QUANTENSPRUNG

Nach dem Beispiel der Natur

Homo faber und sein Vetter Homo oeconomicus schauen sich viel von der Natur ab: Bioingenieure bauen Schiffe nach dem Vorbild von Fischen, und die Raumfahrttechnik nutzt das System der Redundanz, das mehrfache Vorhandensein funktions-, inhalts- oder wesensgleicher Objekte.

Diese Ähnlichkeit zwischen einigen natürlichen und menschlichen Konstruktionsprinzipien wurde mir unlängst unfreiwillig vor Augen geführt, als ich plötzlich und ungeplant ein neues Auto kaufen musste. Ich entschied mich für die relativ ökonomische Lösung eines niedersächsischen Herstellers: eigentlich ein Golf, sieht aber äußerlich nicht so aus. Der Vorteil für mich sind – hoffentlich – preisgünstigere Ersatzteile und erprobte weit verbreitete Technik. Für Autokonzerne im internationalen Überlebenskampf liegt der Vorteil der modularen Bauweise oberflächlich verschiedener Modelle darin, dass die einmal konzipierte Radaufhängung, der Motor oder das Chassis mehrfach eingesetzt werden können – ohne neue Entwicklungskosten.

AXEL MEYER
Professor für Evolutionsbiologie, Konstanz

Die Evolution ist ein Bastler. Sie baut neue Arten nur durch die Modifikation bestehender Module (Zelltypen), Interaktionen von Genen oder entwicklungsbiologischen Mustern. Die Evolution also fängt, anders als ein Ingenieur, nicht mit einem weißen Blatt Papier an, sondern muss mit dem vorhandenen genetischen Material arbeiten. Zu gewagte Experimente können oft im evolutionären Wettbewerb nicht mithalten.

Autodesigner sind auch nicht frei von schon Bekanntem, finanziellen Einschränkungen und der Abneigung des Kunden gegen allzu Ungewöhnliches. Deshalb evolvieren Modellpaletten der Autohersteller auch eher graduell von Jahr zu Jahr.

Modulare Baupläne im Tierreich sind sehr schön an Insekten und anderen Gliedertieren zu sehen. Mehrere Segmente ihres Körpers können gleiche oder ähnliche Aufgaben übernehmen, etwa Fortbewegung (Tausendfüßler!). Aber die Redundanz der Segmente erlaubt auch Experimente, wie zum Beispiel die Evolution der Insekten-Flügel. Im Fachjargon nennt man die im Bauprinzip einiger Evolutionslinien immanente Flexibilität „evolvability“. Es überrascht nicht, dass gerade die Tiergruppen mit segmentalem Körperbau wie Insekten (besonders Käfer) die evolutionär erfolgreichsten sind. Gerade wegen der Hunderttausenden Käfer-Arten attestierte der britische Evolutionsbiologe J.B.S. Haldane Gott eine besondere Vorliebe für Käfer. Ähnlich wie die Wolfsburger Autobauer.

wissenschaft@handelsblatt.com

Diesseits der Artengrenze

Genveränderte Nutzpflanzen ohne fremdes Erbgut könnten Konsumenten die Angst nehmen – und Kritikern die Argumente

SUSANNE DONNER | DÜSSELDORF

Mais mit Bakterien-Erbgut und Soja mit Insekten-Genen sind schon Realität. Ein Forscher pries auch schon Tomaten mit Fischfetten an. Die Gentechnik überwindet Artgrenzen. Doch essen möchte derartige Gewächse kaum jemand. Kritiker fürchten, die eingebauten Gene gehen mit den Pollen auf andere Pflanzen über, bringen die Natur durcheinander.

Einige Pflanzenforscher reagieren auf die Bedenken mit einem neuen Konzept: Statt „transgener“ Sorten schaffen sie „cisgene“ (lat. cis=diesseits). In diese werden keine artfremden Gene eingeschleust, sondern nur solche von kreuzungsfähigen Verwandten. Oder die Gene derselben Pflanze werden durchmischt, ohne dass fremdes Erbgut hinzukäme. „Cisgenetik ist zwischen der transgenen grünen Gentechnik und der traditionellen Saatzucht einzuordnen“, sagt Bernd Müller-Röber vom Max-Planck-Institut für molekulare Pflanzenphysiologie in Golm. Da kein fremdes Erbgut eingefügt wird, sei ein Zulassungsverfahren überflüssig, sagte er bei der Vorstellung des Gentechnikberichtes der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften im Februar.

Noch gibt es keine Freilandversuche. Nur in den Laboren sprießen die ersten zarten Pflänzchen. Henk Schouten vom holländischen Pflanzenforschungszentrum in Wageningen arbeitet an einem cisgenen Apfelbaum, der gegen Apfelschorf resistent sein soll. Der Pilz Venturia inaequalis zeichnet die Früchte mit braunen Flecken. Der Pilz verschont aber einen kirschgroßen Zierapfel. Denn diese ungenießbare Sorte, Malus floribunda, produziert einen Abwehrstoff. „Es gibt zwar resistente Kreuzungen aus dem Zierapfel. Die Resistenz wird aber allmählich durchbrochen, weil der Schädling mutiert und so die Abwehr der Pflanze unterwandert“, berichtet Schouten. Damit der Apfel dauerhaft gewappnet ist, braucht er nicht nur ein Resistenz-Gen aus dem Zierapfel, sondern weitere aus anderen Sorten, glaubt Schouten. Da das Zusammenbringen dieser Gene durch herkömmliches Kreuzen Jahrzehnte dauern würde, setzt er auf die Gentechnik, die nur etwa fünf Jahre bräuchte.

Cisgenetik könnte den Zorn der Gentechnikgegner besänftigen: Schouten betont, dass die neuen Pflanzen nur Gene in sich trügen, die auch bei der Kreuzung aufeinander treffen könnten. „Artfremde Gene könnten ausgekreuzt werden und bergen daher ein Sicherheitsrisiko“, sagt er und bedient sich der Argumente der Gentechnikgegner. „Cisgene Pflanzen sind genauso harmlos wie konventionell gezüchtete Sorten. Daher sollten sie ohne Zulassung auskommen“, fordert Schouten.

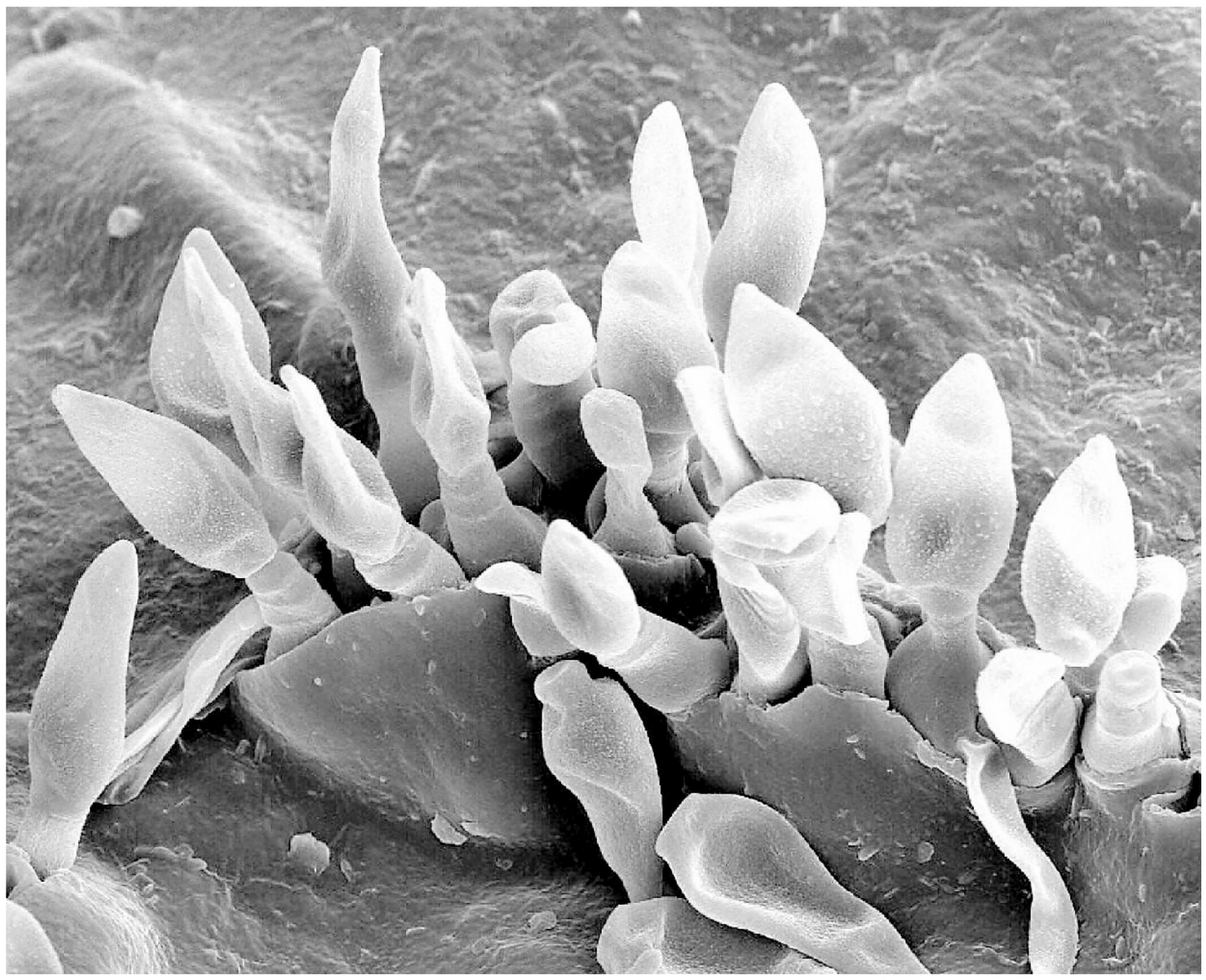

Foto: PR

Für diese Pilz-Sporen des Apfelschorf-Erregers Venturia inaequalis wird es auf ohne fremdes Erbgut genveränderten Äpfeln ungemütlich.

Caius Rommens vom Unternehmen Simplot im US-Bundesstaat Idaho hat eine cisgene Kartoffel erschaffen. Sie soll noch in diesem Frühling ins Freiland gesetzt werden. Die Knolle ist extra für Pommes frites gedacht, da sie beim Frittieren weniger Krebs erzeugendes Acrylamid bildet und ebenmäßig goldgelb ohne dunkle Flecken wird. Diese entstehen vor allem in Winter- und Frühjahrskartoffeln, denn bei Frost wird in den Knollen die Stärke in Zucker umgewandelt. Beim Frittieren karamellisieren die lokalen Zuckeransammlungen zu braunen Stellen. „Das sieht nicht nur hässlich aus. Es ist auch ungesund“,sagt Rommens.

Er legte im Labor gezielt drei Gene in der Kartoffel lahm, die für die Umwandlung von Stärke in Zucker verantwortlich sind. „Dazu dreht man die Abfolge der Basen in dem Gen einfach um.“ Das Gen wird herausgeschnitten und im Labor in seine Bausteine, die Basen, zerlegt. Danach werden diese in umgekehrter Reihenfolge zusammengesetzt und wieder ins Erbgut eingefügt. Folge: Die Zellfabrik kann den verdrehten Bauplan nicht mehr lesen, die Umwandlung der Stärke in Zucker wird unterbrochen.

forward
Text weiterleiten: Mail an **forward@handelsblatt.com** Betreff: **Cisgenetik** (Leerzeichen) **9** (Leerzeichen) **Mailadresse des Empfängers**

Ähnlich ging Rommens gegen Acrylamid vor. Das Gift bildet sich beim Erhitzen auf über 180 Grad Celsius aus Zucker und der Aminosäure Asparagin. „Wenn wir das Gen für Asparagin etwas in seiner Leistung drosseln, entsteht kein Acrylamid mehr.“ Den genetischen Schalter, der das Asparagin-Gen ausbremst, holt er sich aus dem Kartoffel-Erbgut. Schalter, die Gene aktivieren oder dämpfen, kommen dort im Überfluss vor.

„Wir wollen die Gene für die schlechten Stoffe ausschalten und dafür sorgen, dass mehr von den natürlich vorhandenen, guten Stoffe auftreten“, sagt Rommens. „Gut“ sind etwa Antioxidantien. In Kartoffel-Blüten werden diese Krebs hemmenden Stoffe in großen Mengen gebildet, aber in der Knolle sind sie selten. Die Forscher wollen daher demnächst einen Schalter aus den Blüten in die Knollen kopieren. Das ist mit klassischer Zucht nicht zu schaffen.

Entscheidend für die Zukunft der Cisgenetik ist natürlich der Verbraucher. Laut Rommens hätten die Umfragen ergeben, dass drei Viertel der Amerikaner das cisgene Gemüse mit weniger Acrylamid und schönerer Farbe essen würden. Demgegenüber würden drei Viertel die Kartoffel nicht anrühren, wenn sie Erbgut von Bakterien enthält. Rommens vermutet, dass in Europa die Akzeptanz für die cisgene Kartoffel wohl etwas geringer sei, aber sicher größer als für eine transgene.

Einige Forscher warnen aber davor, cisgene Pflanzen generell für unbedenklich zu halten. „Cisgenetik und Transgenetik unterscheiden sich nicht in der Technik, sondern nur in der Quelle, aus der die eingeschleusten Gene kommen“, so Tjard de Cock Buning von der Universität Amsterdam. Die Risiken seien ähnlich: Es kann nicht gesteuert werden, wo im Erbgut das neue Gen seinen Platz einnimmt. Je nach Position entfaltet es jedoch unterschiedliche Eigenschaften. „Das kann das Verhalten in unvorhersagbarer Weise verändern“, mahnt de Cock Buning. Mit Cisgenetik könne man sogar gezielt giftige Kartoffeln erzeugen, indem man die Bildung des Solanins ankurbelt. „Die Risikobewertung könnte flexibler gestaltet werden, je nach den Eigenschaften des modifizierten Gens. Cisgenetik ist kein Verfahren mit niedrigem Risiko.“

Transgene und cisgene Pflanzen

Artenüberschreitend
Die meisten gentechnisch veränderten Pflanzen tragen ein oder mehrere artfremde Gene im Erbgut. Diese stammen oft aus Bakterien, Viren oder Insekten. Sorten, bei denen die Artenschranke mittels Gentechnik überwunden wurde, werden auch als transgene Pflanzen bezeichnet (lat. trans=jenseits). Mit klassischer Zucht könnten die Gene nicht in die Pflanze eingebracht werden, da verschiedene Arten nicht zu kreuzen sind. Ein bekanntes Beispiel ist der Bt-Mais der Firma Monsanto. In dessen Erbgut wurde ein Gen des Bakteriums Bacillus thuringiensis eingeschleust. Dieses Bodenbakterium produziert ein Gift (Bt-Toxin), welches Mais schädigende Insekten tötet, vor allem die Larven des Maiszünslers und des westlichen Maiswurzelbohrers.

Innerhalb einer Art
Dagegen verwendet die Cisgen-Technik nur Gene aus kreuzungsfähigen Arten, die in das Pflanzengenom eingefügt werden (lat. cis=diesseits). Die so erhaltenen Eigenschaften ließen sich also theoretisch auch mit klassischer Zucht erreichen. Dies würde allerdings viel mehr Zeit in Anspruch nehmen. Eine Variante der Cisgen-Technik ist die Eigengen-Behandlung oder Intragenetik (lat. intra=innerhalb): Bei diesem Verfahren werden keine fremden Merkmale ins Erbgut eingeschleust. Vielmehr wird die Erbinformation einer Pflanze in ihrer Abfolge (Sequenz) verändert. So können Gene zum Beispiel gezielt ausgeschaltet oder aktiviert werden. Eigenschaften, die auf diese Weise erreicht werden, gelingen in der klassischen Zucht in der Regel nicht.

UNSERE THEMEN

- MO ÖKONOMIE
- DI ESSAY
- MI GEISTESWISSENSCHAFTEN
- DO NATURWISSENSCHAFTEN
- FR LITERATUR

Auf dem Mars wird es immer wärmer

DÜSSELDORF. Variationen der Strahlung, die von der Oberfläche des Mars reflektiert wird, tragen zum Klimawandel auf unserem Nachbarplaneten bei. Denn sie verursachen eine Zunahme der Winde und damit des transportierten Staubes. Eine in der Zeitschrift „Nature“ veröffentlichte Studie zeigt, dass der Planet möglicherweise jährlich etwa 0,65 Grad Celsius wärmer wird – das wäre etwa hundertfach schneller als die Erderwärmung der letzten 100 Jahre

Der Teil der Sonneneinstrahlung, der von einem Objekt zurückgestrahlt wird, heißt Albedo. Auf der Marsoberfläche bestehen starke Hell-Dunkel-Kontraste zwischen angrenzenden Regionen. Daraus folgen Albedo-Schemen, die sich mit der Zeit stark ändern. Die Folgen dieser Veränderungen der Helligkeit für die Winde und das Klima waren bisher unklar. Die Erforschung des Mars-Klimas gewinnt vor allem durch die Pläne der Nasa für eine bemannte Mars-Mission an Bedeutung.

Lori K. Fenton und Kollegen vom Carl Sagan Center der US-Raumfahrtbehörde Nasa zeigen mit einem Modell, dass diese Albedo-Veränderungen einen stärkeren Effekt haben als bisher vermutet. Größere Regionen der Mars-Oberfläche sind in den vergangenen 30 Jahren stark gedunkelt, weil sie von Staub freigefegt wurden. Das führte zu steigenden Temperaturen und starken Winden. In einem positiven Rückkopplungseffekt verstärken sich so Staub-Erosion und Albedo. *fk*

Tropische Blaualgen in deutschen Seen

DÜSSELDORF. In deutschen Binnengewässern zeigen sich Auswirkungen des Klimawandels. Forscher des Berliner Leibniz-Instituts für Gewässerökologie und Binnenfischerei (IGB) gaben gestern Ergebnisse einer Studie bekannt, wonach tropische Blaualgen in norddeutschen Seen nachgewiesen wurden. Möglich sei dies nur durch die anhaltende Erwärmung. „Wir rechnen mit weit reichenden Veränderungen der planktischen Lebensgemeinschaften unserer Gewässer durch diese Invasion tropischer Arten“, sagte Studienleiterin Claudia Wiedner vom IGB gestern. Blaualgen sind Bakterien, die ein Problem für Badeseen darstellen können, da sie auch giftige Stoffe bilden.

Die Nordsee war Ende März bereits so warm wie sonst im Mai. Nordwestlich von Borkum betrage die Wassertemperatur rund 8 Grad Celsius, teilte das Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) am Mittwoch in Hamburg mit. Wegen des milden Winters habe die Erwärmung des Wassers deutlich früher eingesetzt, sagte BSH-Wissenschaftler Hartmut Heinrich. Das automatische Messnetz des BSH registrierte den wärmsten Winter seit Beginn der Messungen im Jahr 1989. Mit Temperaturen zwischen 7,5 Grad im Januar und 6,6 Grad Mitte Februar lagen die winterlichen Temperaturen deutlich oberhalb der für diese Jahreszeit typischen Mittelwerte von 4,7 und 3,7 Grad. *dpa*

Vermeiden Sie häufige Fehler:
Kostenlose „Montageanleitung“ zur Absicherung Ihrer HV.

Bei der Hauptversammlung einer Aktiengesellschaft wird die Niederschrift der Beschlüsse nach dem AktG einem Notar übertragen. Bei nicht börsennotierten Gesellschaften reicht in bestimmten Fällen das vom Aufsichtsratsvorsitzenden unterzeichnete Protokoll. Doch Vorsicht: Ohne juristische Beratung können kleine Unachtsamkeiten und Fehler bei der Erstellung böse Folgen für ein Unternehmen haben, bis hin zur Nichtigkeit der gefassten Beschlüsse. 'Der Aufsichtsrat' zeigt Ihnen jetztmit einemMusterprotokoll, wie Sie sich richtig vorbereiten und konsequent absichern können.

Unser Autor Dr. Hartmut Wicke liefert in seinem Beitrag „Das Hauptversammlungsprotokoll des Aufsichtsratsvorsitzenden – eine Montageanleitung” mit Formulierungsmustern und Experten-Ratschlägen praktische Hilfen zur korrekten Erstellung einer nicht beurkundeten Niederschrift zur Hauptversammlung.
Lesen Sie jetzt das aktuelle Heft mit diesem Beitrag kostenlos und schützen Sie sich vor vermeidbaren Fehlern!

Der Aufsichtsrat ist eine Fachzeitschrift aus der Verlagsgruppe Handelsblatt

Gratis:

2 Hefte kostenlos – inklusive der 'Montageanleitung...'

Ja, ich will 'Der Aufsichtsrat' jetzt kennen lernen und bestelle 2 aktuelle Ausgaben kostenlos frei Haus, inklusive Nr. 3 mit dem Beitrag **'Das Hauptversammlungsprotokoll des Aufsichtsratsvorsitzenden – eine Montageanleitung'**. Sollte mich 'Der Aufsichtsrat' nicht überzeugen, melde ich mich nach Erhalt des 2. Hefts schriftlich bei: Vertriebsunion Meynen GmbH & Co. KG, Leserservice 'Der Aufsichtsrat', 65341 Eltville. Hören Sie nichts von mir, beziehe ich 'Der Aufsichtsrat' danach zum Jahresvorzugspreis von € 236,– inkl. MwSt., zzgl. € 12,– Versandkosten.
Weitere Infos sowie günstige Gremien-Abo-Angebote finden Sie unter Telefon 0 800 . 000 16 38 (gebührenfrei) **oder www.aufsichtsrat.de**

Vorname, Name
Firma
Postfach / Straße, Haus-Nr.
PLZ, Ort
E-Mail und Telefon (für evtl. Rückfragen)
Datum / 1. Unterschrift (zur Bestellung)

WIDERRUFSGARANTIE: Mir ist bekannt, dass ich diese Bestellung innerhalb der folgenden 2 Wochen ohne Begründung bei der Vertriebsunion Meynen GmbH & Co. KG, Leserservice 'Der Aufsichtsrat', 65341 Eltville, schriftlich, per Datenträger (Postkarte, Brief etc.) widerrufen kann. Zur Fristwahrung genügt die rechtzeitige Absendung. Dies bestätige ich mit meiner zweiten Unterschrift.

Datum / 2. Unterschrift (Bestätigung Widerruf) AR-NKØØ20

Kein Fax? Kupon per Post an: Vertriebsunion Meynen GmbH & Co. KG, Leserservice 'Der Aufsichtsrat', 65341 Eltville

Kupon schnell faxen an: 0 61 23 . 923 82 36