

# Ithaka-Journal

für Terroirwein, Biodiversität und Klimafarming

2009

## Leguminosebegrünung im Weinberg

ein Zwischenbericht

von Claudio Niggli, Hans-Peter Schmidt, Jonathan Tudor

S.259-290

Zitierweise:

*Leguminosebegrünung im Weinberg - Zwischenbericht* von Claudio Niggli et al., Ithaka-Journal, 2009, S.259-290, [www.ithaka-journal.net/62](http://www.ithaka-journal.net/62), ISSN 1663-0521

[www.ithaka-journal.net/62](http://www.ithaka-journal.net/62)

## Leguminosebegrünung im Weinberg

von Claudio Niggli, Hans-Peter Schmidt und Jonathan Tudor

### Zusammenfassung

In den vergangenen Jahren wurden auf dem Delinat-Institut die Einflüsse von Begrünungsvarianten auf verschiedene Parameter der Rebkultur wie Bodenwerte oder Blattstickstoff untersucht. Die Auswirkungen einer Dauerbegrünung durch Leguminosen ohne mechanische Bodenbearbeitung standen dabei im Zentrum unseres Interesses. Die untersuchten Flächen mit Gründüngung wurden nicht gepflügt, sondern ein Dauerbestand jeweils mehrmals pro Jahr geschnitten bzw. gewalzt und der natürlichen Humifizierung und Mineralisation überlassen. Wir dürfen annehmen, dass in solch permanent mit Leguminosen begrünten Rebkulturen die Versorgung der Kulturen mit Stickstoff meist im 3., spätestens aber im 4.Standjahr auf einem Niveau zu liegen kommt, welches nach den Düng-Richtlinien ausreichend ist (SPRING et al., 2003). Die Zugabe von Biokohle wirkt sich wahrscheinlich günstig auf die Stickstoffverfügbarkeit aus. Die Versorgung durch andere essentielle Nährstoffe (Kalium, Phosphor) wird durch die Leguminosen-Begrünung erst im 4.Jahr gewährleistet, was sich auch in der Auswertung der Anzahl Gescheine pro Trieb manifestiert hat (Kalium wichtig für Blütenansatz). Es gibt aber Hinweise, dass durch Kompostzusatz dieser Mangel in früheren Stadien kompensiert werden könnte; bereits im 2.Jahr der Begrünung zeigten derart behandelte Reben die gleiche Blühfreudigkeit, wie mineralisch gedüngte Parzellen und einen signifikant höheren Blütenansatz als begrün-te Flächen ohne Kompostzusatz. Die biologische Aktivität wird durch Begrünung mit tiefwurzelnden Leguminosen im Oberboden (5-20cm) bereits ab dem 1.Jahr, im Unterboden (20-60 cm) im 1.Jahr (durch Zusatz von Kompost und Biokohle) oder aber ab dem 2.Jahr (ohne Zusatz) erhöht. Durch die Leguminosebegrünung wird der Humusaufbau des Bodens gefördert und aktiv atmosphärischer Kohlenstoff sequestriert. Die Wasserspeicherfähigkeit sowie die Durchlüftung der Böden erhöht sich. Eine Begrünung mit ausdauernden Gramineen (aus Spontanaufwuchs) zeigte bei den für den Weinbau wichtigen Parametern negative Auswir-

kung auf Boden und Reben: Im 3. Jahr ist der Stickstoffgehalt des Bodens tiefer und der Blütenansatz schon deutlich geringer, als in den anderen Bodenpflegeformen.

Insgesamt 11 Arten tagaktiver Falter, welche im Gebiet der Versuchsflächen festgestellt werden konnten, haben eine oder mehrere Pflanzenarten der verwendeten Leguminosen-Begrünung als potentielle Futterpflanzen. Eine reine Leguminosen-Mischung mit Luzerne und Esparsette sowie Klee-Arten unterdrückt Unkräuter, aber auch unproblematische Begleitpflanzen effizient. Infolge der natürlichen Auslichtung der Leguminosenbestände in späteren Jahren wird besonders für die nährstoffliebende Fraktion der Spontanflora mehr Raum geschaffen.

Die Datenlage zu den meisten Parametern ist noch bescheiden, und nur im Falle der Blühfreudigkeit der Reben und der Blatt-N-Messungen 2009 gross genug für eine statistisch zuverlässige Auswertung. Trotzdem lassen diese Pilotversuche bereits wichtige Trends erkennen, welche auch als Grundlage für zukünftige Fragestellungen und umfassendere Untersuchungen dienen.

## 1. Einleitung

In den Rebbergen des Delinat-Instituts werden seit vier Jahren Begrünungsversuche mit Saatmischungen, aber auch Spontanflora durchgeführt. Bei den Einsaaten gilt stickstofffixierenden, krautigen Fabaceen (oder auch Leguminosen) besonderes Augenmerk, da sie als effiziente Gründüngung gerade im biologischen Landbau die fehlende Mineraldüngung zumindest teilweise kompensieren können. Bis jetzt sind auf Luzerne (*Medicago sativa*) basierende Mischungen im Weinbau in Mitteleuropa kaum zum Einsatz gekommen. Eine Begrünung mit Leguminosen macht im konventionellen oder IP-Anbau hinsichtlich der N-Bilanz nur Sinn, wenn auf eine mineralische Düngung verzichtet wird, da diese die Stickstofffixierung durch Knöllchenbakterien hemmt oder ganz unterbindet (PERRET 1982).

In Kombination mit anderen Blütenpflanzen kann eine für die Insektenvielfalt besonders wertvolle Leguminosen-Begrünung geschaffen werden. Luzerne und andere Pfahlwurzler eignen sich als Bodenverbesserer und ermöglichen eine effiziente Tiefenlockerung. Eine vielseitige Gemein-

schaft von Mikroorganismen wird durch Symbiosen (Rhizobien, Mykorrhiza), durch die strukturelle Aufwertung sowie den Eintrag organischer Materie gefördert. Neben der Mineralisierung der organischen Substanz beteiligen sich diese Mikroorganismen an den Syntheseprozessen. Durch Aufbau der körpereigenen Substanz fungieren sie zeitweise als Zwischenspeicher. Durch Synthese von Huminstoffen und bodenbindenden Substanzen stabilisieren sie das Bodengefüge zusätzlich (SCHINNER 1993).

## 2. Nutzen von Begrünung

Begrünung hat im Weinbau eine lange Tradition. Bereits früh wurden die bodenschützenden Eigenschaften einer Begleitvegetation erkannt und deshalb ein spontaner Aufwuchs toleriert. Mit dem Aufkommen von Herbiziden im letzten Jahrhundert hat sich allerdings die Praxis durchgesetzt, Böden in Weinbergen offen, also frei von Vegetation zu halten, um eine Konkurrenzsituation mit der Rebkultur zu verhindern. Solch nackte Böden sind aber äusserst anfällig gegen Erosion. Als Folge von Niederschlägen wird wertvoller Humus abgetragen, die Bodenporen verschlammten und die Oberfläche verkrustet. Gesundheitsschädliche Stoffe aus Pflanzenschutzmitteln können leichter in das Grundwasser geschwemmt und durch die verminderte Bodenaktivität weniger effektiv abgebaut werden.

Ein geeigneter Bewuchs durch Begleitpflanzen hat folgende Funktionen:

- Verbesserung des Wasserhaushalts im Boden
- Aktivierung des Bodenlebens und damit der natürlichen Nährstoffkreisläufe
- Regeneration und Verbesserung der Bodenstruktur
- Eindämmung von Bodenerosion
- Verminderung des Krankheitsbefalls der Reben
- Erhöhung der Biodiversität, insbesondere der Arthropoden-Fauna
- Abpufferung von Schadstoffen
- Humusaufbau und C-Sequestrierung

### 3. Rebbegrünung in der Forschung

Zu den Auswirkungen von Begrünung auf die Rebkultur wurden bereits zahlreiche Studien durchgeführt. Am häufigsten wurden dabei Zusammenhänge zwischen Bodenbearbeitungs- bzw. Begrünungstypen und den für die Vitikultur besonders bedeutsamen Faktoren wie Ertrag, Wuchskraft, Mostgewicht und Säuregehalt des Weins untersucht. Auch andere Parameter wie Befall durch pathogene Pilze oder sensorische Beurteilung des Weins wurden teilweise miteinbezogen.

Das Zusammenspiel von Klima, Begrünung, Boden und Rebpflanzen ist höchst komplex, was die teils unterschiedlichen und widersprüchlichen Ergebnisse in der Begrünungs-Forschung erklärt. In einer zusammenfassenden Metastudie, welche eine engere Auswahl von 32 internationalen Studien ausgewertet hat, konnten aber einige wichtige Trends aufgezeigt werden (FLÜGEL 2007):

	positiv	negativ	kein Einfluss	andere Faktoren	uneinheitlich
Ertrag	9 %	52 %	19 %	9 %	11 %
Weinqualität*	32 %	11 %	42 %	3 %	6 %
Krankheiten**	96 %				4 %
Gesamturteil	51 %	14 %	19 %	16 %	

**Tab.3:** Auswertung von 32 Studien zur Bodenbegrünung

\*Bei 6 % der Studien finden sich keine Angaben

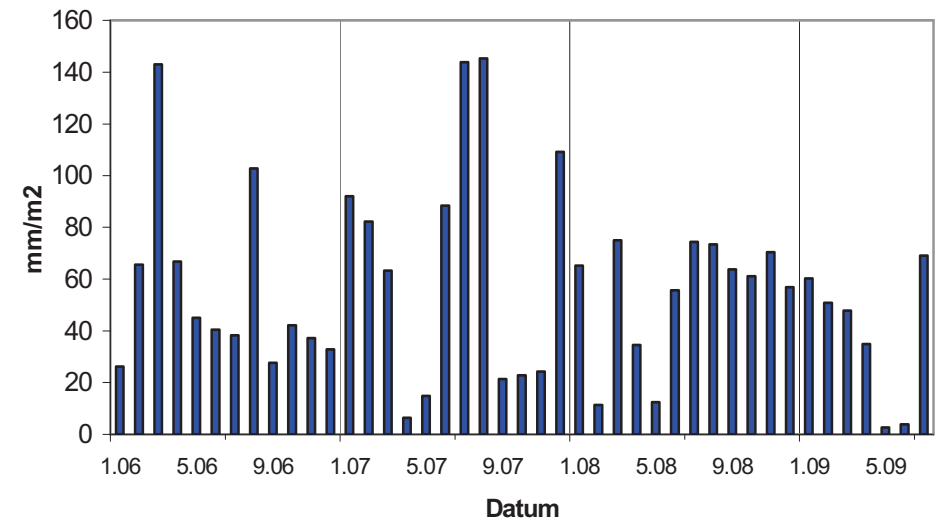
\*\*Rund ein Drittel der Versuche konnte ausgewertet werden

### 4. Methoden

Tabellen und Resultate der von uns durchgeführten Versuche sind bei noch bescheidenem Datenumfang im Sinne der Übersichtlichkeit zusammengezogen worden (mit Ausnahme des Anhangs). Die Tabellennummern entsprechen der Nummer des entsprechenden Kapitels. Angaben zur Methodik werden gemacht, wenn eine Standardisierung der Datenaufnahme auch konsequent durchgeführt worden ist.

**Ökologischer Anbau:** alle Versuchspartellen, falls nicht mit dem Zusatz „konventionell“ anders vermerkt, werden streng nach ökologischen Grundsätzen bewirtschaftet. Mit Ausnahme von sehr gemässigtem Einsatz von Kupferpräparaten werden keine synthetischen, industriell gefertigten Pflanzenschutzmittel oder Dünger verwendet. Bewässerung hat während der Datenaufnahme keine stattgefunden. In Tabelle 4.1 sind die Niederschlagswerte für alle Monate der Versuchsjahre aufgezeichnet (Wetterstation Arbaz, Daten von agrometeo.ch).

#### 4.1 Meteorologie



**Abb.4.1:** Monats-Niederschläge im Versuchsgebiet, Wetterstation Arbaz (VS)

Quelle: www.agrometeo.ch

## 4.2 Böden

**Allgemein:** Lehmig-sandig-siltige Kalkböden, mässig steinig bis steinig, Oberfläche wenig steinig-kiesig (20 % Anteil).

: Geschichteter Lias-Kalkmergel, von kleinen Kalkbanken durchzogen.

**Profil 20 – 60cm :** Braunoliv, fein, aber sehr deutlich strukturiert, polyedrisch und fast rissig (selten im Wallis!). 20 % Geröll und Kies, vorwiegend stumpf und/oder abgeflacht, auch kantige, kleine Kieselsteine. Porenreich, trocken bis frisch. 18 % Lehm, 38 % Silt, 44 % Sand

**Profil 100–130 cm:** Homogen braunoliv, etwas steiniger (30–40 %), grössere Steine. Noch deutlich strukturiert. Erdreich kompakter und Aggregat weniger porös. 20 % Ton, 35 % Silt, 45 % Sand.

## 4.3 Begrünung

Die **Leguminosensausaaten** wurden jeweils auf der ganzen Breite zwischen den Zeilen ausgebracht, mit einer Aussaatdichte von 18 kg/ha. Sie wurden je nach Bedarf und Wuchskraft (Niederschläge) 3 – 4 mal pro Jahr mit dem Balkenmäher gemäht. Der Begriff Leguminosen-(Begrünung) bezieht sich im Resultate-Teil immer auf die stark- und hochwüchsige Mischung nach Tab.4.2 unten.

Art	Anteil
<i>Medicago sativa</i>	18 %
<i>Onobrychis viciifolia</i>	18 %
<i>Trifolium pratense</i>	16 %
Bienenmischung (Veitshöchheim)	14 %
<i>Lotus corniculatus</i>	10 %
<i>Medicago lupulina</i>	9 %
<i>Trifolium repens</i>	8 %
<i>Phacelia tanacetifolia</i>	7 %

**Tab.4.2:** Hochwüchsige Leguminosenmischung

Leguminosensaat, Kohle und Kompost in der **Versuchspartelle Vagabonde** sind im Jahr 2008 ausgebracht worden, lagen also zum Zeitpunkt der Datenaufnahmen im 1.Jahr (5.3) oder 2.Jahr (5.4C und D). Kohle (10t/ha) und Kompost (40 m<sup>3</sup>/ha wurden im März ausgebracht.

Die **Gramineenbegrünung** entstammt einem spontanen Aufwuchs (keine Einsaat) und wurde nicht gemäht.

## 4.3 Datenaufnahmen

Alle Daten, welche im Rahmen dieser Publikation in die Auswertung eingeflossen sind, stammen von Parzelle welche mit der Rebsorte **Pinot Noir** bestockt sind und im Kerngebiet der Domaine Mythopia oberhalb Tsampon zwischen Ayent und St.Léonard liegen (789 m ü. M., Koordinaten 46°16'12" N 7°24'27" O).

Die Messungen der **Bodenparameter** in Tab.5.1 und Tab.5.2 wurden in externen Labors durchgeführt. Alle Proben ausser „Boden offen 20–60cm“ in Tab.5.1 wurden in 5–20 cm Tiefe entnommen. Die lebende Biomasse wurde nach der **ATP-Methode** bestimmt (Tab.5.2). Die trockenen Bodenproben wurden am Tag 1 mit Feuchtigkeit reaktiviert und am Tag 4, 9 und 15 die **Bodenatmung** gemessen: bei der einleitenden Aktivität (**IA**) wird (als Integration von Tag 4 und 9) der anfängliche Umsatz organischer Masse durch die Mikroorganismen mittels CO<sub>2</sub>-Produktion gemessen. Die Basalatmung (**BA**) gibt Aufschluss über die Aktivität aller Bodenlebewesen mittels Messung der CO<sub>2</sub>-Produktion als Integration der Messwerte von Tag 9 und 15. In diesem Zeitraum ist bei den meisten Böden die höchste Aktivität zu erwarten, die Aktivitätskurve erreicht hier ein Plateau (Tab.5.2)

Die **Blattstickstoff-Werte** wurden mit dem N-Tester der Firma Yara (nur ein Modell erhältlich, keine Typenbezeichnung) jährlich jeweils kurz vor Beginn der Reifephase (*véraison*) gemessen (um Mitte August). Die Stichproben stammen jeweils von Blättern in der Traubenzone der Pflanzen. Je nach Stockzahl pro Zeile wurden 1–3 Blätter jedes Stockes oder jedes 2.Stockes gemessen, so dass die Stichproben möglichst gleichmässig auf der ganzen Rebzeilenlänge entnommen worden sind. Randzeilen und Stöcke an den Zeilenenden wurden nicht miteinbezogen. Für Martyres

(bio/begrünt) in Tab. 5.3 entsprechen die Angaben gemittelten Mittelwerten von zwei benachbarten Parzellen mit gleicher Bodenbearbeitung.

Das Testgerät errechnet einen Mittelwert aus 30 Blatt-Stichproben. Es misst den Chlorophyllgehalt des Rebblattes optisch und leitet daraus die Stickstoffzahl ab. Zur statistischen Auswertung wurden t-Test zum Vergleich von 5 solcher Mittelwerte pro Behandlungsart einbezogen (N = 5, n = 150). Bei Messwerten im Bereich zwischen 500 und 580 bei Pinot Noir kann von einer ausreichenden bis optimalen Stickstoffversorgung ausgegangen werden (SPRING et al. 2003).

Zur Bestimmung der **Anzahl Gescheine pro Trieb** (Tab.5.4A-D) wurden pro Bodenbearbeitungsform 40 Rebstöcke in zwei unterschiedlichen Zeilen (je 20) zufällig ermittelt und die Anzahl Triebe T sowie die Zahl der Gescheine G ausgezählt. Das Verhältnis G/T diente schliesslich als Grundlage für die Berechnung der Signifikanzmatrizen (Tab.5.4B und D), wobei jeweils ein zweiseitiger t-Test durchgeführt wurde. Die Aufnahmen wurden am 10.6.2009 gemacht.

Die **Anzahl Pflanzenarten** (exkl. Gramineen) wurden jeweils auf einer Fläche von 25 m<sup>2</sup> ermittelt, die Arten nach LAUBER & WAGNER (1998) bestimmt. Die Artmächtigkeit wurde geschätzt nach BRAUN-BLANQUET in MÜHLENBERG (1989). Die tagaktiven Falter wurden qualitativ erhoben und die Tagfalter nach WHALLEY (1996) bestimmt.

## 5. Begrünungsversuche auf dem Delinat-Institut: Resultate und Trends

### 5.1. Boden Nährstoffgehalte

	Bodenbearbeitung	pH	Humus %	CaCO <sub>3</sub> mg/kg	P mg/kg	K mg/kg	Ca mg/kg	Mg mg/kg	N %
A	Legum 1.J.	7.8	3.4	5	250.7	206.6	21342	235.1	-
B	Legum 1.Jahr 20-60 cm	8.1	2.2	7	2.6	80.4	29052	269	-
C	Gramineen 3.J. MS	7.7	1.4	3	214.8	159.3	16763	177.8	0.2
D	Kontrolle, Boden offen	7.7	2.5	0	236.1	303.3	7035	277.8	0.26
E	Legum 3.Jahr MI	7.9	2.7	4	75.8	120.7	20830	216.6	0.27
F	Legum 3.J. Umbruch* MS	8	1.9	4	147.8	171	23004	237.1	0.22
G	Legum 4.J. Mitte MS	7.7	2.9	0	469.1	213	15921	229.2	0.27
H	Legum 4.J. Unten MS	7.3	5	2	977.5	288.7	14082	259.2	0.37
	<i>Mittelwert</i>	7.8	2.8	4.2	296.8	192.9	18499	237.7	0.27

Tab. 5.1: pH, Humusgehalt, Nährstoffe. (Proben A/B vom 22.3.06, C-H vom 6.6.09)

\*Bodenbearbeitung 30.05.09

Ein Vergleich von A/B mit den restlichen Flächen ist begrenzt möglich, da die Datensätze zu unterschiedlichen Zeitpunkten im Jahr aufgenommen wurden. Die pH-Werte für die verschiedenen Proben schwanken zwischen 7.3 und 8.1, wobei die tiefsten Werte bei höherem Humusgehalt zu finden sind (Ausnahme: C). Die Humusgehalte schwanken bei einem Mittelwert von 2.8 um mehr als den Faktor drei bei tiefstem Gehalt für C (1.7 %) und höchstem bei H (5 %). Sowohl im 3. wie auch im 4.Jahr des Leguminosen-Dauerbestandes konnten höhere Humuswerte als im kon-

ventionellen Anbau gefunden werden. Wird der Boden gepflügt (F), nimmt der Humusgehalt ab.

Bei den Mineralstoffwerten sind die grössten Unterschiede (> Faktor 10) beim Phosphor-Gehalt im Oberboden zu finden, mit rund 76 mg/kg bei E und 977.5 mg/kg bei H. Der Gehalt von Phosphor nimmt mit der Tiefe stark ab und ist unter 20 cm nur noch in Spuren zu finden (2.6 mg/kg für B). Der Gehalt an Calcium liegt mit 7035 mg/kg im Vergleich mit allen anderen Proben um mindestens 50 % niedriger. Der Magnesiumgehalt fällt am niedrigsten bei C aus, am höchsten bei D. Die Stickstoffgehalte liegen bei C und F am tiefsten, erreichen den höchsten Wert bei H mit 0.37. Die restlichen drei Proben bewegen sich im Mittelfeld. Leguminosen 3.Jahr: F weist einen niedrigeren Humus- und Stickstoffgehalt auf als E. Leguminosen 4.Jahr: H ist an Humus, Phosphor und Stickstoff deutlich reicher als G.

## 5.2 Bodenaktivität

		Tiefe cm	ATP ng/g	IA mmg CO <sub>2</sub> /g/h	BA Mmg CO <sub>2</sub> /g/h	Min.C Org mmgMO/ g/15d	CO <sub>2</sub> /ATP
A	Boden offen Kontrolle	5-20	438	1.9	1.2	270	4.3
		20-60	511	2.0	1.8	328	4.0
B	Gramineen 3.Jahr	5-20	624	5.8	5.8	979	9.2
		20-60	677	3.8	3.9	648	5.8
C	Leguminosen 1.Jahr	5-20	919	2.4	2.8	428	2.6
		20-60	605	1.5	1.7	269	2.5
D	Leguminosen 1.Jahr KK	5-20	1027	3.1	3.7	562	3.0
		20-60	555	2.3	2.5	398	4.1
E	Leguminosen 2.Jahr	5-20	1131	3.1	3.9	580	2.7
		20-60	724	2.4	2.6	418	3.3
F	Leguminosen 3.Jahr	5-20	1274	4.3	6.6	887	3.4
		20-60	809	3.0	3.6	551	3.7
	<i>Mittelwert</i>	5-20	902	3.4	4	618	4.2
		20-60	647	2.5	2.7	435	3.9

**Tab.5.2:** Biomasse, Aktivität und organischer Kohlenstoff  
(Probeentnahme 26.2.09)  
KK: Zusatz von Kompost und Kohle

Die Biomasse des Oberbodens (ATP in 5-20 cm) liegt bei allen mit Leguminosen begrüntem Flächen über dem Mittel, bei A und B darunter. Sowohl im Ober- als auch im Unterboden ist eine Zunahme der Biomasse mit dem Alter (1.-3. Jahr) der Leguminosen-Begrünung zu verzeichnen. Die Basalatumung liegt bei allen begrüntem Varianten im Oberboden, und mit einer Ausnahme (C) auch im Unterboden höher als bei A.

Die Basalatumung des Bodens und der Anteil an organischem Kohlenstoff nehmen bei allen Proben in der Tiefe ab, mit Ausnahme von A. Im Mittel aller Proben nehmen die Biomasse sowie die Atmungsaktivität um rund einen Drittel ab. Die höchsten Atmungsaktivitäten wurden bei B (IA) und F (BA) gemessen. Die Atmungsaktivität nimmt einzig bei A in der zweiten Hälfte der Messperiode ab (BA).

Der Gehalt an organischem Kohlenstoff liegt im Oberboden beim A am tiefsten, bei B am höchsten.

## 5.3 Stickstoffverfügbarkeit

Parzellen	Bodenbearbeitung	2006	2007	2008	2009
Kontrolle	Konventionell Offen		540	600	601
Martyres	Leguminosen Aussaaten 2006	586	452	571	568
	Leguminosen Aussaaten 2007	550	475	472	468
	Gramineen-Begrünung 2006	537	441	406	361
Vagabonde Aussaaten 2008	Ohne Kohle N = 5			499	410
	Leguminosen Biokohle N = 5			545	479

**Tab.5.31:** Blattstickstoff

Bei den drei begrüntem Flächen in Martyres/Anouna lässt sich im Vergleich von 2007 zu 2006 eine Abnahme des Stickstoffs feststellen. Im 2.Jahr der Leguminosen-Aussaaten 2006 ist ein deutlicher Rückgang des Blattstickstoffs um 134 zu verzeichnen, in den darauffolgenden Jahren wird mit 571 und 568 aber bereits ein Stickstoffwert erreicht, der im Be-

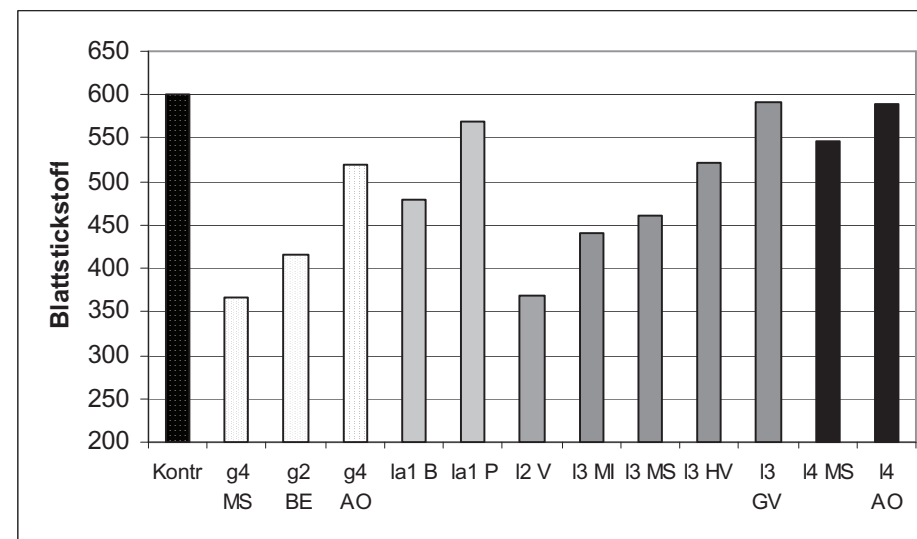
reich optimaler Stickstoffversorgung liegt. Bei der Begrünung durch spontan aufkommende Gramineen zeigt sich eine starke Abnahme der Stickstoffverfügbarkeit im ersten Jahr, danach sinkt der N-Gehalt nur leicht ab. Die 2007 begrüneten Parzellen zeigen in den zwei Folgejahren eine konstant bleibende N-Aufnahme. Auch auf der Parzelle Vagabonde zeigt sich eine deutliche Abnahme des Blattstickstoffs (- 66) im 2.Standjahr.

Im Vergleich von Leguminosenbegrünungen im 1.Jahr (Vagabonde) zeigt sich bei Zugabe von Kohle ein erhöhter Stickstoffwert von 545 im Vergleich der Flächen ohne Kohle mit 499. Der t-Test ergibt bei geringer Zeilen-Stichprobenzahl (N = 5 Mittelwerte aus je 30 Stichproben), aber hoher Anzahl Blatt-Stichproben (n = 150) einen signifikanten p-Wert von 0.025.

Terre Vagabonde 2009		Signifikanz
Kontrolle	435	-
Legum	369	***
Legum Kompost	427	n.s.
Legum Kompost Biokohle	479	***

**Tab.5.32** Blattstickstoffwerte (N = 5, n = 150), Leguminosen 2.Jahr

Tab.5.32 unterstreicht die Resultate aus Tab.5.31: Parzellenbereiche mit Gründung und Einarbeitung von Biokohle zeigen eine signifikant höhere Stickstoffaufnahme durch die Reben als bei Begrünung ohne Kohle. Bei Zugabe von Kompost konnten signifikant höhere Werte gemessen werden als bei einfacher Gründung.



**Abb.5.3** Blattstickstoff-Messungen 2009  
(Mittelwerte aus N = 5, n = 150)

gx: Gramineen-Begrünung, lx: Leguminosenbegrünung

lax: Leguminosen-Bienen-Begrünung, x: x. Standjahr Begrünung

Im Jahre 2009 wurde wie in den Vorjahren die höchsten Blattstickstoffwerte in der konventionell bewirtschafteten Kontrollfläche gemessen. Zwei begrünte Flächen unterscheiden sich jedoch nicht signifikant von der konventionelle Kultur (l4 AO, l3GV). Die Varianten g4 MS und g2 BE und l2 V zeigen die niedrigsten N-Werte; l2 V und g2 BE liegen signifikant tiefer als alle anderen Varianten. g4 AO zeigt einen gleich hohen Stickstoffwert wie l3 HV. Sowohl MS und AO im 4. Leguminosenjahr, als auch B und P im 1. Leguminosen-Bienenmischungsjahr unterscheiden sich signifikant voneinander.

## 5.4 Blühfreudigkeit der Reben

Clos des Martyres	Mittelwert	
Konventionell	1.42	-
Legum 3.Jahr	1.20	**
Legum 4.Jahr	1.28	n.s.
Gram 4.Jahr	0.52	***

Tab.5.4A Gescheinezahl pro Trieb (N=40)

	Gräser	Konv	Leg2
Konv	<0.005		
Leg3	<0.005	0.012	
Leg4	<0.005	0.124	0.433

Tab. 5.4B Signifikanz der t-Tests (p-Wert)

Alle Flächen zeigen einen Gescheineansatz unter 2 pro Trieb. Die Gescheinezahl pro Trieb liegt am tiefsten bei der Begrünung mit ausdauernden Gräsern (Gramineen) und unterscheidet sich signifikant von allen anderen Flächen. Der konventionelle Anbau unterscheidet sich nicht von der Leguminosen-Begrünung im 4.Jahr, aber von derjenigen im 3.Jahr ( $p = 0.012$ ). Die beiden Leguminosen-Flächen unterscheiden sich nicht signifikant.

Terre Vagabonde	Mittelwert
Spontanflora Pioniere	1.62
Leguminosen	1.20
Leguminosen Kompost	1.46
Legum Komp Biokohle	1.41

Tab.5.4C Gescheinezahl pro Trieb (N = 40)

	Spon	Leg	LegKo
Leg	<0.005		
Leg Ko	0.018	<0.005	
Leg Ko Biok	<0.005	<0.005	0.581

Tab. 5.4D Signifikanz der t-Tests (p-Wert)

Alle drei begrünten Flächen liegen bei der Gescheinezahl signifikant unter der unbegrünten Parzelle (Tab5.4d). Die beiden Flächen mit Kompostzusatz zeigen eine signifikant höhere Gescheinezahl als die Fläche mit ausschliesslich Leguminosen-Begrünung. Der Zusatz von Biokohle zeigt keine signifikanten Unterschied bei den begrünten Flächen mit Kompost-Zusatz.

## 5.5 Biodiversität

### 5.5.1 Pflanzen

Begrünung	Arten	Ausaat
Leguminosen-Mischung hochwüchsig 3.Jahr	10	4
Leguminosenmischung niederwüchsig 1.Jahr	20	2
Bienenweide mit Leguminosen 1.Jahr	31	12
Eintrag Trockenwiesenheu 2.Jahr	26	10
Spontanflora 1.Jahr	22	-

Tab.5.5 Anzahl Pflanzenarten (exklusive Gräser), Aufnahme 3.6.09

Es fließen hier auch Resultate von Begrünungsvarianten ein, welche bisher nicht auf Bodenparameter oder Blühfreudigkeit untersucht wurden. Die Artenlisten mit Deckungsgraden (Anfang Juni) können im Anhang den Tabellen 9.2 – 9.7 entnommen werden.

Die artenreichste Begrünung ist mit 31 Arten nach Einsaat der Mischung für Bienen zu finden. Diese zeigt von allen Einsaaten auch den höchsten Anteil an spontanen Florenelementen. Die Einsaat von hochwüchsigen Leguminosen im 3.Jahr zeigt die niedrigste Artenvielfalt. Ohne Einsaat wurden 22 Arten gezählt.



### 5.5.2 Falter

Im Zuge nicht systematischer Aufnahmen konnten in Kultur- und Ausgleichsflächen auf der Domaine des Instituts bisher insgesamt 53 Arten tagaktiver Falter beobachtet werden (46 Tagfalter im engeren Sinne). Für 49 Arten sind auf der Domäne (Kultur- und Ausgleichsflächen) potentielle Raupen-Futterpflanzen vorhanden, davon könnten 11 Arten von der Leguminosenbegrünung profitieren (Siehe Anhang (Tabellen 9.1 – 9.2).

## 6. Diskussion

### 6.1 Abiotische Bodenparameter, Blattstickstoff

**pH:** Es bestätigt sich in den Begrünungsversuchen die allgemeine Annahme, dass höhere Humusgehalte durch die Anwesenheit von Humin- und Fulvosäuren den Boden-pH senken. Der Boden-pH hat allgemein einen entscheidenden Einfluss auf die Verfügbarkeit von Nährstoffen im Boden. Die beste Löslichkeit von Nährstoffen ist im Bereich von pH 6.3 – 6.8 gegeben (SCHEFFERLE & SCHACHTSCHNABEL 2002). Es muss aber berücksichtigt werden, dass bei höheren pH-Werten die Pflanzen durch Wurzelexsudate und die Aktivität der Mikroben den pH im Wurzelbereich lokal senken und so die Verfügbarkeit erhöhen können. Der durchschnittliche Boden-pH sagt also gerade bei gemässigten Werten (5.5-8.5) nur bedingt etwas über die effektive Pflanzenverfügbarkeit der Nährstoffe aus.

**Humus:** Humus ist ein unentbehrlicher Bestandteil des Bodens für ein vielfältiges Bodenleben und aufgrund seiner komplexen Struktur ein optimaler Nährstoffspeicher. Da die Weinrebe natürlicherweise in Auwäldern wächst, ist es naheliegend, dass Humus eine wichtige Rolle spielen muss, will man die Selbstversorgung der Rebstöcke stärken und ohne Zufuhr von mineralischen Düngern wirtschaften. Wirkliche Terroir-Weine können schliesslich nur entstehen, wenn die natürlichen Anforderungen der Rebe erfüllt sind und vielseitige Stoffflüsse eine Aufnahme der bodengegebenen Mineralien und Produktion von sekundären Pflanzenstoffen ermöglichen.

Die Leguminosendauerbegrünung erweist sich - ganz im Gegensatz zur Begrünung mit Gramineen - als effektives Mittel, den Humusgehalt des Bodens zu erhöhen. Im vierten Jahr wird bereits 2.9 – 5 % erreicht. Im Vergleich: die Mindestanforderungen für IP-Produktion liegen bei 1 % (BOLLER, E. F. et al. 1998). Durch Pflügen (hier im 3. Jahr) wird offenbar ein beträchtlicher Anteil des Humus rasch mineralisiert, der Stickstoff gleichzeitig nitrifiziert (Tab 5.1). Der hohe Humusgehalt in der Probe H im Vergleich zu G lässt sich mit der Topographie erklären: durch Erosion und Abtragung werden Humuspartikel in Richtung Böschungsfuss transportiert. Dies gilt vor allem für offene Böden, findet wohl aber auch bei begrünten Böden in gewissem Ausmass statt. Der grösste Teil dieser Abtragung ist wohl auf die lange Vorgeschichte (37 Jahre) der Parzellen mit nackten Böden zurückzuführen.

Da beim Humusaufbau auch Kohlenstoff gebunden wird, hat eine Dauerbegrünung einen nicht zu unterschätzenden Stellenwert für die C-Sequestrierung. Aufgrund von Untersuchungen mit Kleeegrasmischungen (Luzerne als Hauptbestandteil) dürfen wir bei konservativen Schätzungen von einer **Kohlenstoff-Sequestrierung** von 3.3 t/ha pro Jahr durch eine Begrünung ausgehen, wenn die oberirdischen Pflanzenteile nicht abgeführt werden (BRAUN et al. 2009). Da der Boden bei Dauerbegrünungen nicht umgepflügt wird und im Optimalfall nur gewalzt anstatt gemäht wird, dürfen wir annehmen, dass durch die verlangsamte Zersetzung noch höhere C-Einträge zu erwarten sind.

**Pflanzennährstoffe im Zeitverlauf:** Wird der Bestand einer Gründüngung nicht nach einem Jahr mechanisch in den Boden eingearbeitet, wird die Remobilisierung von symbiotisch fixiertem Stickstoff (und anderen Nährelementen) verlangsamt. Einerseits wird durch Mahd nur der oberirdische Teil der Biomasse zur Mineralisation durch Mikroorganismen freigegeben, andererseits werden zurückgeführte Nährstoffe bis zu einem gewissen Grad gleich wieder vom Pflanzenbestand aufgenommen und für den Neuaustrieb genutzt. Zudem kommt das Mahdgut im Gegensatz zum Unterpflügen nicht sofort in direkten Kontakt mit der Bodenfauna (Destruenten) und Mikroorganismen (Mineralisation), was zu verstärkter Humusbildung führt.

Die Blattstickstoffzahlen im **ersten Standjahr** sind auffällig inhomogen und bewegen sich noch auf einem optimalen Niveau nahe der N-Werte konventioneller Kulturen (Tab 5.3.1, Abb.5.3). Die Begrünungen zehren in den ersten Monaten nach der Aussaat noch wenig an den Nährstoffreserven des Bodens. Es liegt auf der Hand, dass die Schwankungen vor allem auf die unterschiedlichen Vorgeschichten der Parzellen mit konventionellem Regime zurückzuführen sind (verschiedene Besitzer, Düngung unterschiedlich).

Die auffällig niedrige N-Zahl (Unterversorgung) der Blätter von Kulturen mit Leguminosen-Begrünung im **2.Standjahr** (Tab.5.3) legt denn auch den Schluss nahe, dass die Begrünung ohne Pflügung während des ersten und zweiten Jahres mehr bodenverfügbaren Stickstoff (und auch Phosphor und Kalium, s.u.) aufnimmt, als durch Mineralisation rückgeführt wird. Dies deckt sich mit den Daten zum Blütenansatz: Die drei mit Leguminosen begrünten Flächen zeigen im 1.Standjahr der Begrünung einen schwächeren Blütenansatz als die unbegrünte Fläche (Tab.5.4C/D). Ein wichtiger Punkt in diesem Zusammenhang ist die Tatsache, dass auf den Versuchsreihflächen während vielen Jahren konventionellen Anbaus keine Leguminosen gewachsen sind. Bei der **Etablierung von Leguminosen** muss aber der passende Bakterienstamm bodenbürtig sein, damit eine entsprechende Symbiose ausgebildet werden kann (SPRENT & SPRENT 1990). Wird das Saatgut oder der Boden nicht direkt beimpft, müssen sich die Rhizobien über den Luftweg oder über das Oberflächenwasser einfügen. Dieser Prozess wird die Effizienz einer Leguminosen-Erstbegrünung verringern und bezüglich Stickstoffeintrag mehr oder weniger stark verzögern. Es hat sich die Frage aufgedrängt, ob zur Pflanzenstärkung eingesetzte Kompostextrakte Rhizobien enthalten und in welcher Menge. Würden dem Kompost in der Endphase der Reifung Erde aus Leguminosenbeständen oder Leguminosen-Pflanzen mitsamt Wurzeln zugeführt, könnte wahrscheinlich eine ausreichende Keimzahl erreicht werden, da Rhizobien unter gewissen Bedingungen einige Zeit ohne Wirtspflanze überleben können (KLATT 2008). Eine sehr effiziente Variante wäre sicher, zerkleinerte Leguminosen-Wurzeln während der Kompostextraktion zuzufügen. Neben diesem Aspekt können auch niedermolekulare Stickstoffreserven im Boden die Ausbildung der Symbiosen be-

einflussen. Solange genügend N verfügbar ist, beispielsweise aus mineralischer Düngung, decken die Leguminosen ihren Bedarf direkt, mit geringer oder ohne Ausbildung der Symbiose (PERRET 1982).

Im **3.Standjahr** wurden bei den Aussaaten von 2006 ohne Bodenbearbeitung Stickstoffwerte im Boden gemessen, die mit denjenigen im konventionellen Anbau vergleichbar sind (erfolgreiche Remineralisation und Aufnahme von fixiertem N). Die Stickstoffwerte in den Blättern sind in den begrünten Parzellen optimal und im Vergleich zur Kontroll-Parzelle (konventionell) sogar als besser zu bewerten: bei Messwerten über 580 (Kontrollparzelle = 600) geht man von einer Überversorgung der Pflanzen mit N aus (SPRING et al. 2003). Bei zu hoher Stickstoffverfügbarkeit nimmt die Anfälligkeit gegenüber Krankheiten zu.

Bei den Aussaaten von 2007 blieb erstaunlicherweise der Blattstickstoff bei zwei Parzellen auf gleichem Niveau wie im Vorjahr, was teilweise auf die oberflächliche Bodenbearbeitung für Sekundärkulturen zurückzuführen ist (Freisetzung von Stickstoff). Zudem sind Verzögerungen bei der Etablierung der Rhizobien-Symbiose nicht auszuschliessen; mögliche Gründe wurden oben bereits erläutert.

Phosphor scheint dem Boden auch bis Mitte 3.Jahr kaum zurückgeführt worden zu sein. Entweder ist er grösstenteils durch Begrünung und Mikroorganismen fixiert geblieben, oder es hat sich zu diesem Zeitpunkt bereits ein effizienter Stoffkreislauf bei geringen Reserven etabliert. Dasselbe gilt für Kalium, einem nebst N und P für die Blütenbildung wichtigen Element (Tab.5.1, siehe auch Blütenansatz Tab.5.4A/B). Der signifikant niedrigere Gescheineansatz im 3.Jahr legt für P und K (besonders wichtig für Blütenbildung) die Schlussfolgerung nahe, dass der grösste Anteil dieser Elemente bis dahin noch in fixierter Form in lebender oder toter Biomasse vorliegt.

Im Gegensatz dazu liegen im **4.Standjahr** die P- und N-Werte im Boden bereits über denjenigen von konventionellem Anbau mit mineralischer NPK-Düngung; für K kann eine deutliche Zunahme gegenüber jüngeren Begrünungen festgestellt werden; diese Messungen decken sich mit unserer Beobachtung, dass diese Rebbestände eine starke Wuchskraft mit grossflächigem, dunkelgrünem Laub entwickelt haben. Die Blattstick-

stoff-Werte liegen im Bereich der konventionellen Kultur oder leicht darunter (Abb.5.3), was bedeutet, dass sich die Aufnahme von N durch die Reben offenbar nicht proportional zum Gehalt im Boden verhält → Regulation der Nährstoffaufnahme beeinflusst durch Begrünung?

Eine vergleichsweise hohe Verfügbarkeit von Phosphor, Kalium und Magnesium – drei wichtigen Pflanzennährstoffen – ist demnach erst ab dem 4. Jahr gegeben, was aber mit Kompost- und/oder Biokohlezusatz offenbar bis zu einem gewissen Grad reguliert werden könnte (siehe Tab.5.32 und Tab.5.4C und D). Die Zugabe von Asche bei der Kompostierung oder als Zusatz bei der Biokohle hätte einen positiven Einfluss auf die Verfügbarkeit von Mineralstoffen, insbesondere Kalium. Die Resultate liefern uns zugleich einen Hinweis darauf, dass offenbar Reserven von Phosphor, Kalium und Magnesium in den untersuchten Böden vorhanden sind und mithilfe von Leguminosen und einem reaktiviertem Bodenleben auch in Umlauf gebracht werden. Ob diese Reserven vorwiegend aus Zeiten konventioneller Düngung stammen oder aus der mineralischen Fraktion des Bodens mobilisiert wurden, bleibt unbeantwortet.

Die Stickstoffmessungen im Boden und auch in den Rebblättern bei mit Leguminosen begrüneten Flächen liessen sich so interpretieren, dass eine Umwälzung des Bodens bei einer Erstbegrünung (Etablierung der Symbiose) Ende der 2. oder Anfang der 3. Vegetationsperiode angezeigt wäre. Bei mechanischer Bearbeitung des Bodens wird aber von den Rhizobien fixierter Stickstoff frei, unter anderem als N<sub>2</sub>O, einem problematischen Klimagas. Zudem werden bestehende Mykorrhiza-Symbiosen und andere etablierte Stoffflusssysteme zerstört. Da wir mit Dauerbegrünung ein optimales Fließgleichgewicht der Nährstoffzyklen anstreben, stellt dies keine Option dar.

Eine Dauerbegrünung durch **Gramineen** führt zu niedrigen N-Gehalten im Boden und stark reduziertem Blütenansatz, was eine solche Praktik ohne Zufuhr von mineralischem oder organischem Dünger für einen produktiven Anbau ausschliesst. Erstaunlich ist, dass die mit Gramineen begrünete Zone AO selbst im 4. Standesjahr noch hohe und günstige Blattstickstoffwerte aufweist (Abb.5.3). Hohe Stickstoff-Reserven aus der konventionellen Vorgeschichte und eventuell die Nähe zu mit Legumino-

sen begrüneten Zeilen, aber auch zu einem Bach (Wasserverfügbarkeit → erhöhte Mobilisation) könnten hier eine Rolle spielen.

Eine Begrünung in jeder zweiten Zeile sollte besonders in wenig tiefgründigen, trockenen Böden grundsätzlich in Erwägung gezogen werden, da so allfällige Wasser- und Nährstoffkonkurrenz minimiert werden kann. In einer Untersuchung zum Einfluss von N-Düngung und Bodenpflege konnte gezeigt werden, dass, wenn ohne mineralische Düngung nur jede zweite Zeile durch Magerrasen begrünert wird, die Erträge auf dem gleichen Niveau liegen, wie in offen gehaltenen Flächen (WALG 2000), also kaum Konkurrenz auftritt.

Gerade auch konventionelle Winzer, welche in Zusammenhang mit Begrünung oft um ihr Image besorgt sind, liessen so ihre Weinberge trotzdem „gepflegt“ erscheinen!

Bei der Interpretation von Daten zu Nährstoffgehalten von Böden und Physiologie der Reben in der Zeitfolge sollte man sich bewusst sein, dass die Verfügbarkeit und Mobilisierung der Nährstoffe auch von den **klimatischen Bedingungen**, insbesondere den Niederschlägen im Jahresverlauf abhängt. Die Abnahme des Blattstickstoffs aller begrüneten Flächen im Jahre 2007 (Tab 5.3) im Vergleich zu 2006 ist wohl auf die sehr trockenen Monate April und Mai 2007 zurückzuführen (Abb.4.1).

## 6.2 Bodenaktivität

Durch die Begrünung mit Leguminosen lässt sich die Bodenaktivität im Vergleich zu offen gehaltenen Böden im Ober- und Unterboden erhöhen, was ein allgemein erklärtes Ziel von Begrünung ist. Ein diversifiziertes Bodenökosystem ermöglicht reichverzweigte und autonome Stoffflüsse, von denen auch die Rebe profitiert. Zudem ist die Ausbreitung von Krankheiten aufgrund des Konkurrenzgefüges der Mikroorganismen weniger wahrscheinlich. Auch ein Einfluss der Begrünung als mechanisches Hindernis bei der Primärinfektion von Mehлтаupilzen sollte in Erwägung gezogen werden. Über die Mechanismen, welche in beinahe allen Studien zu einem positiven Effekt von Begrünung im Rebberg geführt haben, ist jedoch kaum etwas bekannt (FLÜGEL 2007).

Leguminosen bilden gerade bei geringer Nährstoffverfügbarkeit (insbesondere Phosphor) in besonderem Masse Symbiosen in Form von **Arbuskulärer (Endo)Mykorrhiza (AM)** aus, was eine verstärkte Mobilisierung und Aufnahme von Mineralstoffen zur Folge hat (WERNER 1992); dies sollte sich schliesslich auf die Nährstoffaufnahme der Reben positiv auswirken. Im Kulturversuch wurde eine Verbesserung der Nodulation an Wurzeln und eine Steigerung der aus der N-Fixierung stammenden N-Anteils in Sprossen von Luzerne-Pflanzen (*Medicago sativa*) durch die AM-Symbiose festgestellt (BAREA et al. 1998). AM-Pilze sind eine wenig spezifische und artenarme Gruppe; rund 200 Arten weltweit sind mit 225 000 Pflanzenarten assoziiert (FORTIN et. al. 2008). Möglicherweise bilden diese also sogar Myzel-Netzwerke, bei welchen dasselbe Pilzgeflecht/Individuum die Reben und die Begrünungspflanzen verbindet (Stoffaustausch?).

Die Aktivität der Bodenorganismen ist in Tiefen von 20-60 cm immer noch erstaunlich hoch und nimmt bei Begrünung durch tiefwurzelnde Leguminosen mit den Bestandesjahren *wahrscheinlich* zu (es wurden nicht dieselben Parzellen in der Zeitreihe gemessen → Vergleich heikel); die Daten lassen vermuten, dass es sich diesbezüglich lohnt, die Begrünung für mind. 3 Jahre stehen zu lassen.

Die Tatsache, dass die Bodenatmung in der Probe aus konventionellem Anbau in der Zeitachse rasch abnimmt (BA<IA), bei allen mit Leguminosen begrüneten Parzellen im Intervall Tag 9-15 (BA) aber höher liegt als bei IA, ist vielleicht auf die Struktur des organischen Materials zurückzuführen: durch ganzjährige Begrünung baut sich fortlaufend eine vielfältige Reserve polymerer Speicherstoffe auf, welche zum Abbau ein diverses Gefüge von Mikroorganismen benötigt → Zunahme der Aktivität im zweiten Messintervall. Die (niedrigen!) organischen Reserven in der Probe aus dem konventionellen Anbau sind biochemisch wohl einseitiger und einfacher aufgebaut und werden darum von wenigen Mikroben-Arten schneller zersetzt bzw. veratmet.

Die niedrige Aktivität nach der ATP-Methode und der geringe Gehalt an organischem Kohlenstoff im konventionell bewirtschafteten, offenen Bo-

den entspricht den Erwartungen: unbegrünte Böden, die mit Herbiziden und mineralischen Düngern belastet werden, bieten keine Grundlage für eine rege Bodenaktivität.

**Trophobiosis-Theorie:** Ein nicht neuer, aber noch wenig beachteter Ansatz zur Stärkung der Pflanzen ist der **Zusammenhang zwischen dem Ernährungszustand und der Krankheitsanfälligkeit von Kulturpflanzen** (CHABOUSSOU 1985). Mineralische Düngung führt Kulturpflanzen niedermolekulare Nährstoffe in grossen Mengen zu. Organophosphate scheinen die Proteinsynthese in Pflanzenzellen zu hemmen. Chaboussou geht davon aus, dass die Anfälligkeit gegenüber pathogenen Organismen steigt, je grösser in der Pflanze das Verhältnis zwischen niedermolekularen (z.B. Aminosäuren) und komplexen (z.B. Proteine) organischen Molekülen ist, denn einfache organische Verbindungen in Zell- und Gefässsaft sind durch Pathogene leichter zugänglich und verwertbar. Es wird auch hervorgehoben, dass Herbizide und Insektizide über mehrere Wege in die inter- und intrazellulären Räume eindringen, die Pflanze schwächen und somit die natürlichen Abwehrmechanismen zu erliegen kommen. Es liegt eigentlich auf der Hand, dass eine regelmässige Behandlung mit synthetischen Pflanzenschutzmitteln die Pflanzen schwächen muss und somit paradoxerweise Dünger/Pestizide die Infektionsanfälligkeit der Pflanzen stark fördern. Da der Ernährungszustand der Reben in hohem Masse vom Zustand des Kulturbodens abhängt, ist diese Theorie für uns im Zusammenhang mit Begrünung und Pflanzenschutz von besonderer Bedeutung. Es liegt die Vermutung nahe, dass durch Einsatz von Leguminosen-Begrünung und der dadurch geförderten Bodenaktivität (insbesondere Mykorrhiza, Bakterien) der Ernährungszustand der Reben positiv beeinflusst wird und ihre Widerstandsfähigkeit gegen Pathogene wächst. Ein künftiges Forschungsprojekt soll dies näher untersuchen.

### 6.3 Biodiversität

Für die **Artenzahl der Pflanzen** (und damit besonders auch die Insektenvielfalt) scheint eine lockere Mischeinsaat von Leguminosen mit reich blühenden Nektar- und Pollenweiden besonders wertvoll, da nebenbei zumindest im ersten Jahr auch noch ein Aufwuchs der Spontanflora aus der Samenbank und Sameneinflug ermöglicht wird. Eine Auswertung der langfristigen Stickstoffbilanzen von Begrünungen mit geringerem Deckungsanteil von Leguminosen war zum Zeitpunkt des Zwischenberichts noch nicht möglich. Es kann aber offenbar bei der Präsenz von Nicht-Fixierern ein positiver Konkurrenz-Effekt auftreten, welcher die Stickstoff-Fixierleistung der Leguminosen erhöht (LOGES 1998). So wäre es durchaus möglich, dass zumindest ein Teil der geringeren Deckung durch Leguminosen durch eine erhöhte Fixierungsrate-Rate kompensiert werden könnte.

Der Eintrag aus Trockenwiesenheu führt zu einer vergleichsweise guten Pflanzenvielfalt, ist aber längerfristig aufgrund der Zunahme von Gramineen für die Ertragsentwicklung eher problematisch.

Die reine, hochwüchsige Leguminosenbegrünung erweist sich trotz Artenarmut bei den Pflanzen als wertvoll für die Schmetterlingsdiversität: Bereits 4 Pflanzenarten aus der Leguminosenbegrünung bieten mindestens 11 im Gebiet fliegenden Arten tagaktiver Falter eine Entwicklungsgrundlage (Futterpflanze der Raupe). Zudem konnten immer wieder verschiedene kleine Falterarten zahlreich beim Saugen an den Schmetterlingsblüten beobachtet werden (Lycaenidae, Hesperiiidae und andere). Wie viele Raupenarten sich tatsächlich in den verschiedenen Begrünungsarten entwickeln, ist ein interessanter Ansatzpunkt für zukünftige Forschungsprojekte. Auch Untersuchungen zu Blütenbesuchen durch Falter oder andere Insekten würden Aufschluss bringen über den ökologischen Wert der Begrünungen als Nahrungsgründe für Nektarsauger.

## 8. Literatur

- BAREA J. M., EL-ATRACH F., AZCON R., 1989: Mycorrhiza and phosphate interactions as affecting plant development, N<sub>2</sub>-fixation, N-transfer and N-uptake from soil in legume-grass mixtures by using a <sup>10</sup>N dilution technique. *Soil Biology and Biochemistry* 21, 581-589.
- BOLLER E. F. et al. 1998a: Integrated production in Europe: 20 years after the declaration of Ovronnaz. *Bulletin IOLB srop* 21 (1): 23-33. (Separata)
- BRAUN M., SCHMID H. & GRUNDLER T. (2009): Vergleich verschiedener Klee-Gras-Mischungen anhand der Wurzel- und Sprossleistung. In: Wiesinger K & Cais K (Hrsg.): *Angewandte Forschung und Beratung für den ökologischen Landbau in Bayern. Ökolandbautag 2009, Tagungsband. -Schriftenreihe der LfL* 7, 35-42
- CHABOUSSOU, F. 1985 (English transl. 2004): *Healthy Plants, A New Agricultural Revolution*, Jon Carpenter, Charlbury, UK.
- FLÜGEL I., 2007: *Gesunder Weinberg durch Begrünung: Erfolgsfaktoren für eine hohe Weinqualität in Weinanbau*, VDM Verlag Dr. Müller, Saarbrücken.
- GONSETH Y., 1994: Rote Liste der gefährdeten Tagfalter der Schweiz. In: Duelli, P. (1994): *Rote Listen der gefährdeten Tierarten der Schweiz*. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern. 48-51.
- KLATT S., 2008: *Der Beitrag heimischer Leguminosen zur Stickstoffversorgung artenreicher Wiesen im westlichen Hunsrück (Rheinland-Pfalz)*. Cuvillier Verlag, Göttingen. 182 S.
- LAUBER K. & WAGNER G., 1998: *Flora Helvetica*, 2. Aufl. Haupt, Bern, 1614 S.
- Lepidopterologen-Arbeitsgruppe, 1987: *Tagfalter und ihre Lebensräume. Arten - Gefährdung - Schutz*, (Papilionidae, Pieridae, Nymphalidae, Satyridae, Libytheidae, Lycaenidae). Schweizerischer Bund für Naturschutz, Basel. 516 S.
- Lepidopterologen-Arbeitsgruppe, 1997: *Schmetterlinge und ihre Lebensräume. Arten - Gefährdung - Schutz. Band 2* (Hesperiiidae, Psychidae, Heterogynidae, Zygaenidae, Syn-

tomidae, Limacodidae, Drepanidae, Thyatiridae, Sphingidae). Pro Natur - Schweizerischer Bund für Naturschutz, Basel. 679 S.

LEWINGTON R. & WHALLEY P., 1996: The Mitchell *Beazley* Pocket Guide to *Butterflies*. Mitchell *Beazley* Publishers, London.

LOGES R., 1998: Ertrag, Futterqualität, N2-Fixierleistung und Vorfruchtwert von Rotklee- und Rotkleeergrasbeständen. Dissertation. Schriftenreihe des Instituts für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der Christian-Albrechts-Universität Kiel, Heft 9, 262 S.

MÜHLENBERG M., 1993: Freilandökologie. 3. Aufl. UTB 595, Quelle & Meier, Heidelberg, 512 S.

PERRET P., 1982: Ertrags- und Qualitätsbeeinflussung durch die Begrünung im Weinbau. Ergebnisse eines 10-jährigen Versuches. Schw. Zeitsch für Obst- und Weinbau, 118.Jahrgang. Schweiz, 1982, S. 470-480.

SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 2002: Lehrbuch der Bodenkunde, 15. Aufl., Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH, Heidelberg. 593 S.

SCHINNER F., ÖHLINGEN R., KANDELER E., MARGESIN R., 1993: Bodenbiologische Arbeitsmethoden. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.

SPRENT J.I. & SPRENT P., 1990: Nitrogen fixing organisms. Pure and applied aspects. Chapman and Hall, London, 256 S.

SPRING J.-L., RYSER J.-P., SCHWARZ J.-J., BASLER P., BERTSCHINGER L.; HÄSELI A., 2003 : Données de base pour la fumure en viticulture. Revue suisse Vitic. Arboric. Hortic. Vol. 35 (4).

WALG O., 2000: Einfluss von Stickstoffdüngung und Bodenpflege auf Ertrag und Qualität. In: [11], S. 145-153

WERNER D., 1992: Symbiosis of plants and microbes, Chapman & Hall, London.

## 9. Anhang

**Tab 9.1** Artenliste zu den tagaktiven Falterarten auf dem Gebiet der Instituts-Domäne. Die Angaben zur Gefährdung beziehen sich auf die ganze Schweiz.

Legende: n.g.= nicht gefährdet

3 = gefährdet

2 = stark gefährdet

1 = vom Aussterben bedroht

Werte in Klammern: Einschätzung, abgeleitet aus den Angaben zur Gefährdung in den Publikationen der Lepidopterologen-Arbeitsgruppe (1997).

**Tab. 9.1**

Name	Futterpflanze	Rote Liste CH
<i>Lycaena phlaeas</i>	<i>Rumex acetosa</i> , <i>R. acetosella</i>	n.g.
<i>Zygaena ephialtes</i>	<i>Securigera varia</i>	(n.g.)
<i>Colias crocea</i>	krautige Leguminosen	n.g.
<i>Melanargia galathea</i>	Gräser	n.g.
<i>Leptidea sinapis</i>	<i>Lathyrus pratensis</i> (Wicken, Klee)	n.g.
<i>Polygonia c-album</i>	<i>Urtica dioica</i> , versch. Laubgehölze	n.g.
<i>Cupido everes</i>	<i>Securigera varia</i>	<b>2</b>
<i>Brenthis daphne</i>	<i>Rubus fruticosus</i> , <i>R. idaeus</i> , <i>Viola</i> spp.	<b>2</b>
<i>Aporia crataegi</i>	verholzende Rosaceen	n.g.
<i>Cynthia cardui</i>	Disteln	n.g.
<i>Cupido minimus</i>	<i>Anthyllis</i> spp., ( <i>Astragalus</i> spp.)	<b>3</b>
<i>Polyommatus icarus</i>	<i>Medicago sativa</i> , <i>M. lupulina</i> , <i>Onobrychis vicifolia</i>	n.g.
<i>Pieris rapae</i>	Brassicaceae	n.g.
<i>Pieris napae</i>	Brassicaceae	n.g.
<i>Pontia daplidice</i>	<i>Reseda</i> , (krautige Brassicaceae)	<b>2</b>

Fortsetzung Tabelle 9.1

<i>Thyris fenestrella</i>	<i>Clematis vitalba</i>	(n.g.)
<i>Lysandra coridon</i>	<i>Hippocrepis comosa</i> , <i>Securigera</i>	3
<i>Colias sp.(hyale/alf.)</i>	Leguminosen	n.g.
<i>Coenonympha pamphilus</i>	verschiedene Süßgräser	n.g.
<i>Ochlodes venatus</i>	Gräser	n.g.
<i>Aphantopus hyperantus</i>	verschiedene Gräser	n.g.
<i>Satyrus ferula</i>	Schafschwingel <i>Festuca ovina</i>	n.g.
<i>Melitaea didyma</i>	polyphag an Kräutern, <i>Stachys recta</i>	3
<i>Euplagia quadripunctaria</i>	polyphag	(3)
<i>Celastrina argiolus</i>	polyphag (u.a. <i>Medicago</i> , <i>Alnus</i> , <i>Hedera</i> )	n.g.
<i>Polyommatus cf.escheri</i>	<i>Astragalus monspessulanus</i>	3
<i>Issoria lathonia</i>	<i>Viola tricolor</i> , <i>V.hirta</i>	n.g.
<i>Maniola jurtina</i>	Gräser	n.g.
<i>Zygaena filipendulae</i>	<i>Lotus corniculatus</i> , <i>Hippocrepis emerus</i>	(n.g.)
<i>Zygaena loniceræ</i>	<i>Lotus corniculatus</i> , <i>Trifolium montanum</i>	(n.g.)
<i>Melitaea athaliae</i>	<i>Melampyrum pratense</i> , <i>Plantago lanceolata</i> (u.a.)	3
<i>Thymelicus sylvestris</i>	Poaceae	n.g.
<i>Chiasmia clathrata</i>	<i>Trifolium</i> spp., <i>Medicago sativa</i>	(n.g.)
<i>Euclidia glyphica</i>	krautige Leguminosen	(n.g.)
<i>Parnassius apollo</i>	<i>Sedum album</i>	3
<i>Limenitis camilla</i>	<i>Lonicera xylosteum</i> , <i>Lonicera</i> sp.	n.g.
<i>Inachis io</i>	<i>Urtica dioica</i>	n.g.
<i>Vanessa atalanta</i>	<i>Urtica dioica</i>	n.g.
<i>Argynnis sp. (adippe/aglaja)</i>	<i>Viola</i> spp.	n.g.
<i>Iolana iolas</i>	Blasenstrauch	1
<i>Lasiommata megera</i>	Gräser	n.g.
<i>Melitaea phoebe</i>	<i>Centaurea</i> spp.	2

Fortsetzung Tabelle 9.1

<i>Erynnis tages</i>	<i>Lotus corniculatus</i> , andere Leguminosen	n.g.
<i>Satyrium w-album</i>	<i>Ulmus</i> , <i>Tilia</i>	n.g.
<i>Macroglossum stellatarum</i>	<i>Galium aparine</i> , <i>G.verum</i> ,	(n.g.)
<i>Papilio machaon</i>	Apiaceae ( <i>Daucus</i> , <i>Anethum</i> , <i>Foeniculum</i> ...)	n.g.
<i>Meleageria daphnis</i>	<i>Securigera varia</i> , <i>Astragalus onobrychis</i>	2
<i>Carcharodus alceae</i>	<i>Malva</i> spp., vorw. <i>M.neglecta</i> und <i>M.moschata</i>	1
<i>Iphiclides podalirius</i>	<i>Prunus</i> spp.	2
<i>Anthocaris cardamines</i>	<i>Cardamine pratensis</i> , <i>Alliaria petiolata</i> , (Brassicaceae)	n.g.
<i>Thecla betulae</i>	<i>Prunus</i> spp.	n.g.
<i>Polyommatus damon</i>	<i>Onobrychis sativa</i>	2
<i>Clossiana dia</i>	<i>Viola</i> spp.	2

**Tab.9.2 - 9.7:** Zusammensetzung der Vegetation in verschiedenen Begrünungsvarianten.

Aufnahme Juni 2009

Artmächtigkeiten (**Am**) nach BRAUN-BLANQUET

Leguminosen hoch 3.Jahr	
Art	Am
<i>Medicago sativa</i>	5
<i>Trifolium pratense</i>	2b
<i>Trifolium repens</i>	2m
<i>Cirsium arvense</i>	1
<i>Clematis vitalba</i>	1
<i>Onobrychis viciifolia</i>	1
<i>Taraxacum officinale</i>	1
<i>Artemisia vulgaris</i>	r
<i>Galium aparine</i>	r
<i>Urtica dioica</i>	r

Leguminosen niedrig 1.Jahr	
Art	Am
<i>Vicia villosa</i>	2b
<i>Scorzonera laciniata</i>	2b
<i>Conyza canadensis</i>	2a
<i>Arenaria serpyllifolia</i>	2m
<i>Cirsium arvense</i>	2m
<i>Amaranthus sp.</i>	2m
<i>Lactuca serriola</i>	2m
<i>Lepidium sp.</i>	2m
<i>Sonchus arvensis</i>	+
<i>Veronica persica</i>	+
<i>Capsella bursa-pastoris</i>	+
<i>Torilis arvensis</i>	+
<i>Sonchus asper</i>	+
<i>Galium aparine</i>	+
<i>Taraxacum officinale</i>	+
<i>Onobrychis viciifolia</i>	+
<i>Erodium cicutarium</i>	+
<i>Euphorbia helioscopia</i>	+
<i>Sonchus oleraceus</i>	r
<i>Trifolium pratense</i>	r

Bienenweide (mit Legum) 1.Jahr			
Art	Am	Art	Am
<i>Phacelia tanacetifolia</i>	2a	<i>Onobrychis viciifolia</i>	1
<i>Amaranthus retroflexus</i>	2a	<i>Silybum marianum</i>	+
<i>Medicago lupulina</i>	2m	<i>Fagopyrum esculentum</i>	+
<i>Conyza canadensis</i>	2m	<i>Taraxacum officinale</i>	+
<i>Erodium cicutarium</i>	2m	<i>Equisetum sp.</i>	+
<i>Calendula officinalis</i>	2m	<i>Epilobium tetragonum</i>	+
<i>Senecio vulgaris</i>	2m	<i>Sonchus oleraceus</i>	+
<i>Medicago sativa</i>	1	<i>Sonchus asper</i>	+
<i>Lotus corniculatus</i>	1	<i>Capsella bursa-pastoris</i>	+
<i>Scorzonera laciniata</i>	1	<i>Diploaxis tenuifolia</i>	+
<i>Lactuca serriola</i>	1	<i>Epilobium hirsutum</i>	r
<i>Torilis arvensis</i>	1	<i>Stellaria media</i>	r
<i>Centaurea cyanus</i>	1	<i>Tragopogon dubius</i>	r
<i>Borago officinalis</i>	1	<i>Epilobium roseum</i>	r
<i>Malva sylvestris</i>	1	<i>Vicia sativa ssp.nigra</i>	r
		<i>Vicia sativa ssp.sativa</i>	r



Spontanflora 1.Jahr	
Art	Am
<i>Conyza canadensis</i>	2a
<i>Crepis pulchra</i>	2m
<i>Tragopogon dubius</i>	2m
<i>Torilis arvensis</i>	2m
<i>Convulvulus arvensis</i>	2m
<i>Geranium columbinum</i>	1
<i>Epilobium tetragonum</i>	1
<i>Lactuca serriola</i>	1
<i>Clematis vitalba</i>	1
<i>Lappula squarrosa</i>	1
<i>Petrorhagia prolifera</i>	+
<i>Daucus carota</i>	+
<i>Scorzonera laciniata</i>	+
<i>Arenaria serpyllifolia</i>	+
<i>Geum urbanum</i>	+
<i>Reseda lutea</i>	r
<i>Pastinaca sativa</i>	r
<i>Sedum album</i>	r
<i>Origanum vulgare</i>	r
<i>Trifolium pratense</i>	r
<i>Artemisia absinthum</i>	r
<i>Medicago minima</i>	r

Eintrag Trockenwiese 2.Jahr	
Art	Am
<i>Galium cf. pumilum</i>	2b
<i>Taraxacum officinale</i>	2a
<i>Clematis vitalba</i>	2a
<i>Cirsium arvense</i>	2m
<i>Scorzonera laciniata</i>	2m
<i>Medicago lupulina</i>	2m
<i>Centaurea jacea</i>	1
<i>Veronica teucrium</i>	+
<i>Artemisia absinthium</i>	+
<i>Epilobium tetragonum</i>	+
<i>Galium verum</i>	+
<i>Hypericum perforatum</i>	+
<i>Onobrychis viciifolia</i>	r
<i>Epilobium hirsutum</i>	r
<i>Plantago media</i>	r
<i>Silene nutans</i>	r
<i>Ranunculus nemorosus</i>	r
<i>Dipsacus fullonum</i>	r
<i>Sedum album</i>	r
<i>Daucus carota</i>	r
<i>Galium aparine</i>	r
<i>Convulvulus arvensis</i>	r
<i>Geum urbanum</i>	r
<i>Tragopogon dubius</i>	r
<i>Silene vulgaris</i>	r
<i>Medicago sativa</i>	r