

Wie Pestizide und Dünger das biologische Gleichgewicht stören

von Claudio Niggli und Samuel Kipfer

Zitierweise: Niggli C, Kipfer S: Wie Pestizide und Dünger das biologische Gleichgewicht stören. Ithaka Journal 1/2011: 14–17 (2011) www.ithaka-journal.net

Herausgeber: Delinat-Institut für Ökologie und Klimafarming, CH-1974 Arbaz www.delinat-institut.org, www.ithaka-journal.net. ISSN 1663-0521

Wie Pestizide und Dünger das biologische Gleichgewicht stören

von Claudio Niggli und Samuel Kipfer

Fungizide, wie sie im Weinbau gespritzt werden, töten nicht nur die drei gefürchteten Schadpilze der Rebe, sondern sind tödlich auch für unzählige nützliche Pilze und Bakterien auf Blättern, Früchten und vor allem im Boden. Jede Pflanzenschutzspritzung gefährdet die fragile Balance zwischen Pflanzen und Mikroorganismen. So schwindet auch die natürliche Widerstandskraft der Reben.

Landwirtschaftlich genutzte Flächen, auf denen die gleiche Pflanzenart flächendeckend angebaut wird, bieten paradiesische Voraussetzungen für Schädlinge. Um dies zu verhindern, werden immer mehr synthetische Pflanzenschutzmittel entwickelt und eingesetzt. Mögliche Nebenwirkungen werden dabei meist unterschätzt, da die Nutzpflanzen getrennt von ihrer Umwelt und nicht als Teil eines vielfältig vernetzten Ökosystems betrachtet werden.

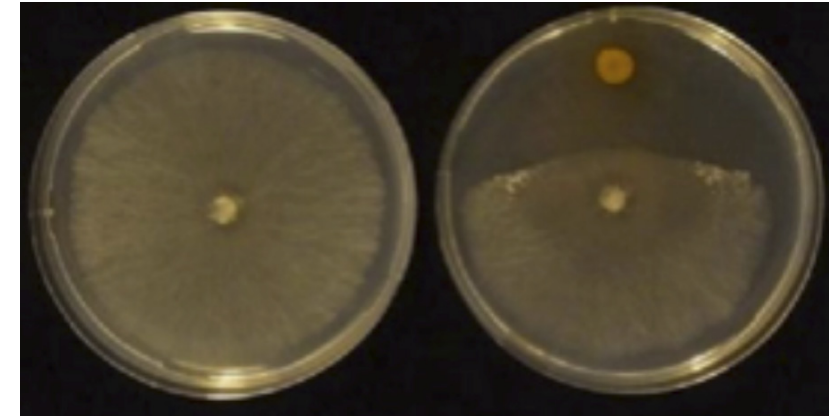
Schädlinge sind Nützlinge, die sich zu stark vermehrt haben

Um das Wachstum von Pflanzen überhaupt zu ermöglichen, braucht es die Hilfe von über tausend verschiedene Arten von Bodenorganismen, die mit bloßem Auge meist nicht sichtbar sind. Indem sich jene Bakterien, Pilze, Würmer, Milben, Asseln und viele andere mehr von totem organischem Material ernähren, bewirken sie einen Abbau von komplexen Verbindungen

in ihre organischen und anorganischen Bausteine, die so dem Ökosystem Schritt für Schritt wieder verfügbar gemacht werden (siehe: Biodiversität als landwirtschaftliche Methode Teil 3). Die Pflanze benötigt die einzelnen Nährstoffe, um Zellkomponenten aufzubauen oder Stoffwechselfvorgänge zu katalysieren. Einige dieser Organismen leben in enger Symbiose mit der Pflanze und stehen in unmittelbarem Stoff- und Informationsaustausch. Wichtige Beispiele sind die stickstofffixierenden Rhizobien bei Leguminosen, andere Rhizobakterien oder die Mykorrhiza-Pilze. Diese Organismen können das Pflanzenwachstum fördern und auch Wechselbeziehungen untereinander aufbauen [Arturson et al. 2006, Toljander et al. 2006]. Im Erdreich tummeln sich aber nicht nur nützliche Lebewesen. Parasiten, die sich ohne Gegenleistung von der Pflanze bereichern, sind ebenfalls zahlreich. Bei der Weinrebe sind einige Krankheitserreger bekannt, deren Vorkommen nicht selten zu massiven Ernteausfällen führen. Der Pilz *Plasmopara viticola*, auch berühmt unter dem Namen Falscher Mehltau, gehört zu den am meisten gefürchteten Krankheitserregern im Weinbau. Er überwintert in Form von Sporen auf dem Boden, dringt dann über Blattöffnungen, den Stomata, in pflanzliches Gewebe ein, und führt schließlich zur Zerstörung von Frucht, Trieben und Blattgewebe [Rumbou & Gobbin 2005]. Die Grauschimmelfäule, verursacht durch den Pilz *Botrytis cinerea*, perforiert die Trauben und erhöht damit die Wasserdurchlässigkeit.

Abbildung 1: Wurzelknollen an Sojapflanzen, die Rhizobakterien zur Stickstofffixierung beherbergen.

Abbildung 2: Links: Flächendeckendes Wachstum von *Botrytis cinerea* auf Nährmedium ohne Biokontroll-Organismus. Rechts: Sobald ein Biokontroll-Organismus (oben) vorhanden ist, wird das Wachstum von *Botrytis cinerea* (unten) eingeschränkt.



Dies führt zu einer Aufkonzentrierung von Zucker, was zwar sich bei der Herstellung von Süßweinen nutzen lässt, doch wenn der Pilz die Trauben zu früh befällt, werden diese nicht mehr reif [Staats et al. 2005].

Schädlinge finden nicht nur über die Blätter, sondern auch an den Wurzeln Eingangspforten, um die Pflanzen zu befallen. So ist für Wurzelfäule zum Beispiel ein Pilz namens *Cylindrocarpum destructans* verantwortlich. Der Pilz dringt durch die Wurzeln ein und wandert schnell bis in den Pflanzenstock. Vor allem für Jungreben ist er eine ernst zu nehmende Gefahr. Die Reisigkrankheit wiederum wird durch Viren verursacht, die von wandernden Wurzelnekmatoden übertragen werden. Diese winzigen Würmer stechen mit Hilfe eines Mundstachels die Rebwurzeln an und können durch Saugen an viruskranken Reben Viruspartikel aufnehmen. Beim nachfolgenden Anstich einer gesunden Rebe werden die Viren dann auf deren

Wurzeln übertragen. Von den Wurzeln aus verbreiten sich die Viren in der ganzen Pflanze [Freiburg1992]. Fehlen die natürlichen Feinde jener Nematoden, kann sich eine Viruskrankheit, ausgehend von einigen kranken Stöcken, im ganzen Rebbestand ausbreiten.

In einem gesunden Ökosystem haben viele dieser Krankheitserreger ihre Gegenspieler. Sie bekämpfen sich gegenseitig mit unterschiedlichen Mitteln und Mechanismen:

- > Wettbewerb um Nährstoffe
- > Abtötung und Fraß durch höhere Organismen
- > Zellwandabbau beim Kontrahenten zur eigenen Ernährung
- > Störung des Krankheitserregers beim Eindringen in die Nutzpflanze
- > Unterstützung der Pflanze bei der Bildung ihrer eigenen Abwehrstoffe

Immer mehr Studien zeigen, wie Pflanzenkrankheiten durch natürlich vorhandene Organismen, wie z.B. Bakterien und auch Insekten, bekämpft werden können. Diese Art von Pflanzenschutz wird allgemein als Biokontrolle bezeichnet. Auch im Weinbau werden solche Strategien z.B. im Kampf gegen die Graufäule [Elad 1996] oder gegen Wurzelkrankheiten [Gubler et al. 2004] immer bedeutsamer.

Der Einfluss von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln auf das Wechselspiel der Bodenorganismen

In landwirtschaftlichen Monokulturen, in denen das Ökosystem durch mangelnde Biodiversität gestört ist, ist der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln unabdingbar. Da zudem die Nährstoffkreisläufe gestört sind und dem Boden mehr Nährstoffe entzogen, als ihm organisch (z.B. durch Gründüngung oder Kompost) wieder zurückgeführt werden, kommen erhebliche

Mengen von mineralischen und synthetischen Düngemitteln zum Einsatz. Dabei ist es häufig bequemer, vorgefertigte, industriell hergestellte Wirkstoff-Präparate anzuwenden, als sich die Erkenntnisse über die komplexen Zusammenhänge von Ökosystemen anzueignen.

Durch Optimierung der eingesetzten Pflanzenschutzmittel und Dünger wird zwar versucht, Nebenwirkungen zu minimieren [Levitan 1997], ihr direkter und indirekter Einfluss auf das landwirtschaftliche Ökosystem wird jedoch nur unzureichend untersucht. Oft fehlen standardisierte Vorgehensweisen. Negative Auswirkungen sind oft erst Jahre später und teilweise auch ausserhalb des Einsatzgebietes zu erkennen. Werden Bodenproben direkt mit bestimmten Konzentrationen verschiedener Pestiziden behandelt, kann der Effekt spezifischer betrachtet werden. Es zeigt sich, dass Mikroorganismen unterschiedlich stark auf die zugesetzten chemischen Verbindungen reagieren. Eine Reduktion der Artenvielfalt und die Veränderung ihrer funktionalen Zusammensetzung sind vielfach die Konsequenz [Engelen et al. 1998]. Während einige Arten keine Überlebenschance haben, entwickeln andere Anpassungsmechanismen und geben dank der erhöhten Überlebenschancen diese Eigenschaften an Nachkommen weiter («Auslese der Stärksten»). Diese Resistenzbildung ist vor allem dann ein Problem, wenn sich die eigentlich bekämpften Krankheitserreger auf die stetige Gefahr bestimmter Pestizide einstellen und so nicht mehr wirksam bekämpft werden können. Durch die fehlende Konkurrenz und schnellen Vermehrungsraten kann sich solch ein Parasit schnell ausbreiten und zu einer kaum noch zu bekämpfenden Epidemie ausweiten [Lopresti 2004].

Auch die wechselseitigen Beziehungen zwischen Bakterien, Pilzen und Pflanzen werden durch den Einsatz von Pflanzen-

schutzmitteln gefährdet. Durch Düngung werden die Pflanzen jederzeit ausreichend mit Nährstoffe versorgt. Das führt dazu, dass die Pflanzen nicht mehr in symbiotische Partnerschaften investieren. Spezialisierte Symbionten wie Mykorrhiza-Pilze oder Rhizobien werden sich unter solchen Bedingungen von der Pflanze abkoppeln oder gänzlich verschwinden. Dies verstärkt nicht nur die Notwendigkeit von weiteren Düngegaben, sondern macht die Wurzeln auch anfälliger gegen Parasiten, da Rhizobakterien und Mykorrhizen ihre Wirtspflanze nicht länger verteidigen.

Die Abhängigkeit von Düngemitteln wird weiter verschärft, wenn die Umwandlung von totem organischem Material in pflanzenverfügbare Nährstoffe durch die Schädigung der zersetzenden Pilzen, Bakterien und Würmer gestört wird. Rhizobien, also jene Bakterien, welche Stickstoff aus der Luft fixieren und an die Pflanzen liefern, können nicht nur durch Dünger, sondern auch durch Pestizide in ihrer Leistungsfähigkeit beeinträchtigt werden [Fox et al. 2007]. Der regelmäßige Einsatz von Herbiziden, wie er im Weinbau verbreitet ist, beeinflusst die Bodenmikroorganismen nicht nur direkt durch die Schadstoffe, sondern auch dadurch, dass den Bodenorganismen durch den fehlenden Bewuchs die Nahrungsgrundlage entzogen wird und bestimmte Pflanzen als symbiotische Partner ausfallen [Whitelawe-Weckert et al. 2004].

Die wasseranziehenden Eigenschaften der Mineraldünger gefährden insbesondere die einzelligen Bodenlebewesen oft erheblich. Zumindest in der Streuschicht und im obersten Bodenhorizont werden Bakterien und Pilzfäden durch Düngesalze, wie Ammoniumnitrat oder Kaliumphosphate, in unmittelbarer Umgebung der Düngerteilchen «verbrannt» resp. ausgetrocknet. Ein salziges Umfeld entzieht den Zellen Wasser, was je nach Konzentration zum Tod der Mikroorganismen

führt. Dies ist übrigens der gleiche Effekt, den man sich beim Einpökeln von Fisch und Fleisch zu Nutze macht. Während totes, nicht in Salz eingelegtes Muskelgewebe bei Raumtemperatur sehr rasch zersetzt wird, bleibt «gedüngtes» Fleisch, auch ungekühlt, lange genießbar.

Es ist des Weiteren anzunehmen, dass die Zersetzung von Reblaub und -holz durch den Einsatz von Fungiziden gestört wird, weil Rückstände oder auch Stoffwechselprodukte der Fungizide die mikrobielle Aktivität hemmen [Wainwright 1977]. Nach unseren Beobachtungen verbleiben Reblätter, welche mit synthetischen Fungiziden behandelt wurden, nach dem Laubfall bedeutend länger unzersetzt auf der Erdoberfläche liegen, als es in ökologisch bewirtschafteten Parzellen der Fall ist. Teilweise lassen sich die Reblätter sogar noch im Frühjahr auf den kahlen Rebböden finden. Grund für die langsamere Zersetzung sind allerdings nicht nur die Fungizide auf den Blättern, sondern auch die unterschiedliche Bodenpflege. So führt eine artenvielfältige Begrünung des Rebbodens zu einer erhöhten biologischen Aktivität in der Streuschicht, was den Abbau der Blätter beschleunigt.

Quellenverzeichnis

- Artursson V, Finlay RD, Jansson JK: *Interactions between arbuscular mycorrhizal fungi and bacteria and their potential for stimulating plant growth*. Environmental Microbiology, 8(1): 1–10 (2006)
- Behrendt U, Stauber T, Müller T: *Microbial communities in the phyllosphere of grasses on fenland at different intensities of management*. Grass & Forage Sci. 59: 169–179 (2004)
- Cadez N, Zupan J, Raspor P: *The effect of fungicides on yeast communities associated with grape berries*. FEMS Yeast Res. 2010 Aug 1, 10(5): 619–30 (2010)
- Comitini F, Ciani M: *Influence of fungicide treatments on the occurrence of yeast flora associated with wine grapes*. Annals of Microbiology. 9/2008, Springer Berlin / Heidelberg, Life Sciences, 58: 489–493 (2008)
- Delmotte N, Knief C et al. *Community proteogenomics reveals insights into the physiology of phyllosphere bacteria*. Proceedings of the National Academy of Sciences 38: 16428–16433 (2009)
- Elad Y: *Mechanisms involved in the biological control of Botrytis cinerea incited diseases*. Europ. Journal of Plant Pathology, 102: 719–732 (1996)
- Engelen B, Meinken K, Von Wintzingerode F et al: *Monitoring Impact of a Pesticide Treatment on Bacterial Soil Communities by Metabolic and Genetic Fingerprinting in Addition to Conventional Testing Procedures*. Applied and Environmental Microbiology, Aug. 1998, p. 2814–2821 (1998)
- Fox JE, Gulledege J, Engelhaupt E: *Pesticides reduce symbiotic efficiency of nitrogen-fixing rhizobia and host plants*. PNAS, 104/24: 10282–10287 (2007)
- Gubler WD, Baumgartner K, Browne G T et al.: *Root diseases of grapevines in California and their control*. Australasian Plant Pathology, 33: 157–165 (2004)
- Hoffmann H: *Untersuchungen zur Biozidauswirkung auf Bodenbakterien mit Hilfe von mikrobiologischen und molekularbiologischen Methoden*. BAM-Dissertationsreihe. 3. Band. Berlin (2004)
- Levitan L: *An Overview of PESTICIDE IMPACT ASSESSMENT SYSTEMS (a.k.a. «Pesticide Risk Indicators») based on Indexing or Ranking Pesticides by Environmental Impact*. Background Paper Prepared for the Organisation of Economic Cooperation and Development (OECD) Workshop on Pesticide Risk Indicators 21–23 April, 1997 Copenhagen, Denmark (revised May 19, 1997) (1997)
- Lopresti J: *Managing pesticide resistance in the vineyard*. CRC for Viticulture, Pesticide application fact sheet 4, Version 1, June 2004 (2004)
- Niggli C: *Bodenleben – Biodiversität als landwirtschaftliche Methode (Teil 3)*. Ithaka-Journal, ISSN 1663-0521 (2010)
- Pozo MI, Herrera CM, and Bazaga P: *Species richness of yeast communities in floral nectar of southern Spanish plants*. Microbial Ecology 61: 82–91 (2011)
- Rumbou A, Gobbin D: *First approach of Plasmopara viticola population biology: merging epidemiology and population genetics*. Rudolf Hermanns foundation award in viticultural and horticultural sciences. Geisenheim, Germany. Sonderheft der Mitteilungen der GFFG: 1–3 (2005)
- Staatliches Weinbauinstitut Freiburg: *Hinweise zur Untersuchung von Weinbergs- und Rebschulböden auf das Vorkommen von virusübertragenden Nematoden*, Freiburg (1992)
- Staats M, Van Baarlen P, Van Kan Jan AL: *Molecular Phylogeny of the Plant Pathogenic Genus Botrytis and the Evolution of Host Specificity*. Molecular Biology and Evolution. 22/2: 333–346 (2005)
- Toljander JF, Artursson V et al.: *Attachment of different soil bacteria to arbuscular mycorrhizal fungal extraradical hyphae is determined by hyphal vitality and fungal species*. FEMS Microbiol. Lett. 254: 34–40 (2006)
- Wainwright M: *Effects of fungicides on the microbiology and biochemistry of soils – a review*. Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde, 140: 587–603. doi: 10.1002/jpln.19771400512 (1977)
- Whitelaw-Weckert M et al.: *The effect of herbicides and permanent swards on soil microbial populations in the vineyard*. SuperSoil 2004: 3rd Australian New Zealand Soils Conference, 5–9 December 2004, University of Sydney, Australia (2004)