

MILCH, KÄSE & CO.: BIOTECHNOLOGIE WIRD IMMER WICHTIGER

Milch gilt als Naturprodukt schlechthin. Längst hat aber die Biotechnologie in der Milchproduktion und -verarbeitung Fuss gefasst. Den Stand der Forschung hält eine kürzlich veröffentlichte Studie des Schweizerischen Wissenschaftsrates fest.

In den vergangenen 25 Jahren erlebten die biologischen Wissenschaften einen rasanten Aufschwung. Eine neue Biotechnologie entstand, die auf der Gentechnik und weiteren Verfahren basiert. Im Rahmen des Projektes zur Technikfolgen-Abschätzung¹ in der Biotechnologie des Schweizer Wissenschaftsrates hat eine Studiengruppe den Einfluss der Biotechnologie bei der Milchproduktion und -verarbeitung untersucht (WESSELS et al., 1995). Über die technische Zukunft von Milch, Käse & Co. befragte die Studiengruppe rund zwei Dutzend Experten, die in diesem Bereich Forschung und Entwicklung betreiben. Zwei Resultate stechen dabei hervor: Erstens steht zwar die transgene Milchkuh noch nicht vor der Stalltüre, doch die Bio- und Gentechnik werden über kurz oder lang auch bei der Herstellung von Milch und ihrer Verarbeitung in der Schweiz eingesetzt werden. Zweitens aber weist die Schweizer Forschung in vielen Bereichen im internationalen Vergleich einen deutlichen Rückstand auf.

In fast allen Bereichen – von der Tierzucht bis zum Verzehr von Milch und Milchprodukten – gewinnt die Biotechnologie mehr und mehr an Bedeutung:

- Gentechnik unterstützt in der **Tierzucht** vor allem die klassischen Züchtungsmethoden. Transgene Kühe haben – zumindest in der Schweiz – nur eine geringe Bedeutung: Einerseits wird in der Schweiz kaum geforscht. Andererseits ist damit zu rechnen, dass Milch von gentechnisch veränderten Kühen von den Konsumentinnen und Konsumenten strikte abgelehnt würde.
- Seit Jahren wird auch die Verwendung des Rinderwachstumshormons BST (bovines Somatotropin) zur **Steigerung der Milchleistung** intensiv diskutiert. BST wird mit gentechnisch veränderten Mikroorganismen produziert. In den USA und in osteuropäischen Ländern wird BST eingesetzt, in der EU und in der Schweiz hingegen ist BST

nicht zugelassen. Die befragten Fachleute bezeichneten die Anwendungsmöglichkeiten in der Schweiz als eher gering, das gesellschaftliche Konfliktpotential hingegen als gross.

- Bei der Herstellung von Käse spielen **Enzyme** eine zentrale Rolle. Zu «Natur-Lab» aus Kälbermägen bestehen heute zwei Alternativen: Labersatzstoffe aus Schimmelpilzen und mit gentechnisch veränderten Mikroorganismen produziertes Rinderlab. Weniger als 10% des Käses wird in der Schweiz mit mikrobiellem Labersatz hergestellt; gentechnisch hergestelltes Lab findet in der Schweiz aus Marketinggründen kaum Verwendung. Um Fehlgärungen während der Käseproduktion zu verhindern, wird in Ländern wie Deutschland, Frankreich oder Italien oft das Enzym Lysozym zugesetzt. Neben solchen Stoffen gegen Mikroben werden auch Enzyme verwendet, welche die Reifung des Käses beschleunigen und somit die Lagerzeiten und -kosten senken. Da man sich in der Schweiz zum Ziel gesetzt hat, «natürlichen» Käse zu produzieren, werden enzymatische Zusatzstoffe jedoch kaum eingesetzt, obwohl sie zugelassen sind. Im Gegensatz dazu sehen die befragten Expertinnen und Experten durchaus Anwendungsmöglichkeiten für die Enzymtechnik in der Schweiz. Gemäss der Umfrage weist die schweizerische Forschung und Entwicklung jedoch einen deutlichen Rückstand auf.
- **Milchsäurebakterien** stellen einen der wichtigsten Ansatzpunkte der neuen Biotechnologie in der Milchwirtschaft dar. Mit gentechnischen Methoden können die als Starterkulturen zur Herstellung von Sauermilch oder Käse benutzten Stämme optimiert werden. Unter anderem stehen dabei folgende Entwicklungen im Vordergrund: Unempfindlichkeit gegenüber Bakteriophagen; Absonderung von Stoffen, die gegen schädliche Mikroorganismen wirken; Beschleunigung der Reifung. Daneben werden zahlreiche weitere Forschungsrichtungen verfolgt. Generell bildet jedoch ein breites Verständnis der Physiologie der Milchsäurebakterien die Voraussetzung, um Starterkulturen gezielt optimieren zu können. Kennt man zum Beispiel die Genkontrollmechanismen in Milchsäurebakterien, kann man die Produktion spezifi-

¹ Technikfolgenabschätzung (TA) ist ein wissenschaftliches Instrument, um die technischen, wirtschaftlichen, politischen und sozialen Konsequenzen einer Technik frühzeitig erkennen zu können. Dabei geht es darum, langfristige Entwicklungen vorauszusehen. TA soll den Entscheidungsträgern – sei es in der Verwaltung, in der Politik, in der Wirtschaft oder bei Bürger-Organisationen – die Grundlagen für eine langfristige Technikgestaltung liefern. Das Projekt «Biotechnologie bei Lebensmitteln» untersucht deshalb nicht nur die technische Entwicklung, sondern auch die wirtschaftlichen und sozialen Auswirkungen. Weitere Studien werden im Verlauf des Jahres 1995 sowie anfangs 1996 veröffentlicht.

Kontakt: Schweizerischer Wissenschaftsrat, TA-Sekretariat, Inselgasse 1, 3003 Bern; Telefon 031/322 96 66, Telefax 031/322 80 70.

scher Eiweisse in den Bakterien regulieren. Zudem ist dann eine gezielte Steuerung neu eingebrachter Gene möglich. In der Grundlagenforschung wird intensiv in diese Richtung gearbeitet, doch liegt ein umfassendes Verständnis der Genkontrollmechanismen noch in weiter Ferne.

Forschung und Entwicklung weisen in der Schweiz einen leichten Rückstand auf. Gemäss den befragten Expertinnen und Experten bestehen zahlreiche Möglichkeiten, die neue Biotechnologie in diesem Bereich anzuwenden. Aufgrund der Umfrage-Ergebnisse ist zu erwarten, dass die praktische Bedeutung der neuen Biotechnologie bei der Züchtung von Kulturen bereits in absehbarer Zeit stark zunehmen wird. Davon ausgenommen sind Anwendungen, bei denen völlig neuartige Eigenschaften in die Kulturen eingeführt werden. Das Joghurt-Bakterium mit eingebauten Erdbeeraroma-Genen lässt auf sich warten.

- Die **Qualitätssicherung** spielt an verschiedenen Stellen entlang der Produktionskette von der Rohmilch bis zum fertigen Milchprodukt eine wichtige Rolle. So müssen die in der Milch beziehungsweise im Milchprodukt vorkommenden Mikroorganismen bestimmt sowie die unerwünschten Stoffe (v. a. Antibiotika) nachgewiesen werden. Der Nachweis von Mikroorganismen und von Antibiotika ist schon seit Jahrzehnten möglich, kann aber durch neue biotechnologische Methoden verfeinert, beschleunigt und verbilligt werden. Grundlegend neue analytische Methoden wie z. B. Biosensoren befinden sich in der Entwicklung. Gerade in der Biosensorik weist die Schweiz jedoch einen deutlichen Rückstand auf.

Die befragten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler schätzten das Anwendungspotential von neuen biotechnischen Methoden in der Analytik generell als gross ein. Die Anwendung von Biosensoren in grossem Stil liegt jedoch in weiter Ferne, zumal wichtige technische Probleme noch nicht gelöst sind.

Bis heute sind im Nahrungsmittelbereich erst wenige gentechnische Produkte auf den Markt gekommen. Das wird sich in den nächsten Jahren aber ändern. Denn ein liberalisierter und deregulierter Markt scheint die Anwendung der Bio- und Gentechnologie zu fördern. Es ist also letztlich eine politische Entscheidung, welchen Stellenwert diese Technologien in Zukunft erhalten sollen.

Literatur

WESSELS, H.-P., FISCHLI, A., MATHYS, P. & BRAUCHBAR, M. 1995. Einfluss der Biotechnologie in der Milchproduktion und -verarbeitung:

Technologische Vorausschau, Schweizerischer Wissenschaftsrat, Bern.

MATHIS BRAUCHBAR

NOCH FEHLT ES DEM GEOTOPSCHUTZ AN EINER LOBBY

Geotope sind erdwissenschaftlich wertvolle Teile der Landschaft. Sie stellen wichtige Zeugen der Erdgeschichte dar und geben Einblick in die Entwicklung der Landschaft und des Klimas. Um möglichst breite Kreise für den Schutz von Geotopen zu sensibilisieren, erarbeiteten Fachleute aus verschiedenen erdwissenschaftlichen Disziplinen den Strategiebericht «Geotope und der Schutz erdwissenschaftlicher Objekte in der Schweiz». In diesem Bericht werden bestehende Schwachstellen aufgedeckt und Vorschläge zur Verbesserung des Geotopschutzes in der Schweiz aufgezeigt. Ziel ist eine dem Biotopschutz gleichwertige Behandlung des Geotopschutzes.

Geotope dienen den Erdwissenschaftlern und -wissenschaftlerinnen zur Beobachtung der Abfolge von Gesteinen (Petrographie und Stratigraphie), ihrer Lagerungsverhältnisse (Tektonik) sowie der Analyse von Fossilien und fossilen Spuren (Paläontologie). Hieraus lassen sich einerseits die geologische Entwicklung eines Gebietes sowie Anhaltspunkte über die damals herrschenden Umweltbedingungen ableiten; andererseits zeigen die Fossilien und fossilen Spuren den Formenschatz des damaligen Lebens auf. Manche Fossil- und Minerallagerstätten der Schweiz stellen weltweit einzigartige Vorkommen dar. Ebenso sollen Geotope zum Studium von landschaftsbildenden Prozessen in wenig anthropogen beeinflussten Gebieten dienen. Erdwissenschaftliche Untersuchungen bilden die Grundlage für die Bewältigung vieler aktueller Probleme des Menschen, wie beispielsweise Sicherstellung der Wasserversorgung, Bau von Verkehrswegen oder Prognosen für die Klimaentwicklung und deren Folgen.

Der Mensch als geologischer Faktor

Durch die immer grösser werdenden anthropogenen Geländeingriffe sind wichtige Geotope – vom einzelnen Findling bis zur Landschaft und deren Untergrund – zunehmend gefährdet. Allein in der Schweiz werden durch menschliche Aktivitäten jährlich 70–100 Millionen m³ Material (Aushub, Aufschüttungen) bewegt. Eine Zerstörung der Zeugen der Erd- und Lebensgeschichte ist unwiederbringlich. Deshalb, fordert die Arbeitsgruppe Geotopschutz Schweiz, müssen wichtige Naturdenkmäler geschützt werden.

Wirkungsvoll stellte sie ihren Strategiebericht anlässlich der Einweihung der Besichtigungsplattform für das grösste derzeit bekannte Saurierfährtenvorkommen Europas vor. Dieses befindet sich in Lommiswil/Oberdorf im Kanton Solothurn. Die Saurierfährten stammen aus dem späten Jura und sind rund 145 Millionen Jahre alt. Die Spurenfläche umfasst nahezu 10 000 m² und enthält über 450 einzelne Trittsiegel von Sauropoden. Die bis zu 120 cm langen und 80 cm breiten Fussabdrücke stammen mit grösster Wahrscheinlichkeit von Brachiosauriern, die eine Schulterhöhe zwischen 3 und 4,5 m gehabt haben dürften.

Rechtliche Situation

Auch wenn der Ausdruck Geotop nicht ausdrücklich erwähnt wird, sind sowohl in der Bundesgesetzgebung als auch auf kantonaler Ebene gesetzliche Grundlagen vorhanden, die zu einem Schutz der Geotope herbeigezogen werden können. Da die explizite Ausformulierung betreffend Biotope in der Gesetzgebung aber ein Ungleichgewicht geschaffen hat, muss dieses korrigiert werden, wird im Strategiebericht gefordert.

Wie eine Fragebogen-Umfrage bei den Kantonen ergab, dürften die Ursachen für den mangelhaften Geotopschutz eher darin liegen, dass nur 4 Kantone angeben, dass sie ein flächendeckendes, mehr oder weniger vollständiges Inventar von Schutzobjekten besitzen. Zudem schätzt über die Hälfte der Befragten den Stellenwert des Geotopschutzes in der Verwaltung und in der Öffentlichkeit als gering ein. Stellvertretend dafür ist die Antwort eines Kantons: «Uns fehlt die wissenschaftliche Basis, d.h. die Kenntnis der Schutzwürdigkeit, die Zeit und das Geld für entsprechende Erhebungen und Ausscheidungen. Wir haben mit dem Arten- und Bio-

topschutz schon Arbeit bis über den Kopf.» Die Umfrage zeigte auch, dass es dem Geotopschutz im Gegensatz zum Arten- und Biotopschutz fast völlig an einer Lobby fehlt.

Stichhaltige Auswahlkriterien sind gefordert

Unterschutzstellungen in unproduktiven Gebieten sind in der Regel einfach. Kompliziert wird es dann, wenn durch die Unterschutzstellung Flächen nicht mehr genutzt werden können oder zukünftige Nutzungen verunmöglicht werden. Pointiert formulierte es Helmut Weissert, Professor am Geologischen Institut der ETH Zürich: «Will man einen einzelnen Findling irgendwo im Wald schützen, kann man sich sogar Lorbeeren holen – will man aber geologisch einzigartige Täler schützen, ergeben sich nur Schwierigkeiten.» Gemäss Weissert gilt es, stichhaltige wissenschaftliche Kriterien für die Geotop-Ausscheidung zu erarbeiten. «Es sollte nicht so sein, dass die Resultate eines Gutachtens davon abhängen, wer der Auftraggeber ist.» Zudem müssen sich die Experten einig werden, ob sie schützenswerte Geotope zum Beispiel nach dem «Arche-Noah-Prinzip» auswählen wollen, d. h. von jeder geologischen oder geomorphologischen Objekt-Klasse das typischste und besterhaltene Beispiel. Was soll aber dann mit ähnlichen Objekten geschehen? Hier einen Konsens zu finden, ist schwierig, denn die Erdwissenschaftler wissen, dass ein Schutz von allzuvielen Objekten leicht das Gegenteil des erwünschten Effektes bewirken kann.

Literatur

Geotope und der Schutz erdwissenschaftlicher Objekte in der Schweiz: ein Strategiebericht, 1995.

Kontaktadresse: Prof. A. Strasser, Institut de Géologie, Pérolles, 1700 Fribourg.



PFLANZENSCHUTZ: NATÜRLICHE ABWEHRKRÄFTE GEZIELT AKTIVIEREN

Die Aktivierung der pflanzlichen Abwehrkräfte, wissenschaftlich «systemisch aktivierte Resistenz» (SAR) genannt, ist ein natürliches, biologisches Phänomen, das die Pflanzen benutzen, um sich selber gegen Krankheiten zu wehren. Dieses Prinzip konnte aber bisher für den praktischen Pflanzenschutz nicht genutzt werden. Nun ist es einem Forschungsteam der Ciba-Geigy AG erstmals gelungen, mit einem neuen Wirkstoff die natürlichen Abwehrkräfte von Weizen, Reis und andern wichtigen Kulturpflanzen gezielt zu aktivieren. Ähnlich wie nach einer Impfung beim Menschen sind die mit dem Wirkstoff behandelten Pflanzen widerstandsfähiger gegenüber Krankheitserregern.

Bereits zu Beginn dieses Jahrhunderts haben Forscher beobachtet, dass eine Pflanze, die eine erste Infektion überstanden hat, sich einer zweiten viel besser erwehren kann. Diese Beobachtung wurde lange Zeit kaum verstanden. Heute weiss man, dass die erhöhte Widerstandsfähigkeit auf eine Aktivierung der pflanzlichen Abwehrkräfte – die sogenannte «systemisch aktivierte Resistenz» (SAR) – zurückzuführen ist.

Salicylsäure als Immunisierungs-Botenstoff

1990 entdeckten verschiedene Forschergruppen, dass Pflanzen Salicylsäure synthetisieren und während der SAR akkumulieren. Offensichtlich wirkt diese Substanz als Immunisierungs-Botenstoff: Salicylsäure scheint die Funktion eines Alarmsignals zu haben, das in der Pflanze eine Reihe biochemischer Vorgänge auslöst, sobald ein krankmachender Eindringling auftaucht. Befällt zum Beispiel ein Pilz ein Blatt einer Gurkenpflanze, lässt diese als erste Schutzmassnahme die schon infizierten Zellen nekrotisch werden. Unmittelbar nach einer solchen Notfall-Reaktion strömen Salicylsäure und andere Immunisierungsbotenstoffe in die dem kranken Blatt benachbarten Blätter. Sie steigern deren Abwehrbereitschaft, indem sie die Synthese bestimmter Proteine auslösen (sogenannte PR-Proteine, nach «pathogenesis-related» proteins). In den Dikotyledonen sind dies beispielsweise Chitinase oder β -1,3-Glucanase. In den Monokotyledonen ist die Induktion der PR-Proteine weniger ausgeprägt, so dass das Vorhandensein anderer, bis jetzt noch unbekannter SAR-Mechanismen wahrscheinlich ist. Für Reis haben die Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen inzwischen gute Beweise, dass die Lipoxigenase an SAR beteiligt ist.

Die biologischen Vorgänge rund um SAR werden weltweit in vielen Labors der Hochschulen und der Industrie

untersucht. Auch wenn die Labor-Experimente mit Salicylsäure vielversprechend sind, taugt diese Substanz nicht für eine Immunisierung im Feld. Im Kontakt mit gesunden Pflanzen wird sie nämlich schnell in andere, wirkungslose Substanzen umgewandelt. Die Industrieforschung versucht deshalb, synthetische Komponenten zu entwickeln, welche die Wirkungsweise der Salicylsäure kopieren, aber keine unerwünschten Nebenwirkungen haben.

Der Durchbruch ist nun einer Forschergruppe der Ciba gelungen. Mit einem neuen Wirkstoff konnte sie gezielt die natürlichen Abwehrkräfte von Weizen, Reis und andern wichtigen Kulturpflanzen aktivieren. Diese im Juli 1995 am Internationalen Pflanzenschutzkongress in Den Haag vorgestellte Substanz gehört zur Klasse der Benzothiadiazole: der genaue chemische Name ist Benzo (1, 2, 3)thiadiazol-7-carbonsäure-thiomethylester.

Natur gezielt nachahmen

Durch den neuen Wirkstoff werden die gleichen Abwehrmechanismen in Gang gesetzt wie bei einer natürlichen Infektion. Untersuchungen haben gezeigt, dass dieser neue Wirkstoff analog der Salicylsäure wirkt. Der aktivierte Selbstschutz der Pflanzen gegen bestimmte Viren, Bakterien und Pilze hält lange an. Auch neu hinzuwachsende Blätter und Sprosse wehren Krankheitsattacken ab.

Erstmals können die Bauern damit Zeitpunkt und Intensität der SAR kontrollieren. Da der Wirkstoff keinen direkten Einfluss auf die Krankheitserreger hat, ist eine Resistenzbildung eher unwahrscheinlich. Gemäss Ciba-Geigy AG befindet sich der Wirkstoff im fortgeschrittenen Entwicklungsstadium und kann vom Landwirt mit den üblichen Geräten angewendet werden.

So weitreichend die Entdeckung des neuen Schutzprinzips auch ist – den traditionellen Pflanzenschutz kann es vorerst nicht ersetzen. Zu vielfältig sind die Schadenserreger, und zu gross ist die Zahl der verschiedenen Kulturpflanzen, um mit einem einzigen Verfahren ausreichenden Schutz vor Qualitäts- und Ertragseinbussen zu erreichen.

SUSANNE HALLER-BREM

BEKÄMPFUNG VON PFLANZENKRANKHEITEN MIT BAKTERIEN – INTERESSANTES POTENTIAL VORSICHTIG NUTZEN

Für gewisse Kulturpflanzen kann der Einsatz von Bakterien zur Bekämpfung von Krankheiten eine sinnvolle Alternative zu chemischen Mitteln sein. Um die Bedingungen für eine sichere Nutzung von Bakterien im Pflanzenschutz zu erarbeiten, werden im Rahmen des Schwerpunktprogramms «Biotechnologie» des Schweizerischen Nationalfonds mögliche Risiken untersucht. Bereits haben Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der ETH Zürich wichtige Erkenntnisse bezüglich Grundwasserkontamination, Überlebensfähigkeit und Austausch von Genen gewonnen (KEEL & DÉFAGO, 1995).

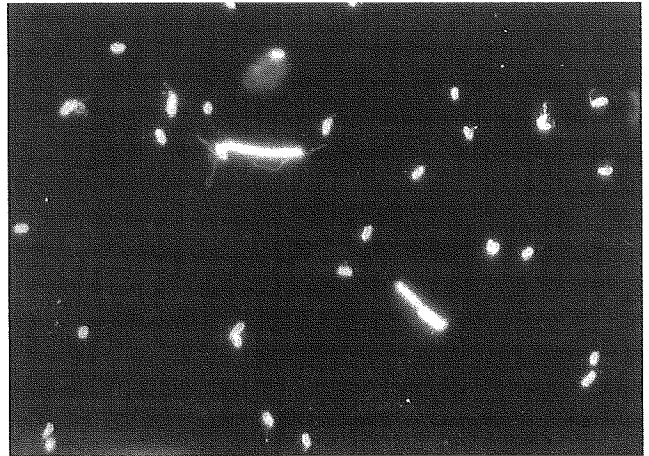
Bei der biologischen Bekämpfung von Pflanzenkrankheiten mit Bakterien muss eine grosse Anzahl dieser Organismen in das Boden-Ökosystem gebracht werden. Der verantwortungsvolle Einsatz von Mikroorganismen im Pflanzenschutz setzt voraus, dass mögliche Risiken vorgängig abgeklärt werden. Eine Forschergruppe am Institut für Pflanzenwissenschaften der ETH Zürich untersucht, wie sich freigesetzte Bakterien im Boden verbreiten, wo und wie lange sie in der Erde überleben und wie sie andere Mikroorganismen im Boden beeinflussen.

Als Modellorganismus hat sich das Team unter Leitung der Professorin Geneviève Défago *Pseudomonas fluorescens*, Stamm CHAO, ausgesucht. Dieses natürlich vorkommende Bakterium wurde aus suppressiven Böden in Morens FR isoliert. CHAO schützt Pflanzen vor Wurzelkrankheiten und ist wissenschaftlich gut charakterisiert. Mindestens zwei der antimikrobiellen Substanzen (2,4-Diacetylphloroglucinol und Cyanid), welche durch CHAO produziert werden, sind an der Krankheitsunterdrückung beteiligt.

«Schlafende» Bakterien

Um freigesetzte Bakterien in der Umwelt zu überwachen, mussten die Forscher und Forscherinnen Methoden entwickeln, die ein spezifisches und direktes Nachweisen der Zellen im Boden und im Wasser erlauben (Abb.). Die Immunofluoreszenz-Mikroskopie, gekoppelt mit einem Test zur Bestimmung der metabolischen Aktivität, zeigte, dass unter gewissen Bedingungen nur ein kleiner Teil (< 1%) der freigelassenen Bakterien mit den traditionellen Methoden wie Kultivieren auf Labormedien nachweisbar sind.

Entgegen bisherigen Annahmen sterben die freigelassenen Bakterien im Boden also nicht nach relativ kurzer Zeit



Bakterien vom Stamm CHAO sind mit der Immunofluoreszenz-Mikroskopie sichtbar gemacht worden. Die Probe wurde mit Hefe-Extrakt (Nährmedium) und Nalidixinsäure (Inhibitor der DNS-Synthese) behandelt. Dabei vergrössern sich metabolisch aktive Zellen um ein Mehrfaches, während inaktive Zellen klein bleiben (Bild: Institut für Pflanzenwissenschaften, ETH Zürich).

ab, sondern können als unkultivierbare Subpopulationen längere Zeit überleben. Interessanterweise bleibt der grösste Teil der freigesetzten Zellen vom Stamm CHAO in Wurzeln und in der Rhizosphäre metabolisch aktiv. In unbewachsenem Boden und tieferen Bodenschichten sind hingegen vor allem inaktive Subpopulationen bestimmt worden. Die Wissenschaftler vermuten, dass dieser «schlafähnliche» Zustand den Bakterien erlaubt, Stresssituationen (z. B. nicht optimale Umweltbedingungen) zu überdauern. Zudem konnte nachgewiesen werden, dass die Synthese von Antibiotika die Überlebenschance der Bakterien in der Umwelt vergrössert.

Können Bakterien ins Grundwasser gelangen?

Bisher nahm man an, dass freigelassene Bakterien sich kaum über oberflächennahe Schichten hinaus verbreiten. Untersuchungen in Freiland-Lysimetern (2 m Durchmesser, 2,5 m Tiefe) und Bodenprofilen haben aber gezeigt, dass Bakterien bei starkem Regenfall entlang von Rissen, Regenwurm- und Wurzelkanälen in grosser Anzahl und sehr rasch in mehrere Meter tief reichende Bodenschichten vordringen. Daher besteht ein gewisses Risiko, dass freigesetzte Bakterien bis ins Grundwasser gelangen können.

Horizontaler Gentransfer

In Zusammenarbeit mit dem mikrobiologischen Labor von Dieter Haas, Professor an der Universität Lausanne, konnten einige für die Krankheitsunterdrückung wichtige Gene und

Regulationsmechanismen isoliert und sequenziert werden. Zudem ist es gelungen, eine Mutante mit verbesserten «Bio-control»-Eigenschaften zu konstruieren. Dieser Stamm weist eine Überproduktion an antimikrobiellen Substanzen auf und kann daher Pflanzen besser vor bodenbürtigen Krankheitserregern schützen. Daher untersuchten Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen auch, ob Gene eines natürlichen oder genetisch manipulierten Stammes in der Natur zu andern Bakterien transferiert werden können. Der Transfer von Plasmiden ist ein bekannter Vorgang; aber über den Transfer chromosomaler DNS gibt es bisher wenig Anhaltspunkte. Die Forscher konnten einen chromosomalen Gentransfer mit *Pseudomonas aeruginosa* und *Pseudomonas fluorescens* sowohl *in vitro* als auch in der Rhizosphäre von Weizen nachweisen. Die Wahrscheinlichkeit eines solchen Vorgangs und das Auftreten der Rekombinanten hängt aber stark vom selektiven Vorteil der Rekombinanten ab.

Anwendungen

Bereits werden in verschiedenen Staaten natürliche, aber auch genetisch manipulierte Mikroorganismen in kommerziellem Massstab grossflächig genutzt: So zum Beispiel in China, wo zwischen 1985–93 über 40 Millionen ha mit den «yield-increasing bacteria» (YIB, eine Mischung von verschiedenen Bakterien) behandelt werden, oder in Australien, wo das erste genetisch veränderte Bakterium (ein Stamm von *Agrobacterium radiobacter*) unter dem Namen «NoGall» im Handel ist. In der Schweiz gibt es zurzeit noch keine kommerzielle Anwendung. Nach gründlicher Risikoabklärung wären solche in 5–10 Jahren denkbar – sinnvollerweise zuerst in Gewächshauskulturen.

Literatur

KEEL, C. & DÉFAGO, G. 1995 (submitted). Interactions between beneficial soil bacteria and root pathogens: mechanisms and ecological impact. B.E.S. Symposium: Multitrophic interactions (in terrestrial systems). A. GANGE (Ed.), Royal Holloway, September 20–22, 1995. – Blackwell Scientific Publications, Oxford.

JOSEF TROXLER* & SUSANNE HALLER-BREM

*Institut für Pflanzenwissenschaften, ETH Zürich

BESCHLEUNIGUNG DER IMMUNANTWORT GEGEN TUMOREN

Die Immunabwehr gegen Bindegewebs- und Epitheliale Tumoren ist offensichtlich oft zu langsam und ineffizient. Eine Studie von KÜNDIG et al. (1995) aus dem Institut für Experi-

mentelle Immunologie der Universität Zürich zeigt einen möglichen Grund dafür auf und hat Konsequenzen für künftige Tumor-Impfstrategien.

Tumorzellen können zwar von Immunzellen oft als fremd erkannt werden, doch geschieht dies häufig nicht oder zu spät, weil die Tumorzellen in peripheren Körperbereichen von Immunzellen nicht beachtet werden. Dies ist nicht überraschend, wenn man bedenkt, dass Immunantworten im allgemeinen schwierig zu induzieren sind und nur gegen fremde infektiöse Keime oder andere fremde Antigene gemacht werden, wenn diese in lokale Lymphknoten oder in die Milz gelangen. Weil Tumorzellen in der Peripherie wachsen und in der Regel erst (zu) spät in die Lymphknoten und in die Milz kommen, hat die zu spät angeregte Immunantwort oft keine Erfolgschance mehr gegen die grosse Zahl der Tumorzellen.

Die vorliegende Studie zeigt nun, dass eine aktive Immunantwort sehr viel effizienter und früher induziert und damit ein möglicher Schutz erwirkt werden kann, wenn Tumorzellen früh in die Milz gebracht werden. Diese Ergebnisse können auch ältere paradoxe Befunde erklären, die die Frage aufwarfen, warum es oft einfacher ist, experimentelle Tumoren mit einer kleinen Zahl von Tumorzellen von Maus zu Maus zu übertragen, während dies mit grossen Zellzahlen oft nicht funktioniert. Nach subkutaner Injektion von wenigen Tumorzellen gelangen diese erst in die Lymphknoten, wenn der Tumor schon gross geworden ist. Auch eine andere generelle Beobachtung – nämlich die, dass sich Tumoren mit kleinen soliden Gewebestücken transplantieren lassen, mit Suspensionen von Tumorzellen hingegen gewöhnlich nicht – lässt sich so interpretieren, dass suspendierte Tumorzellen leicht in die Lymphknoten gelangen und eine frühe Immunantwort anregen, die das Angehen des Tumors verhindern kann.

Literatur

KÜNDIG, T.M., BACHMANN, M.F., DIPAOLO, C., SIMARD, J.J.L., BATEGAY, M., LOTHER, H., GESSNER, A., KÜHLCKE, K., OHASHI, P.S., HENGARTNER, H. & ZINKERNAGEL, R.M. 1995. Fibroblasts as efficient antigen-presenting cells in lymphoid organs. – *Science* 268, 1343–1346.

ROLF M. ZINKERNAGEL*, HANS HENGARTNER* &

SUSANNE HALLER-BREM

*Institut für Experimentelle Immunologie,

Universität Zürich