

Begrünung im Weinbau – Neueste Resultate

von Claudio Niggli und Hans-Peter Schmidt

Die Begrünung von Weinbergen ist für die Verbesserung der Terroirqualität von entscheidender Bedeutung. Durch angepasste Begrünungsstrategien lassen sich auch in trockenen Weinbaugebieten Begrünungssysteme zur biologischen Aktivierung der Böden und zur Stabilisierung des Ökosystems anlegen. Doch klimatisch extreme Jahre wie 2011 erfordern eine flexible Anpassung der Kulturmethoden.

Begrünung und Nährstoffversorgung der Reben

Eine ausreichende Versorgung der Reben mit Nährstoffen ist Voraussetzung für eine erfolgreiche Kultur mit hochwertigem Traubengut und angemessenen Erträgen. Eine permanente Begrünung schafft einerseits Konkurrenz mit den Reben um Nährstoffe, andererseits kann durch erhöhten Biomasse-Umsatz und mikrobiologische Aktivität die Verfügbarkeit von Nährstoffen für die Reben erhöht werden. Dasselbe gilt für den Wasserhaushalt. Zwar erhöhen die Begrünungspflanzen den Wasserverbrauch der Fläche, gleichzeitig wächst aber auch die Wasserspeicherkapazität und die Infiltrationsleistung, so dass insgesamt mehr Wasser zur Verfügung steht. Die pflanzenphysiologische und agronomische Nettobilanz des Zusammenspiels dieser Faktoren wird durch die angepasste Wahl, Anlage und Pflege der Begrünung im Zusammenspiel mit Boden und Klima stark beeinflusst.

Leguminosen können Stickstoff fixieren und bilden verhältnismäßig viel Biomasse, welche bei krautigen Arten zu großen Teilen dem Boden zugeführt werden kann. Eine ausreichende Versorgung des Bodenlebens mit organischer Materie ist Voraussetzung für eine positive Humusbilanz. Leguminosen wie Luzerne, Esparssette und Steinklee bilden tief reichende Wurzeln, welche verdichtete Böden «aufbrechen» und das Bodenleben im Untergrund aktivieren können. Dank des Humusaufbaus können das Wasserrückhaltevermögen und die Nährstoffspeicherkapazität der Böden nachhaltig erhöht werden. Zudem wird ein Teil des Kohlenstoffes, der durch die Pflanzen aus der Atmosphäre entzogen wird, im Boden sequestriert.

Die Symbiose der Leguminosen mit den Rhizobien benötigt relativ viel Phosphor, weshalb die Ausbildung von Mykorrhiza-Symbiosen in Form von Arbuskulärer Mykorrhiza (AM) hier besonders ausgeprägt ist. AM-Pilze wie *Glomus* spp. sind nicht wirtsspezifisch, sondern können Partnerschaften mit Pflanzenarten aus ganz unterschiedlichen systematischen Gruppen eingehen. Dabei kann sogar ein und dasselbe Individuum mit verschiedenen Pflanzen Symbiosen eingehen. So konnte beispielsweise gezeigt werden, dass Kolonien einer *Glomus*-Art in einem Mischbestand aus Rotklee, Lattich und Roggen durch lebendes Myzel verbunden waren [Tommerup 1988]. Dadurch sind Stoff- und Informationsflüsse zwischen

Reben und Begrünungspflanzen nicht nur auf das Erdreich beschränkt, sondern sind auch über AM-Hyphen möglich. Leider ist in der Forschung noch wenig über solch interspezifische Netzwerke bekannt. Es konnte aber beispielsweise gezeigt werden, dass mykorrhizierter Mais Stickstoff besser aufnehmen kann, welcher von Sojawurzeln in der Nachbarschaft abgegeben wird [Hamel 1991]. Vernetzung und Stofffluss zwischen Pflanzenwurzeln von Individuen derselben, verwandter und nicht verwandter Arten konnten auch in anderen Untersuchungen gezeigt werden [Heap 1980, Fischer 1996]. Hauptziel der Begrünungsforschung am Delinat-Institut ist die Entwicklung von Begrünungsstrategien, welche unter verschiedenen Bedingungen in Weinbaugebieten in ganz Europa getestet und fortlaufend angepasst werden. Auf den Versuchsflächen im Wallis beschäftigt uns zudem die Frage, ob es möglich ist, stark erodierte Böden durch Begrünung soweit zu restrukturieren, dass nur noch minimale Eingriffe nötig sind und auf Düngung sowie Bodenbearbeitung verzichtet werden kann (Schließung der Stoffkreisläufe). Mit den vorliegenden Resultaten sollen nun mehrere dauerbegrünte Versuchspartellen charakterisiert und verglichen werden. Es wurden wie im Vorjahr (2009) die wichtigsten Parameter bezüglich Wachstum und Nährstoffversorgung erhoben, zusätzlich aber auch das Traubengut analysiert.

Methoden

Eine Beschreibung des Versuchsgebietes sowie der Methoden bezüglich Blatt-Stickstoff, Triebdurchmesser und Gescheinzahl sind der Veröffentlichung Leguminosebegrünung im Weinberg [Niggli et al. 2009] zu entnehmen. Es folgen hier die Ergänzungen.

Blattanahmen: Pro Probe wurden 30 Blätter von 30 Rebstöcken entnommen. Dabei wurde jeweils das dem vom Fruchttriebsansatz her zweiten Geschein gegenüberliegende Blatt entnommen. Zeitpunkt der Probeentnahme war der 30. 8. 2009

Traubenanalysen: Pro Probe wurden 400 Trauben entnommen. Die Beeren wurden jeweils der zweiten Traube (vom Fruchttriebsansatz her kommend) aus dem Mittelbereich der Traube entnommen. In den Parzellen M/G/K wurden pro Stock jeweils 4–6 Beeren von 4 bis 6 Trauben entnommen (80 Stöcke pro Probe). Bei Parzelle C jeweils 10 Beeren von 4 bis 6 Trauben (40 Stöcke insgesamt). Zeitpunkt war hier die Vollreife der frühesten Parzelle (Cleg3), am 18. 10. 2009.

Erntemengen: Jeweils zum Erntetag wurde in der untersuchten Parzelle die gesamte selektionierte (nur einwandfreie Trauben) Ernte von 20 Stöcken gewogen.

Phänologie: Das Weichwerden der Beeren setzte im Untersuchungsgebiet in der letzten August-Woche ein. Die Datenaufnahmen zum Blatt-N erfolgten am 26. 8., die Blatt-Probeentnahme erfolgte am 30. 8.

Bodenbearbeitung und Begrünungspflege: Alle Parzellen wurden jeweils einmal im Herbst alternierend gemäht. In den Parzellen Gleg5, Jleg5 und Gleg4 ist im Frühjahr 2010 ein Teil der Fahrgassen umgebrochen worden, so dass hier nur noch jede zweite Fahrgasse dauerbegrünt ist.

Statistik: Die Datensätze zu den Triebdurchmessern und Gescheinzahlen wurden mit einem Kolmogorov-Smirnov-Test auf Normalverteilung getestet. Wenn sich die Annahme einer Normalverteilung bestätigte, wurde ein zweiseitiger t-Test durchgeführt.

Resultate

Blattstickstoff

Die Versorgung der Reben mit Stickstoff kann sehr effizient mithilfe einer optischen Sonde ermittelt werden (Yara-N-Tester). Für verschiedene in der Schweiz kultivierte Rebsorten sind Referenzwerte ermittelt worden [Spring et al. 2003].

Abb. 1 zeigt die Entwicklung des Blatt-Stickstoffs der fünf ältesten Versuchs-Parzellen, welche im Jahr 2010 seit vier resp. fünf Jahren dauerhaft begrünt waren. Alle vier Parzellen haben einen deutlichen Rückgang des Blattstickstoffes in der 1. oder 2. Saison der Dauerbegrünung zu verzeichnen. Während zwei Parzellen danach aber in einer suboptimalen Stickstoff-Versorgung stagnierten, stieg der N-Gehalt bei den anderen zwei Parzellen stark an, um dann wieder zu sinken. Die mit Gräsern begrünete Parzelle zeigt eine ständig sinkende Stickstoffversorgungs-Kurve. Die Stickstoffversorgung der Reben von 13 mit Leguminosen begrüneten Parzellen (Pinot Noir) im Jahr 2011 zeigt eine grosse Schwankungsbreite, besonders derjenigen Parzellen, welche im 1. bis 3. Jahr der Begrünung stehen (Abb. 2). Der durchschnittliche N-Gehalt ist bei den Parzellen im 2. Jahr am niedrigsten, im fünften Jahr am höchsten. Drei Parzellen, welche 2010 in der vierten Saison begrünt sind, zeigen eine suboptimale Stickstoffversorgung.

Mineralstoffversorgung

Mithilfe von Blattanahmen können die relativen Nährstoffgehalte in der Trockenmasse der Reblätter bestimmt werden. Die Resultate von drei Versuchspartellen zu Beginn der Reifephase (véraison) sind in Abb. 3–5 dargestellt. Die im 5. Jahr begrünete Parzelle zeigt eine relativ ausgeglichene Nährstoffversorgung. Ca, N und Mg sind im optimalen Bereich, Kalium

je nach Referenz leicht bis stark zu niedrig und Phosphor 4% zu hoch. Die beiden Parzellen im 3. und 4. Jahr der Begrünung zeigen bezüglich Kalium und Phosphor eine Unterversorgung.

Wuchskraft

Die höchste Wuchskraft zeigen die Versuchspartellen, welche konventionell bewirtschaftet oder im fünften Jahr begrünt sind, die niedrigsten Wuchskraft verzeichneten Parzelle C (im 3. Jahr begrünt) und die mit Gramineen begrünzte Parzelle (Abb. 6).

Korrelation N-Index Blatt mit Triebdurchmesser (Abb. 7): Alle Parzellen mit einer Wuchskraft von über 8mm zeigen eine ausreichende Stickstoffversorgung nach Blatt-Index. Abweichungen von der linearen Regression sind bei Parzellen mit schwachem Wachstum besonders ausgeprägt (< 7.1 mm).

Gescheineansatz

Die Zahl der im Frühling ausgebildeten Gescheine beeinflusst zusammen mit anderen Parametern wie Krankheitsbefall und Trauben- resp. Beerengröße die Erntemenge. Bei sechs Fruchtrieben gilt für den Qualitätsweinbau ein Optimum von zwei Trauben pro Trieb. Die Anlage der Gescheine geschieht jeweils im Vorjahr, die Nährstoffversorgung der Reben im Vorjahr beeinflusst demnach die Gescheinzahl im Untersuchungsjahr.

Die höchsten Gescheinansätze wurden bei im 1. und 2. Jahr begrünnten Parzellen beobachtet, die niedrigsten bei einer im 3. Jahr begrünnten (C) und bei der im 5. Jahr mit Gramineen begrünnten Parzelle. Die im 4. und 5. Jahr begrünnten Parzellen zeigen Werte im Bereich der konventionell bewirtschafteten (+/-10%) (siehe Abb. 8).

Erntequantität

Die Erntemengen von vier Versuchspartellen (davon M, G und K in unmittelbarer Nachbarschaft) nach der Auslese unterschieden sich deutlich. Die größte Ernte konnte mit rund 650g/Stock in der Parzelle K eingefahren werden, die niedrigste in Parzelle C (siehe Abb. 9).

Erntequalität

Gerbstoffe, Farbstoffe, Säure und Kalium im Traubengut: Die Parzelle K, im fünften Jahr begrünt, zeigt mit Differenzen von über 10% die höchsten Werte für extrahierbare Polyphenole und auch für Anthocyane. Die titrierbare Gesamtsäure ist bei Parzelle K um rund 10% höher als bei Parzelle M. Die Werte für Apfelsäure unterscheiden sich nur gering, bei K ist der Wert am niedrigsten. Die Unterschiede im Kaliumgehalt sind gering. Alle drei Parzellen zeigen erhöhte Kaliumgehalte (siehe Abb. 10).

Stickstoff in den Trauben: Der Ammonium-Stickstoff-Gehalt unterscheidet sich nur sehr gering, der Gehalt an Aminosäuren ist aber bei Parzellen G und K deutlich höher als bei M (siehe Abb. 11).

Diskussion

Versuchsgebiet und Kulturgeschichte

Im Vorfeld der Diskussion über den agronomischen Nutzen der Dauerbegrünung in den experimentellen Weinbergen müssen wir uns die Ausgangslage im Versuchsgebiet noch einmal vor Augen führen. Viele Parzellen im Versuchsgebiet sind während Jahrzehnten höchst intensiv bewirtschaftet worden. Dies beinhaltet präventive Pflanzenschutzspritzungen, mineralische Düngung, Bewässerung in den Sommermonaten und ganzflächige Herbizideinsätze. Die nackten Böden

der steilen Lagen waren folglich während Jahrzehnten starker Erosion ausgesetzt. Eine Umstellung solcher Parzellen auf Dauerbegrünung, begleitet von einem abrupten Ende der Bewässerung und der Mineraldüngergaben, ist ein massiver Eingriff. Die Reben wurden zudem im Rahmen der Umstellung von Gobelet auf Guyot umerzogen. Die Rebstöcke waren zum Zeitpunkt der Übernahme größtenteils bereits über 30 Jahre alt, hatten also nach Maßstäben der intensiven Produktion bereits ihren Zenit überschritten.

Es ist hierbei zu bemerken, dass sich die Parzellen insgesamt durch das bioaktive Boden- und Begrünungssystem sehr gut erholt haben. Sowohl die Widerstandsfähigkeit der Reben gegen die üblichen Rebkrankheiten als auch die Traubenqualität wurden deutlich besser.

Was neben dem Einfluss des Bodens oftmals vergessen wird, ist der Einfluss der Propfunterlage auf die Nährstoffversorgung der Rebe. Die Qualitäten können bezüglich Nährstoffaufnahme so unterschiedlich ausfallen, dass dieselbe Rebsorte auf demselben Boden mit der einen Unterlage Mangelsymptome zeigt (hier bezüglich Mg), mit einer anderen jedoch nicht [H. Fardossi, HBLA Klosterneuburg, n. publ.]. Bei der kleinräumigen Parzellierung mit vielen verschiedenen Besitzern und Besitzerwechseln bleiben die Propfunterlagen der Versuchsbereben eine unbekannte Variable.

Kulturmethode und Nährstoffversorgung

Ohne Bewässerung und mit Dauerbegrünung ist es im verhältnismäßig trockenen Versuchsgebiet (450–520 mm/a) eine Gratwanderung, den Reben eine ausreichende Nährstoffversorgung zu ermöglichen. In den nach Analysen und Produktivität offensichtlich knapp versorgten Parzellen würde die Installation einer Tröpfchenbewässerung die Verfügbarkeit

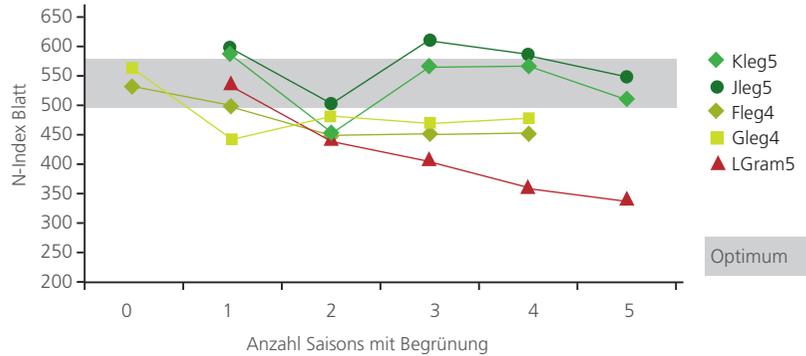


Abb. 1: Blattstickstoffverlauf (N) von fünf Versuchspartellen im Zeitverlauf. Erhoben beim Beginn der Reifephase der Trauben (véraison). leg = Leguminosenbegrünung, gram = Gramineenbegrünung

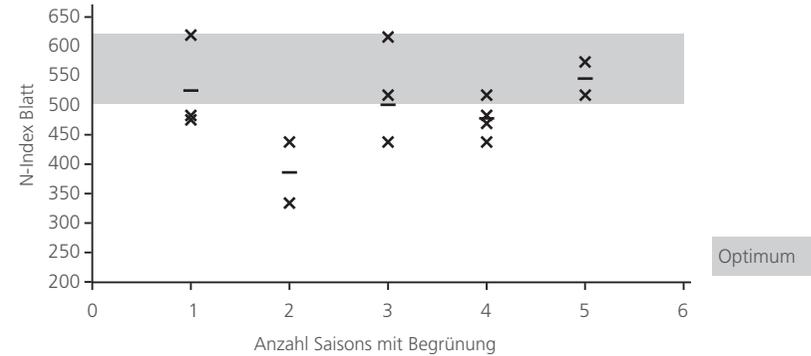


Abb. 2: Blattstickstoff von 13 Parzellen 2011 (Kreuze). Die Striche stehen für den Mittelwert der jeweiligen Kategorie. Mess-Zeitpunkt zu Beginn der Reifephase der Trauben (véraison).

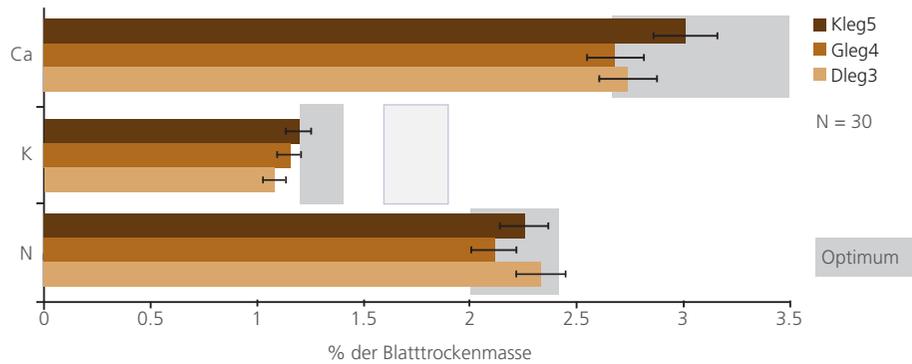


Abb. 3: Konzentrationen von Calcium (Ca), Kalium (K) und Stickstoff (N) in den Blattspreiten dreier Versuchspartellen im dritten, vierten und fünften Jahr nach Anlage der Leguminosebegrünung. Zwei verschiedene Optima bei K, das höhere sortenspezifisch. Fehlerbalken 5%

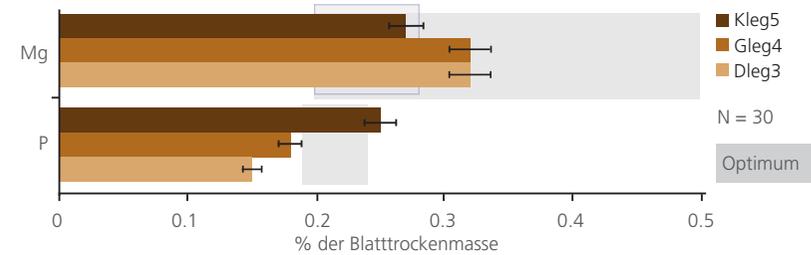


Abb. 4: Konzentrationen von Magnesium (Mg) und Phosphor (P) in den Blattspreiten dreier Versuchspartellen im dritten, vierten und fünften Jahr nach Anlage der Leguminosebegrünung. Zwei verschiedene Optima bei Mg, das engere sortenspezifisch. Fehlerbalken 5%

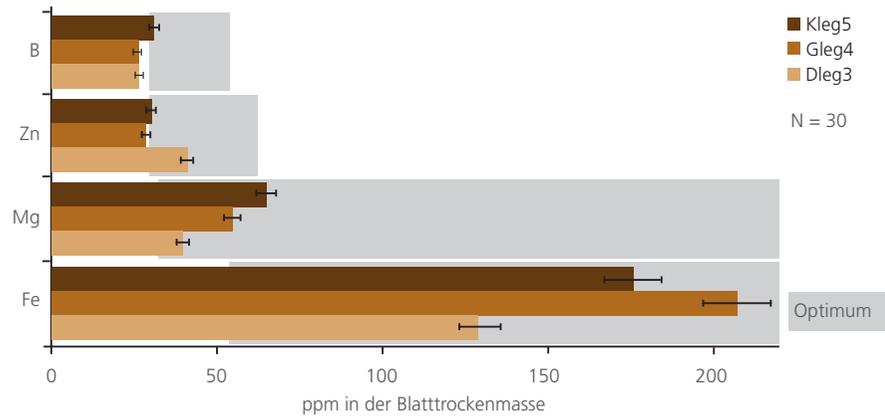


Abb. 5: Blattanalyse-Werte der Spurenelemente aus drei Versuchparzellen. Die Optima für Magnesium (Mn) und Eisen (Fe) erstrecken sich bis 300 ppm. Mit Berücksichtigung der Übersichtlichkeit wurde die x-Achse aber gekürzt. Fehlerbalken 5%

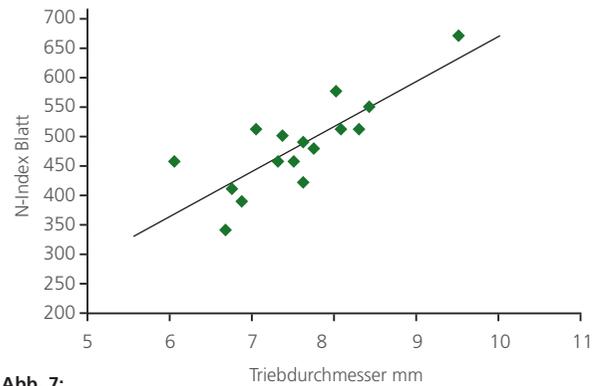


Abb. 7: xy-Plot der Mittelwerte des Blatt-Stickstoff(N)-Index (x) und des Triebdurchmessers (y) von 16 Parzellen.

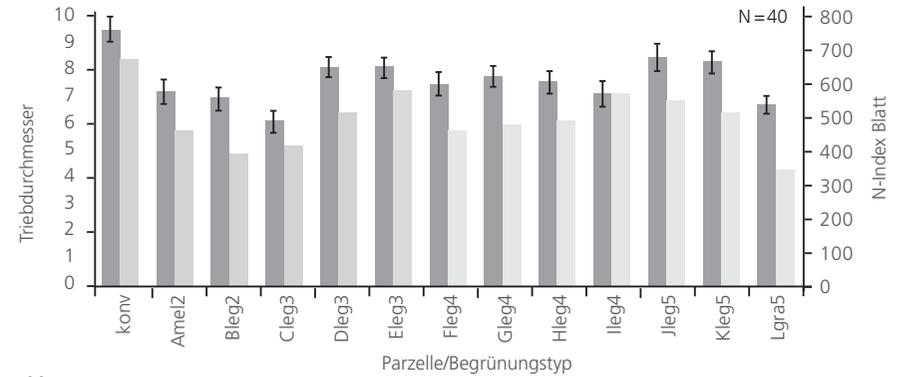


Abb. 6: Triebdurchmesser von 12 dauerbegrünter Versuchparzellen mit den entsprechenden Blattstickstoffwerten (N-Index) auf der Sekundärachse, sowie die Werte einer konventionell bewirtschafteten Parzelle (Datenaufnahme 18./19. 10. 2011). Die Zahl am Ende der Abkürzung steht für Anzahl der Jahre seit Anlage der Begrünung. mel= Bienenmischung; leg= Leguminosebegrünung; gra = Gramineen-Begrünung. Fehlerbalken 2SE

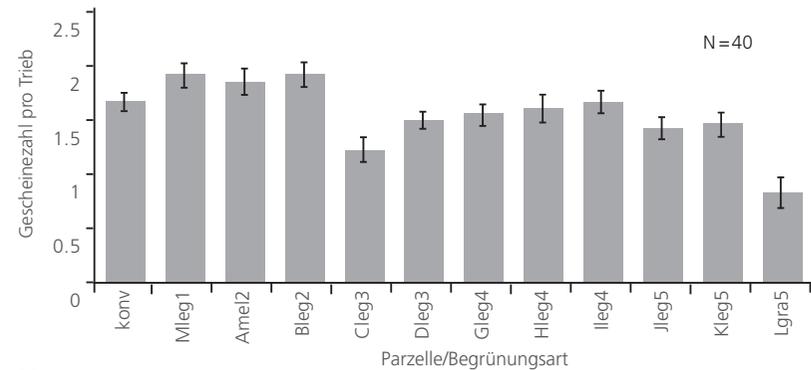


Abb. 8: Anzahl der Gescheine pro Rebstock von 12 Versuchparzellen. Fehlerbalken 2SE

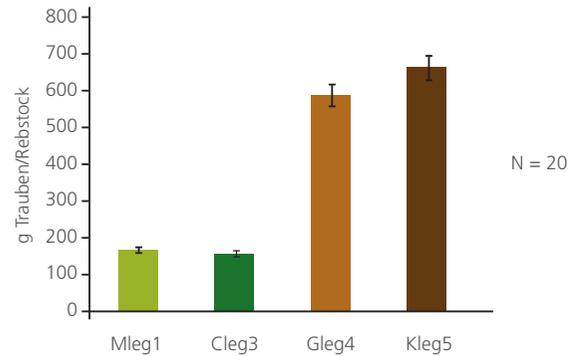


Abb. 9: Erntemengen von vier Versuchparzellen nach der Selektion (qualitativ einwandfreies Traubengut). Fehlerbalken 5%

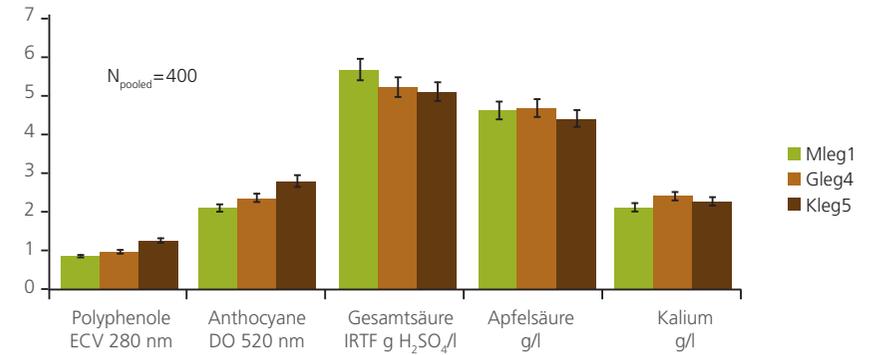


Abb. 10: Werte fünf wichtiger Parameter im Traubengut von drei Versuchparzellen. Fehlerbalken 5%

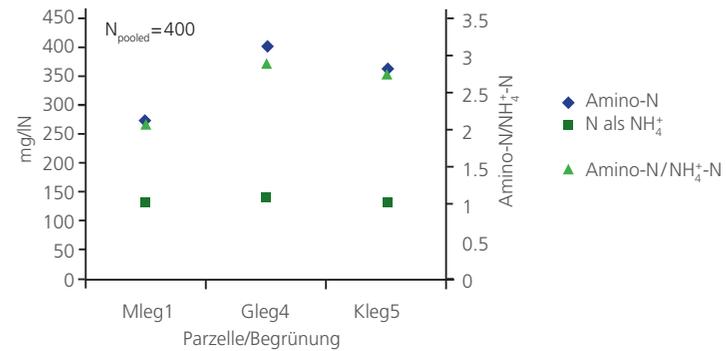


Abb. 11: Stickstoffquantität und -qualität im Traubengut dreier aneinander grenzender Versuchparzellen.

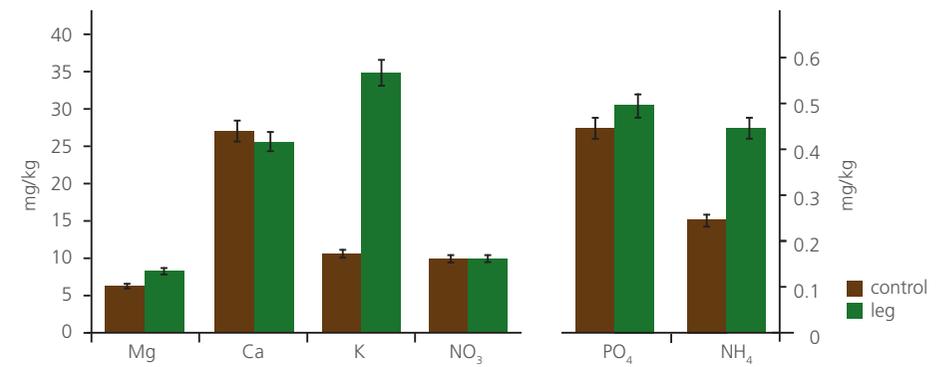


Abb. 12: Unmittelbar verfügbare Nährstoffe in wässriger Extraktion des Bodens zweier Parzellen. leg = Leguminosenbegrünung, control = konventionell. Fehlerbalken 5%

maßgeblich erhöhen. Eine verbesserte Versorgung des Bodens mit Wasser erhöht die Mobilität der Nährelemente durch Diffusion und kapillare Kräfte in entscheidendem Maße. Zudem wird durch eine gleichmäßige Feuchtigkeit der Biomasseumsatz der Begrünung, die mikrobiologische Aktivität und damit der Grad der Mobilisierung und Remineralisierung von Nährstoffen stark erhöht.

Es bleibt das Ziel, die Wasserspeicherfähigkeit der Böden durch Begrünung soweit zu erhöhen, dass gar keine Bewässerung notwendig ist. Trotzdem sollten je nach Fall sanfte Bewässerungsmethoden zumindest als Übergangslösung während der Restrukturierung bzw. als Notlösung in klimatisch außergewöhnlichen Jahren vermehrt in Betracht gezogen werden.

Das Begrünungssystem beruht auf der Annahme, dass in den Weinbaugebieten die meisten, oft ausgiebigen Niederschläge im Spätherbst, Winter und frühen Frühjahr fallen. In dieser Zeit kann ein begrünter Rebberg das Niederschlagswasser effizient speichern, um die Nährstoffdynamik im Boden während der Trockenmonate aufrecht zu erhalten und die Reben ebenso wie die Begrünung ausreichend zu versorgen. In den seltenen, aber nicht auszuschließenden Fällen von ausbleibenden Winterniederschlägen kann die Begrünung, die rund 8 Wochen eher als die Reben in ihre Wachstumsphase eintritt, für teils erhebliche Wasser- und Nährstoffkonkurrenz sorgen.

Der Zeitraum vom Ausschlag bis zur Vorblüte in den Monaten April und Mai ist eine besonders kritische Phase, in der eine ausreichende Bodenfeuchtigkeit vorhanden sein muss. Bei extrem trockener Winter- und Frühjahrszeit sollte eine Tröpfchenbewässerung oder eine teilweise Entfernung der Begrünung vorgesehen werden.

Blattstickstoff

Die Unterschiede in der Entwicklung der Stickstoffversorgung der fünf untersuchten Parzellen während mehrerer Jahre sind primär wohl auf Unterschiede der Bodengeschichte zurückzuführen (Abb. 1). Die Parzellen liegen zwar in unmittelbarer Nachbarschaft voneinander, aber in der montanen Topologie des Versuchsgebietes sind auch kleinräumige Unterschiede im Untergrund sehr wahrscheinlich. Ein entscheidender Faktor im steilen Versuchsgelände könnte eine inhomogene Grundwasserverteilung sein. Je besser der Zugang für Begrünung und Reben zum Grundwasser ist, umso besser ist auch die Mobilisierung und Versorgung mit Nährstoffen in den oberen Bodenschichten gewährleistet. Luzerne kann bereits im zweiten Jahr Wurzeln bis in 3m Tiefe ausbilden, weshalb die Lage des Mutterfelsens und dessen Abflussdynamik bei Dauerbegrünung besonders großen Einfluss haben können.

Es zeigt sich, dass auch vier Jahre nach der Umstellung auf ein System mit Leguminosedauerbegrünung noch ein Stickstoffdefizit möglich ist. Dies ist wohl einerseits auf die Festlegung fixierten Stickstoffes in den tiefreichenden Wurzelsystemen der Leguminosen, insbesondere der Luzerne zurückzuführen. Andererseits ist wohl die Aufnahme von Nährstoffen aufgrund eines suboptimalen Wasserhaushaltes eingeschränkt. Gründe hierzu sind in der (noch) ungenügenden Bodenstruktur und der erhöhten Verdunstung durch die intensive Begrünung, wie auch in der Hydrologie des Untergrundes (siehe oben) zu suchen.

Die Bodengeschichte ist bei der Umstellung auf Dauerbegrünung ein gewichtiger Faktor. Je nach Bodenstruktur, Nährstoffreserven und Vitalität der Rebbestände kann ein zusätzlicher Bewuchs mehr oder weniger gut «abgepuffert» werden.

So hat sich gezeigt, dass in Parzellen, die in den letzten 10 Jahren trotz konventioneller Bewirtschaftung zumindest einmal mit organischen Düngern wie Trockenmist, Trester oder Kompost versorgt wurden, die Umstellung auf Dauerbegrünungssysteme bedeutend leichter zu vollziehen ist.

Blattanalysen

Die Bewertung des Blattstickstoff-Gehaltes aufgrund der Blattanalysen ist nicht mit der Beurteilung nach der optischen Methode gleichzusetzen. Bei der Ermittlung des Blattstickstoff-Index mit dem N-Tester wird der Gesamtgehalt von Stickstoff via Chlorophyll bestimmt, was die Gesamtmenge an Blattstickstoff angibt. Blattanalysen dagegen geben Auskunft über die prozentualen Anteile der Nährelemente. Hat ein Nährelement einen überdurchschnittlich hohen Anteil an der Trockenmasse, wäre dadurch eine Verminderung der Anteile der anderen Elemente möglich. Die Blattanalysen geben so gesehen Auskunft über das Verhältnis der verschiedenen Nährstoffe im Blatt zueinander, aber nur sehr bedingt über die absolute mengenmäßige Versorgung der Pflanze. Auch ein insgesamt schwach mit Nährstoffen versorgtes Blatt mit reduziertem Wachstum kann ein ausgewogenes Verhältnis und dementsprechend «optimale» Blattanalysewerte zeigen. Deshalb ist ein Einbezug von Wachstumsparametern wie u.a. der Triebdurchmesser in die pflanzenphysiologische Beurteilung immer angezeigt.

Die Reben aus Parzelle K zeigen nach fünf Jahren Dauerbegrünung und ohne Mineraldüngergaben, abgesehen von Kalium, eine ausgewogene Versorgung mit Nährstoffen. Alle Nährelemente liegen nach sortenunabhängigen Referenzwerten [Vanek 1978, Fardossi 2001] im optimalen Bereich. Für zwei Nährelemente sind die Werte jedoch kontrovers, da in

der Literatur große Unterschied zu finden sind. Aufgrund der vorliegenden Referenzwerte muss man annehmen, dass Pinot Noir einen besonders hohen Bedarf an Kalium hat, an Magnesium einen relativ geringen. Nach den Referenzen in [Spring 2003] für Blauburgunder sind alle Parzellen deutlich mit Kalium unterversorgt, der Gehalt wird als «sehr schwach» eingestuft. Mangelerscheinungen sind aber offenbar erst unter 0.9% Kalium in der Blatttrockenmasse zu erwarten [Perret 1996] und konnten in den Versuchspartellen bisher auch nicht beobachtet werden. Die Magnesium-Werte sind in G und D zu hoch.

Der geringe Kaliumgehalt in den Blättern ist besonders bemerkenswert, weil die absoluten Kaliumgehalte im Boden durch die Leguminosebegrünung um mehr als das Dreifache zugenommen haben (siehe unten). Sie liegen im Boden zwar in ausreichendem Maße vor, können aber von der Rebe offenbar nicht ausreichend aufgenommen werden. Erklären lässt sich dies wahrscheinlich damit, dass sich Kalium und Magnesium bei der Aufnahme aus der Bodenlösung gegenseitig konkurrieren. Zur Interpretation der Blattanalysen kann deshalb das Verhältnis K:Mg im Boden herangezogen werden: 2009 lag dieses in Parzelle K zwischen 0.9 und 1.1, optimal wären aber 1.7 bis 5. Es wird sich zeigen, ob mit dem weiteren Aufbau des Humusgehaltes im Boden durch die Leguminosebegrünung in den nächsten Jahren eine Verbesserung der Kaliumversorgung durch eine Pufferung der hohen Magnesiumgehalte erreicht werden kann. Es ist leider unbekannt, welche spezifischen Eigenschaften die verwendeten Unterlagen bezüglich Kaliumaufnahme haben. Bei Neupflanzungen müsste besonders darauf geachtet werden, dass günstige Unterlagen gewählt werden, beeinflussen diese doch auch die Kalium-Versorgung der Pfropfrebe [Brancadoro 1995].

Sehr interessant ist die Feststellung, dass die Kaliumgehalte in den Trauben erhöht sind. Diese Beobachtung könnte auf einen Mobilisationsschub aus der Bodenreserve, oder aber eine massive Umverteilung innerhalb der Pflanze im Spätsommer, zurückzuführen sein.

Wuchskraft

Ausreichendes vegetatives Wachstum ist Voraussetzung für wirtschaftliche Erträge. Die Biomasseproduktion spiegelt indirekt die Versorgung der Reben mit Wasser und Nährstoffen wieder. Der Triebdurchmesser des einjährigen Rebholzes ist ein leicht zu messender Parameter und dient als Richtwert für die Wuchskraft. Eine Korrelation mit der Stickstoffversorgung liegt auf der Hand. In Abb. 7 zeigt sich aber, dass diese auf der Grundlage von Blatt-N-Index und Triebdurchmesser nicht so stark ist, wie man vielleicht erwarten würde. Hier ist jedoch wichtig anzumerken, dass die Messungen der Triebdurchmesser und des Blattstickstoffes jeweils an zufällig ausgewählten Stöcken vorgenommen wurden. Würde man systematisch genau dieselben Individuen für beide Messungen verwenden, wäre die Korrelation voraussichtlich stärker. Dies soll in Zukunft mit umfangreicheren und gekoppelten Datenaufnahmen überprüft werden. Kalium scheint für das Sprosswachstum nur von geringer Bedeutung zu sein, denn die Mittelwerte der Parzellen mit Kaliumunterversorgung nach Blattanalyse sind bezüglich Triebdicke in den höheren Bereichen zu finden. Keine Parzelle mit durchschnittlich mehr als 8 mm Triebdurchmesser war mit Stickstoff nach N-Meter unterversorgt. Interessant sind die Fälle, bei denen das Wachstum in Relation zum Blatt-Stickstoffgehalt auffällig schwach ist. Die möglichen Ursachen sind neben dem Zufall aufgrund der erwähnten unabhängigen Datenaufnahme denkbar vielfältig.

Gescheinansatz

Die Zahl der ausgebildeten Gescheine ist entscheidend für die Erntemengen pro Hektar. Als optimal gilt im Weinbau eine Gescheinzahl von zwei pro Fruchttrieb, also 12 bis 16 pro Rebstock, je nach Pflanzdichte. Erstaunlicherweise zeigten die Parzellen mit den höchsten Wachstumsraten und Blattstickstoff-Werten die niedrigsten Gescheinezahlen. Hier drängt sich die Vermutung auf, dass Kalium das limitierende Element für eine höhere Produktivität der Versuchsreben sein könnte. Kalium ist ein Element, welches bei der Blüten- und Fruchtbildung eine entscheidende Rolle spielt, ist es doch auch am Kohlenhydrat-Metabolismus beteiligt. Die Bodenreserven der Elemente, welche wie Kalium für die Blüten und Früchte wichtig sind, scheinen hier nach Umstellung auf Begrünung länger anzuhalten oder im entscheidenden Moment besser verfügbar zu sein, sind doch Kleg1, Amel2 und Bleg2 die Parzellen mit den höchsten Gescheinezahlen. Zur erfolgreichen Ausbildung von Gescheinen sind jeweils zwei Phasen entscheidend: die Ansätze der Meristeme im Vorjahr und die Ausbildung im Frühjahr. Ein kritischer Punkt könnte auch der Nährstofffluss in der Rebe zum Zeitpunkt der Blütenanlagenbildung im Vorjahr und später der Geschein-Ausbildung sein. In diesen Phasen spielen unter anderem die Versorgung der Meristeme und Blüten mit Kohlenhydraten eine sehr wichtige Rolle [Candolfi-Vasconcelos 1999]. Es ist gut möglich, dass die Begrünung in entscheidenden Blütenentwicklungsstadien eine zu starke Konkurrenz bei der Kaliumaufnahme darstellt, zumal die Verfügbarkeit im Boden bei dem im Versuchsgebiet erhobenen K/Mg-Verhältnis grundsätzlich schlecht ist [Niggli et al. 2009].

Erntequantität

Der Vergleich der Erntemengen zwischen Gleg4 und Kleg5 bestätigt die Erwartungen, welche sich bei einer isolierten Betrachtung der Nährstoffwerte in den Blättern ergeben: Kleg5 mit der ausgewogeneren Nährstoffversorgung hat mehr Ernte geliefert. Die Daten zu den Gescheinansätzen würden jedoch eine ganz andere Ernteprognose ergeben. Die sehr niedrige Erntemenge in Parzelle Kleg1 ist auf die Umstellung auf ökologischen Anbau und den damit verbundenen Stressfaktoren wie Umerziehung, Begrünung und Nährstofflimitierung zurückzuführen. Der Gescheinansatz im Frühjahr war hier sehr gut (gute Nährstoffversorgung im Vorjahr). Die starken Einbussen liegen vor allem in massivem Befall von Falschem und Echtem Mehltau begründet. Bei Cleg3 sind die Mindererträge wohl auf die starke Konkurrenz um Nährstoffe und Wasser mit der Begrünung zurückzuführen. Die Wuchskraft und die Zahl der Gescheine waren hier ausgesprochen niedrig.

Erntequalität

Nach Angaben des Analyselabors liegen alle Werte in einem «normalen» Bereich. Für die meisten Parameter in Abb. 10 gibt es keine allgemeinen Optima, da je nach angestrebtem Weinstil unterschiedliche Anforderungen gestellt werden und die Normen lokal und je nach Jahrgang mehr oder weniger stark variieren können. Zudem schwanken die Durchschnittswerte für verschiedene Rebsorten. Folglich bleibt für eine Auswertung primär der Vergleich zwischen den Parzellen.

Interessant ist die Feststellung, dass der Anteil an löslichen Gesamtpolyphenolen und Anthocyanen bei der Parzelle Kleg5 am höchsten ist, denn diese zeigt zugleich die ausgewogenste Nährstoffversorgung (Abb. 3–5), das stärkste Wachstum (Abb. 6) und auch die größte Traubenmenge. Man dürfte erwarten,

dass die Reben mit mehr Nährstoffstress und geringerer Produktivität einen erhöhten Gehalt zeigen. Die hohe Gesamtsäure in Mleg1 im Vergleich zu Kleg5 ist wohl auf den Stress und die damit verbunden verzögerte Reife infolge der Umstellung zurückzuführen.

Die Stickstoffgehalte sind für Gleg4 und Kleg5 leicht überdurchschnittlich. Der hohe Gehalt in Gleg4 erstaunt, ist doch die Versorgung der Blätter nach N-Tester suboptimal. Hier scheint eine prioritäre Versorgung der Beeren erfolgt zu sein. Der relativ hohe Anteil an Aminosäuren im Traubengut bei dauerbegrüntem Parzellen könnte zu der Annahme verleiten, dass die Aufnahme von Stickstoff bei Reben ohne mineralische Düngung zu einem größeren Teil direkt über Aminosäuren geschieht. Diese sind in einem humusreichen, biologisch aktiven Boden sicher leichter verfügbar. Eine andere Möglichkeit ist, dass das Gleichgewicht im Metabolismus der Reben in den mehrjährig begrüntem Systemen, welche gerade optimal bis knapp mit Nährstoffen versorgt sind, stärker auf der Seite von komplexeren Bausteinen liegt. Auf jeden Fall steht fest, dass die Versorgung der Trauben mit Stickstoff für einen guten Vergärungsprozess in legG4 und legK5 ausreicht. Eine genaue Analyse der Aminosäure-Zusammensetzung wäre jedenfalls interessant, auch in Anbetracht der Tatsache, dass nur einige Aminosäuren von Hefen während der Gärung assimiliert werden können. Es ist auch nicht bekannt, wie die Verteilung des Amino-Stickstoffs auf freie Aminosäuren, Oligopeptide oder Proteine verteilt ist. Diese Verteilung wäre auch aus einem önologischen Gesichtspunkt wichtig. Ein höherer Proteingehalt in den Trauben bzw. im Most beispielsweise könnte zu Weintrübungen führen und önologische Maßnahmen erforderlich machen.

Erste Resultate 2011

Bodenuntersuchungen – Nährstoffmobilisation durch Leguminosen

Leguminosen können als Gründüngungspflanzen nicht nur Stickstoff fixieren, sondern auch andere Pflanzennährstoffe mobilisieren und das Speichervermögen des Bodens durch Humusaufbau erhöhen. Im Rahmen einer Kurswoche der Abteilung für Bodenwissenschaften der Universität Zürich hat sich in zwei benachbarten Parzellen gezeigt, dass eine Dauerbegrünung mit Leguminosen eine ähnlich hohe oder sogar bessere kurzfristige Nährstoff-Verfügbarkeit generieren kann, als durch mineralisch-synthetische Düngung erreicht wird. Es wurden zwei benachbarte Flächen verglichen. Eine Parzelle ohne zusätzliche Düngergaben, welche seit 2006 mit einer Leguminose-Mischung begrünt ist (leg), und eine konventionell bewirtschaftete Referenzfläche mit Dünger- und Herbizideinsatz (control). Die Nährstoffe wurden aus Bodenproben oben und unten in der Parzelle erhoben, jeweils als Mischproben aus drei Einzelproben (Npooled = 6). Die Wasserextraktion erfasst die unmittelbar für die Pflanzen verfügbaren Nährstoffe. Für keines der gemessenen Nährionen liegt die begrünzte Parzelle mehr als 10% unter der Referenzfläche. Die Kaliumverfügbarkeit ist in der Leguminosenvariante um über 300% höher als in der Referenzfläche. Für Ammonium ergibt sich eine 180% höhere Verfügbarkeit in der begrüntem Parzelle. Die Verfügbarkeit von Phosphor ist für beide Varianten als niedrig einzustufen.

Kalium ist ein essentielles Nährelement und wird für sehr viele Stoffwechselfunktionen benötigt, bei denen Enzyme beteiligt sind. Zudem spielt es für die Schließzellenaktivität eine wichtige Rolle und erhöht die Wassernutzungseffizienz. Ungenügende Kaliumversorgung hat Wasserstress zur Folge,

was wiederum die Nährstoffaufnahme in ihrer Gesamtheit negativ beeinflusst. Die Verfügbarkeit wird nach Düngerrichtlinien in der Parzelle leg als genügend eingestuft, bei der Kontrolle als mittel. Der erhöhte Gehalt im Vergleich zur Kontrolle und auch in Hinsicht auf die austauschbare Fraktion in früheren Bodenproben ist wohl auf eine hohe Mobilisierung durch die Leguminosen zurückzuführen. Es konnte gezeigt werden, dass Luzerne die Fähigkeit hat, schwer mobilisierbares, nicht-austauschbares Kalium aus Glimmermineralien aufzunehmen [Norouzi et Khademi 2010]. Im Gebiet sind Kalkschiefer die dominierende Gruppe, welche auch verhältnismäßig reich an Glimmermineralien sind. In anderen langjährig mit Leguminosen begrüntem Parzellen wurde in den Blättern der Reben 2010 eine suboptimale Kaliumversorgung beobachtet, wobei hier wohl das Bodenwasser limitierender Faktor für die Aufnahme war. Die untersuchte Parzelle leg wurde 2011 erstmals mit Tröpfchenbewässerung versorgt, was hohe Mineraliengehalte in der Bodenlösung begünstigen kann.

Die niedrige P-Verfügbarkeit in leg wiederum erstaunt in Hinblick auf die nur leicht unter dem Optimum liegenden Blattgehalte und die hohen Bodenreserven in anderen Versuchsparzellen des Gebietes [siehe Niggli 2009]. Es ist gut möglich, dass die Reben via Mykorrhiza auf die schwerer verfügbaren Phosphatreserven in der Austauschmatrix zugreifen können. Die Analyse des wässrigen Extraktes wäre also demnach kaum aussagekräftig bezüglich der effektiven Versorgung der Rebe. Grundsätzlich kann man davon ausgehen, dass in Böden mit erhöhter biologischer Aktivität bei ausreichender Feuchtigkeit die Reservemengen wichtiger sind, als die in der Bodenlösung enthaltenen Nährstoffe.

Nährstoffverfügbarkeit und Biodiversität

In einer nachhaltigen Bodenbewirtschaftung mit minimalen Düngergaben ist die Mobilisierung von Nährstoffen durch Begrünungspflanzen ein zentraler Aspekt. Am Beispiel der Luzerne sehen wir, dass gewisse Arten oder Artengruppen spezielle Fähigkeiten haben, bestimmte Element selbst aus schwer zugänglichen Reserven effizient aufzuschließen. Die verschiedenen Spezialisierungen und Optimierungen des Pflanzenstoffwechsels an ihre Lebensräume führen zu Unterschieden bezüglich der Nährstoffbedürfnisse und auch in der Zusammensetzung der pflanzlichen Biomasse. Durch Remineralisation als Folge der Zersetzung gelangen diese Nährstoffe zurück in den Boden und werden biologisch leicht verfügbar. Je größer die biologische Vielfalt der Begrünungspflanzen ist, umso größer müsste tendenziell die Wahrscheinlichkeit einzuschätzen sein, dass genügend Nährstoffe aus dem ganzen pflanzenrelevanten Spektrum mobilisiert werden können. Eine hohe Vielfalt an Begrünungspflanzen sollte sich also auf das Wachstum und die Gesundheit der Hauptkulturpflanze eher positiv auswirken, wenn die Voraussetzung ausreichender Feuchtigkeit und demzufolge Mobilität der Mineralstoffe im Bodengefüge gegeben ist.

Ausblick, nächste Forschungsarbeiten

Aufgrund der Ergebnisse der letzten fünf Jahre lässt sich sicher schließen, dass durch die vom Delinat-Institut konzipierten Gründüngungsmischungen die Nährstoffversorgung der Reben komplett abgedeckt werden kann. Forschungsbedarf besteht vor allem darin, wie die Nährstoffdynamik in Abhängigkeit des Nährstoffbedarfs der Rebe optimiert werden kann. Das Hauptaugenmerk kommt dabei der Wasserversorgung zu. Insbesondere in der Hauptwachstumsphase

im Spätfrühjahr und Frühsommer müssen die Wasservorräte im Boden ausreichend sein, um für eine optimale Nährstoffmobilisierung zu sorgen. Sollte die Bodenfeuchtigkeit durch ausbleibende Winter- und Frühjahrsniederschläge nicht gewährleistet sein, muss durch eine kontrollierte Tröpfchenbewässerung, durch rechtzeitiges Walzen oder/und durch einen teilweisen Umbruch der Begrünung dafür gesorgt werden, dass die Nährstoffkonkurrenz zwischen Rebe und Begrünung nicht zu Wachstumsdepressionen führt.

Am Delinat-Institut werden seit 2011 weitreichende Untersuchungen durchgeführt, um die Nährstoffdynamik im Verhältnis zur Bodenfeuchtigkeit zu bestimmen und möglichst einfache Anhaltspunkte und Entscheidungshilfen für die Winzer aufzustellen. Es wird ein Maßnahmenkatalog in Abhängigkeit von Bodentyp, Klimazone, Begrünungsart und Agromechanik erarbeitet. Zudem wird die Arbeit an der Optimierung der Saatgutmischungen für unterschiedliche Bodentypen und Klimazonen fortgesetzt.

Literatur

- Candolfi-Vasconcelos MC, Koblet W: *Yield, fruit quality, bud fertility and starch reserves of the wood as a function of leaf removal in Vitis vinifera: evidence of compensation and stress recovering*. *Vitis* 1990; 29:199–221 (1990)
- Brancadoro L, Valenti L, Reina A: *Rootstock effect on potassium content of grapevine*. *Acta Hort. (ISHS)* 383:115-124 http://www.actahort.org/books/383/383_13.htm (1993)
- Fardossi A: *Aspekte der Rebernährung in der Praxis, Beratung und Forschung*. *Der Winzer* 2001/6: 6–14 (2001)
- Flügel I: *Gesunder Weinberg durch Begrünung: Erfolgsfaktoren für eine hohe Weinqualität in Weinanbau*, VDM Verlag Dr. Müller, Saarbrücken (2007)
- Fischer Walter IE, Hartnett DC, Hetrick BAD and Schwab AP: *Interspecific nutrient transfer in a tallgrass prairie plant community*. *Am J Bot* 83:180–184 (1996)
- Flügel I: *Gesunder Weinberg durch Begrünung: Erfolgsfaktoren für eine hohe Weinqualität in Weinanbau*, VDM Verlag Dr. Müller, Saarbrücken (2007)
- Hamel C, Barrantes-Cartín U, Furlan V, Smith DL: *Endomycorrhizal fungi in nitrogen transfer from soybean to maize*. *Plant and Soil*, 1991-12-01, Springer Netherlands, 0032-079X Subject: Biomedical and Life Sciences 138:33–40 (1991)
- Heap AJ and Newman E: *Links between roots by hyphae of vesicular-arbuscular mycorrhizas*. *New Phytologist*, 85: 169–171. doi: 10.1111/j.1469-8137.1980.tb04457.x (1980)
- Niggli C, Schmidt HP & Tudor J: *Leguminosebegrünung im Weinberg – Zwischenbericht*, *Ithaka-Journal* 2009:259–290
- Norouzi S and Khademi H: *Ability of alfalfa (Medicago sativa L.) to take up potassium from different micaceous minerals and consequent vermicultivation*. *Plant Soil* 2010/328:83–93 (2010)
- Perret P, Koblet W, Ryser J-R, Schwarz JJ, Murisier F, Spring J-L *Merkblatt 054: Der Kaliummangel der Reben* (1996)
- Spring JL, Ryser JP, Schwarz JJ, Basler P, Bertschinger L; Häseli A: *Grundlagen für die Düngung der Reben*. *Rev suisse Vitic, Arboric, Hortic* 35 (4), 24 p (2003)
- Tommerup, IC: *The vesicular-arbuscular mycorrhizas*. *Advances in Plant Pathology* 6:81–91 (1988)
- Vanek, G.: *Diagnostische Möglichkeiten von Rebernährungsstörungen. Symptomatik und chemische Blattanalysen – die Blattdiagnostik*. *Weinwissenschaft* 33: 15–35 (1978)