surfte im Kreis, solange die Schallquelle eingeschaltet war.

Das Verfahren der Stuttgarter Forscher eignet sich für nahezu beliebige Muster und feinste Strukturen. Davon profitieren dürften künftig vor allem die Werkstoff- und Materialkunde sowie die Medizin, so die Forscher. Bei der Konstruktion von Strukturen auf Mikroebene ließen sich so kleinste Bausteine ohne großen Aufwand und physischen Kontakt an die richtige Stelle bringen. In der Medizin könnte es die Ultraschalldiagnostik verfeinern oder therapeutisch, beispielsweise zur Wundheilung, eingesetzt werden. Und im Biolabor könnte man mit so erzeugten Schalldruckbildern einzelne Zellen in einer Petrischale verschieben, ohne diese öffnen zu müssen. FELICITAS MOKLER