

Zum Beispiel die Weinrebe:

Bioforschung versus Gentechnologie

Florianne Koechlin¹ (September 1999)

Im Juni 1999 wurden in Deutschland erstmals genmanipulierte Reben freigesetzt, die gegen den Falschen Mehltau (*Plasmopara viticola*) und den Echten Mehltau (*Uncinula necator*) resistent sein sollen. Die Freisetzungsversuche in Rheinlandpfalz (Sieblingen und Würzburg) wurden für 10 Jahre bewilligt.

Eine Resistenz gegen den Falschen und den Echten Mehltau, den schlimmsten Plagen im Rebbau, würde tatsächlich viel bringen. Der Falsche Mehltau etwa wurde im letzten Jahrhundert in Europa eingeschleppt. Ironischerweise gelangte diese Krankheit auf amerikanischen Wurzelstöcken nach Europa, die eigens zur Bekämpfung der Reblaus importiert wurden. In der Folge verbreitete sich die Krankheit in ganz Europa und führte zu verheerenden Schäden. Als erstes Fungizid wurde dann die kupferhaltige Bordeauxbrühe entdeckt und eingesetzt. Kupferpräparate sind heute noch im Einsatz, auch im Bio-Rebbau. Dies kann zu hohen Kupferrückständen im Boden führen.

"Ein Bio-Rebberg gleicht mehr und mehr eine Kupferhalde", sagt deshalb der Schweizer Molekularbiologe Beda Stadler, "Mit Gentechnik könnten wir Mehltau-resistente Reben herstellen. Das ist eine echte ökologische Alternative". Abgesehen davon, dass die Feststellung nicht stichhaltig² ist, weist sie doch auf eine interessante Problematik hin: Kann Gentechnik einen wesentlichen Beitrag zur Oekologisierung der Landwirtschaft beitragen?

Bei der deutschen Gentech-Rebe taucht gleich zu Beginn ein Problem auf: Die transgenen Reben enthalten aus labortechnischen Gründen ein Resistenz-Gen gegen die Antibiotika Kanamycin, Paromomycin und Neomycin. Weil diese Antibiotika in der Humanmedizin immer noch verwendet werden, lehnen viele ExpertInnen diese Art von Genmanipulation radikal ab: Beim Verzehr der Gentech-Trauben könnte es vorkommen, dass die Antibiotikaresistenz-Gene im Darm auf krankheitsserregende Bakterien übertragen werden³. Die Krankheitserreger würden dann immun gegen diese Antibiotika- aus medizinisch leicht zu bekämpfenden könnten unheilbare Krankheiten entstehen.

Ganz grundsätzlich stellt sich aber auch die Frage, ob mit Genmanipulation eine längerfristige Resistenz gegen die Mehltau-Erreger überhaupt hergestellt werden kann. Die transgenen Rebenpflanzen enthalten zwei zusätzliche Fremd-Gene aus der Gerste, die für zwei verschiedene Pilzgifte (Chitinase und Glucanase) gegen die Mehltauerreger codieren⁴. Die Rebpflanze wird damit quasi selber zum Fungizid gegen den Mehltau. Die ForscherInnen hoffen auch, durch diese Genmanipulation die pflanzeigenen Abwehrkräfte gegen den Mehltau zu stärken.

Alle bekannten Resistenzen bei der Rebe sind polygen bedingt: Sie beruhen auf vielen verschiedenen Genen. Aus der neueren Forschung ist bekannt, dass die Rebenpflanze unterschiedlichste Abwehrstrategien gegen Schädlinge (wie die beiden Mehltau-Pathogene) zur Verfügung hat. Bei einem Angriff beginnt die Pflanze beispielsweise verschiedene Abwehrstoffe gegen den Eindringling zu bilden. Sie kann auch den Zelltod von befallenen Zellen einleiten oder

¹ Die meisten Informationen stammen aus der Studie "Zukunftsmodell Schweiz - eine Landwirtschaft ohne Gentechnik", die im Herbst erscheinen wird. VerfasserInnen: Blauen-Institut (Florianne Koechlin, Schweiz), Forschungs-Institut für Biologischen Landbau (Urs Niggli, Schweiz) und Oeko-Institut Freiburg i.Br. (Beatrix Tappeser, Deutschland). Das Kapitel Reben wurde von Luzius Tamm (FiBL) und Florianne Koechlin verfasst. Tamm's profunde Kenntnisse des Bio-Weinbaus waren in diesem Kontext besonders wertvoll.

¹⁵ Im Biolandbau ist der Kupfereintrag auf maximal 4 kg/ha/Jahr limitiert. Ueber 150 Jahre lang wurde aber rund 30 kg /ha /Jahr appliziert. Diese "Altlasten" stellen tatsächlich ein Problem dar.

³ Es gibt inzwischen einige Untersuchungen, die den Transfer von Antibiotikaresistenz-Genen in Bakterien nachweisen konnten. Siehe dazu Eckelkamp et al., 1997.

⁴ Bei einer zweiten Testgruppe wurde zusätzlich das sogenannte Ribosomen-inaktivierende Protein-(RIP-)Gen aus Gerste eingefügt, das die Eiweissynthese im Pilz hemmen soll.

ihre Zellwände verstärken, um die Krankheit an der Ausbreitung zu hindern. Heute sind resistente Rebensorten bekannt, die vor hundert Jahren gezüchtet wurden und immer noch weitgehend resistent sind. Dies ist nur möglich, wenn viele verschiedene Resistenzmechanismen vorhanden sind, die sich in komplexen Abwehrkaskaden ergänzen. Gäbe es nur einen Mechanismus, hätte der Schädling diesen längst durchbrochen. Die Schweizer Reben-Experten Beat Koller und Cesare Gessler schreiben dazu: "Es ist wichtig anzumerken, dass die einzelne Resistenzen einer poligenen Resistenz nur eine kleine Wirkung haben und deshalb als Einzelfaktoren auch nur einen geringen Selektionsdruck auf den Krankheitserreger ausüben. In den resistenten Reben sind mehrere Teilresistenzen vorhanden. Dadurch wird die Wahrscheinlichkeit eines Resistenzdurchbruchs zusätzlich stark reduziert. Wohl deshalb ist bis heute kein Erregerstamm bekannt, der die polygenen Resistenzen durchbrechen kann. Umgekehrt kann daraus gefolgert werden, dass die isolierte Verwendung einzelner dieser Resistenzfaktoren dazu führt, dass - wenn auch sehr langsam - virulente Pathotypen selektioniert werden, welche dann auch bei polygen resistenten Sorten eine erhöhte Virulenz hätten." (Koller und Gessler, 1996)

Demgegenüber setzt die moderne Biolandforschung auf eine Vielzahl verschiedener Ansätze, wie z.B.:

- **Forschung zur "induzierten Resistenz":** WissenschaftlerInnen versuchen, die Abwehrkräfte der Rebe zu aktivieren. Gelingt dies, so kann die Pflanze sich besser gegen Pathogene zur Wehr setzen - ohne Agrochemie oder Gentechnologie. Die Abwehrbereitschaft kann durch Substanzen, die einen Angriff simulieren oder die in die komplexe Signalkette eingreifen, ausgelöst werden. Salycilsäure zum Beispiel ist eine solche Substanz. Die Technik der Resistenzinduktion ist bestechend, da auch die Anfälligkeit von herkömmlichen Sorten reduziert und damit ein gewisses Mass an Ertragssicherheit gewonnen werden kann.
In diesen Bereich gehört auch die Erforschung pflanzlicher Kommunikationssysteme, wie dies z.B. am schweizerischen Forschungs-Institut für biologischen Landbau (FiBL) bei Rebenpflanzen untersucht wird: Wenn ein Blatt eines Rebstocks von Mehltau befallen wird, "wissen" sehr bald alle Teile der Pflanze von diesem Befall und produzieren ganz spezifisch die entsprechenden Abwehrstoffe. Dies stellt die Forschung vor interessante Fragen: Wie "kommuniziert" die Pflanze diese Botschaft? Lässt sich dieses Wissen für den Biolandbau verwenden?
- **Forschung nach Antagonisten:** WissenschaftlerInnen sind auf der Suche nach Organismen, die den Mehltau parasitieren, schädigen oder töten können. Der Einsatz von mikrobiellen Antagonisten wurde von mehreren Arbeitsgruppen untersucht. Von besonderem Interesse ist ein Ansatz mit *Erwinia herbicola* (Tilcher 1996), dessen Wirkungsmechanismus auf einer Art Verwirrung des Schädlings beruhen soll. Auch *Fusarium proliferatum* soll als Antagonist zum Falschen Mehltau in Frage kommen (Falk et al. 1996). Das Wirkungsprinzip von diesem Antagonisten beruht offenbar auf einer Parasitierung des Pilzgewebes des Falschen Mehltaus.
- **Forschung bei Neu-Züchtungen:** Die neue Rotweinsorte Regent z.B., die aus einer Kreuzung von amerikanischer Wildrebe mit europäischer *Vitis vinifera* entstand, ist ziemlich robust gegenüber beiden Mehltau-Schädlingen. Sie wird bereits in der Schweiz und in Deutschland angebaut. Andere Rebensorten wie Bianca sind ebenfalls vielversprechend.⁵
- **Forschung zu neuen Fungiziden:** Im Biolandbau stehen als Alternative zu Kupferpräparaten Tonerdeprodukte zur Verfügung.
- **Forschung zum Habitatmanagement:** Durch eine Begrünung zwischen den Reben und die Förderung von Refugien für Nützlinge im Umfeld des Rebberges können einige Probleme mit Schädlingen entschärft werden. Die Nützlingsförderung ist weit fortgeschritten: Mit gezielten Massnahmen werden in vielen Rebbergen die Raubmilben neu angesiedelt und gefördert. Verschiedene Erfahrungen weisen zudem darauf hin, dass der Gesundheitszustand der Rebe und die allgemeine Toleranz gegenüber Stressfaktoren stark von der Bodenbeschaffenheit beeinflusst werden kann. Erst seit kurzer Zeit werden diese Ansätze mit wissenschaftlicher Begleitung näher untersucht.

⁵ Bei den extrem ungünstigen Witterungsverhältnissen von diesem nassen Frühsommer 1999 sind sogar diese Sorten, die bisher ganz resistent waren, teilweise durchgefallen.

- **Forschung zu neuen Warnsystemen:** Mit der vollständigen Kenntnis der Biologie der Schaderreger (vor allem des Echten und des Falschen Mehltaus) können die Applikationstermine optimal gewählt und nutzlose Spritzungen vermieden werden. Kenntnisse über die Ausbreitung des Schädling, die dazu nötigen klimatischen Parameter wie Temperatur, Niederschlag, Luftfeuchtigkeit u.a.m. können dann mit mathematischen Modellen, in welche die Klimaparameter eingespeist werden, recht zuverlässig beschrieben werden. Daraus lässt sich das Infektionsrisiko errechnen. Die mathematischen Modelle werden derzeit laufend verbessert und an die regionalen Verhältnisse angepasst.

Die Bekämpfung des Falschen und des Echten Mehltaus besteht heute aus einer Vielzahl verschiedener Strategien (wie eben Züchtung, Anregung der Abwehrkräfte, Anbaumethoden, Suche nach Antagonisten, Warnsysteme), die zusammen ein ganzes Bündel ergeben. Viele RebenexpertInnen sind überzeugt, dass nur ein solcher Mosaik-Ansatz Erfolg haben wird. Eine Resistenz, die nur auf einem Faktor beruht, wird früher oder später durchbrochen werden. Schlimmer noch: Solche Resistenzen können dazu führen, dass virulente Pilze selektioniert werden, die dann auch bei multiresistenten Reben eine erhöhte Resistenz hätten. Sie könnten also quasi als "Einfallstor" für den Schaderreger dienen. Daher, so meinen diese ExpertInnen, ist der "silver-bullet-approach" (die Suche nach isolierten Einzellösungen) ein mitunter gefährlicher Irrweg.

Das deutsche Gentech-Experiment aus Rheinland-Pfalz, ist eine solche Einzellösung: ForscherInnen flicken ein oder zwei Gene ins Erbgut einer Rebenpflanze und hoffen auf eine Mehltau-Resistenz. Es erstaunt auch, dass in den Unterlagen, die den Freisetzungsantrag begleiten, kaum auf die Komplexität des pflanzlichen Abwehrsystems eingegangen wird. Statt dessen werden die Pflanzen wie mechanisch-physikalisch-chemische Systeme behandelt, nach dem Motto: Ein Gen hinein ins Räderwerk der Pflanze, und die Pflanze produziert ein Gift, das den Schädling tötet. In den Antragsunterlagen fehlen auch jegliche Hinweise darauf, dass die Reben in ein komplexes Ökosystem hineingepflanzt werden und dies möglicherweise Auswirkungen haben könnte. Die Reben produzieren die Pilzgifte Chitinase und Glucanase gegen den Mehltau: Eine Frage ist z.B., ob die von der transgenen Rebe produzierten Pilzgifte auch andere, nützliche Pilze abtöten. Mykorrhizen zum Beispiel leben im Wurzelbereich und sind für deren Mineralstoffaufnahme von grosser Bedeutung. Versuche haben ergeben, dass einige Pflanzen ohne die Hilfe von Mykorrhizen bis zur Hälfte weniger Ertrag geben und eine viel schlechtere Nährstoffaufnahme zeigen. Was, wenn diese Mykorrhizen von der giftproduzierenden Gentech-Pflanze ebenfalls getötet werden? Und eine weitere Frage: Die transgenen Reben produzieren das Enzym Chitinase, das das Chitin, ein Bestandteil vieler Pilz-Zellwände, abbaut. Nur: Ausgerechnet der Falsche Mehltau gehört zu denjenigen Pilzen (sog. Oomyceten), deren Zellwände kein Chitin enthalten. Wie stellen sich die Forscher vor, dass ihre transgenen Reben den Falschen Mehltau abwehren sollen?

Mit Gentechnik sollen Rebenpflanzen nicht nur gegen Mehltau resistent gemacht werden, sondern auch gegen Viren (mittels eingefügter viraler Hüllproteine, oder gegen saftsaugende Insekten (mittels Lectin-Genen vom Schneeglöckchen). Transgener Chardonnay des französischen Agrarinstituts INRA soll gegen die Reiskrankheit schützen und kanadische Forscher versuchen, eine kälteresistente Rebe zu entwickeln.

Und doch: Die Gentechnik im Rebbau steckt in den Kinderschuhen. Weltweit fanden bis 1997 erst 9 Freisetzungsversuche statt (OECD 1998). Das hat seine Gründe: Rebenpflanzen sind extrem schwierig zu manipulieren, sie haben viele und extrem kleine Chromosomen (38), die Regeneration vom transformierten Gewebe zur ganzen Pflanze ist äusserst heikel und die Generationszeiten sind sehr lang.

Dazu kommt: Das Risiko, dass durch Genmanipulationen die geschmacklichen Eigenschaften der Reben beeinflusst werden, ist beim traditionellen Kulturgut Rebe besonders gross. Wie bei jeder Genmanipulation werden auch bei der Rebe die Fremd-Gene ziellos ins Erbgut der Pflanze eingeschleust. Es ist nicht steuerbar, wo und wieviele der Fremd-Gene integriert, noch welche Nachbarschaftsbeziehungen dabei gestört werden. Viele Rebenexperten schätzen daher die Chancen transgener Reben als sehr klein ein. Allenfalls können gentechnische Diagnosemethoden in der Rebenzüchtung erfolgreich eingesetzt werden (u.a. Koller und Gessler, 1996; Krastanova et al., 1995; Scorza et al., 1995)

Heute kann mit biologischen Anbaumethoden bereits ein hohes Mass an Nachhaltigkeit erreicht werden, mit Rebbergen, die eine reiche Flora und Fauna aufweisen und bei denen die negativen Auswirkungen auf die Bodenfruchtbarkeit weitgehend ausgeschlossen sind. Die beiden Mehltau-Erreger sind aber immer noch ein Problem (besonders in regnerischen Frühsommern wie 1999). Integrierte Ansätze zeigten viel Erfolg, doch auf Pestizide kann bisher nicht verzichtet werden. Da EU-weit ein Verbot des Kupfer-Einsatzes bevorsteht, müssen hier Lösungen gefunden werden. Dieser Herausforderung wird gegenwärtig eine grossangelegte Forschungs- und Beratungsinitiative entgegengesetzt, an der sich Forschung und Beratung aus ganz Europa beteiligen (sog. "European Initiative on Copper Replacement in Organic Farming"). Dieses Forschungsprogramm soll ab 2000 finanziert werden, wenn alles gut geht.

Ein Hauptproblem besteht immer noch darin, dass Forschungsprojekte im Biolandbau kaum finanziert werden. Gentechnische Forschungsprojekte haben da weniger Mühe. Das hat auch handfeste wirtschaftliche Gründe: Biologische Methoden und Organismen, seien dies neue Verfahren zur Stärkung des pflanzlichen Immunsystems oder neue Antagonisten, können nicht patentiert werden, gentechnische hingegen schon. Der Schweizer Konzern Novartis hat zum Beispiel das Patent auf das Chitinase-Gen und das Glucanase-Gen beantragt. Falls dieses Patent gewährt wird (der Fall ist noch hängig), könnte der Konzern weitreichendste Monopolansprüche geltend machen. In der Patentschrift No EP 0488511 ist ausdrücklich erwähnt, dass ALLE transgenen Pflanzen, die zusätzlich Glucanase oder Chitinase (oder eine Kombination davon) exprimieren, unter das Patent fallen (claims 17 bis 23). Dies können Mais, Weizen, Ananas, Pappeln, Pfirsiche oder eben Reben sein.

(12000)

Literatur

Eckelkamp C., Jäger M. und Weber B. (1997) Antibiotkaresistenzgene in transgenen Pflanzen, insbesondere Ampicillin-Resistenz in Bt-Mais. Oeko-Institut, Freiburg i.Br.

Falk S.P. et al (1996) *Fusarium proliferatum* as a biocontrol agent against grape downy mildew. *Phytopathology*, 86 (10),1010

Koller B und Gessler C.(1996) Gentechnisch erzeugte Krankheits- und Schädlingsresistenz bei der Weinrebe, S. 344. In: Gentechnisch veränderte krankheits- und schädlingsresistente Nutzpflanzen, Hrsg. Schulte und Käppeli, Publiziert vom Schwerpunktprogramm Biotechnologie, Schweiz. Nationalfonds zur Förderung der Wissenschaftl. Forschung.

Krastanova S. et al (1995) Transformation of grapevine rootstocks with coat protein gene of grapevine fanleaf nepovirus. *Plant Cell Reports*, 14, 550

Scorza R. et al (1995) Transformation of grape zygotic -derived somatic embryos and regeneration of transgenic plants. *Plant Cell Reports*, 14, 589

Tilcher R. (1996) Untersuchungen zur Biol. Bekämpfung vom Falschen Mehltau der Weinrebe durch bakterielle Antagonisten. Institut für Biologie; Fachbereich Phytomedizin, Geisenheim 205.